

12

LOS RAYOS X DE RÖNTGEN

CONFERENCIAS

DADAS EN LA

FACULTAD DE MEDICINA I FARMACIA

POR EL

Dr. J. M. Anrique Z.

Profesor de Física Médica de la Universidad de Chile

BIBLIOTECA NACIONAL
BIBLIOTECA AMERICANA
"DIEGO BARROS ARANA"



SANTIAGO DE CHILE

IMPRENTA NACIONAL, CALLE DE LA MONEDA N.º 1455

1898

APE 6814

A.P.I. E. 36 T. 5. (Nº 12 P. 11)

LOS RAYOS X DE RÖNTGEN

CONFERENCIAS

DADAS EN LA

FACULTAD DE MEDICINA I FARMACIA

POR EL

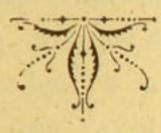
Dr. J. M. Anrique Z.

Profesor de Física Médica de la Universidad de Chile

*Al estimado maestro
Sr. Dr. Diego Barros Arana*

S. Lepus

J. M. Anrique Z.



SANTIAGO DE CHILE

IMPRENTA NACIONAL, CALLE DE LA MONEDA N.º 1455

1898



LOS RAYOS X DE RÖNTGEN

(Sesion de 18 de junio de 1896)

Entre los descubrimientos modernos, ninguno ha despertado el interes de los hombres de ciencia i del público con tal viveza como el hallazgo de estas radiaciones incógnitas, dotadas de propiedades tan inesperadas i diversas de las ya conocidas, que su solo anuncio hizo temer una revolucion completa en las teorías físicas hoi dia admitidas.

La reproduccion, en la oscuridad completa, del esqueleto de una mano viva sobre una pantalla fluorescente o sobre una placa fotográfica sensible, encerrada en una envoltura impermeable a la luz, era algo inesplicable i fantástico.

La transparencia del papel, el carton, la madera i la mayor parte de las sustancias organizadas u orgánicas, de la ebonita, el carbon i algunos metales a las

nuevas radiaciones, hechos nuevos i de gran trascendencia.

La inutilidad de los experimentos emprendidos para obtener la reflexion i la refraccion, en los mas diversos medios, de estas penetrantes radiaciones, para producir su interferencia o su polarizacion, fenómenos inesperados i al parecer en contradiccion con las teorías modernas sobre la propagacion de la enerjía vibratoria.

Por otra parte, el profesor W. C. Röntgen no era un experimentador desconocido. En 1879 a 80 habia publicado interesantes experiencias orijinales sobre electro-óptica, que continuaban i confirmaban brillantemente las experiencias de Kerr. Era entónces profesor en Geissen i tenia por colaborador al profesor Kündt.

No podria yo poner en relieve la gran importancia científica i práctica del descubrimiento de una manera mas brillante, que citando las siguientes frases del profesor Gariel, de Paris: (1)

«Desde el punto de vista teórico, los descubrimientos pueden colocarse en dos categorías distintas, segun que sean la consecuencia de leyes ya conocidas o que se refieran a fenómenos ignorados hasta entónces. Estos últimos tienen una importancia mayor por cuanto abren un nuevo campo de exploracion a la actividad intelectual, si bien puede suceder que los resultados no sean ya los mismos en lo que respecta a las aplicaciones prácticas.

«Para que se comprenda bien nuestro pensamiento,

(1) E. M. Gariel—«Semaine médicale» 20, I, 96.

diremos que el descubrimiento de la polarización debe figurar en la segunda categoría, mientras que el teléfono pertenece a la primera.

No existe ciertamente comparación alguna entre estos dos descubrimientos bajo el punto de vista de la utilidad práctica; pero, en suma, en el teléfono no se encuentra más que una combinación de los hechos siguientes ya conocidos: el sonido está ligado a la producción de vibraciones; cuando una variación se produce en un campo magnético en que existe un circuito, oriñase una corriente en este último; hechos a los cuales hai que agregar los inversos. Todos estos fenómenos eran conocidos, lo cual no quiere decir que no haya sido grandemente glorioso para el inventor del teléfono el haber sabido agruparlos para extraer de ellos la invención de ese maravilloso aparato. Pero ninguna idea nueva ha sido introducida en la ciencia, en tanto que el descubrimiento de la luz polarizada ha permitido afirmar, entre otras nociones, la transversalidad de las vibraciones luminosas i constituye una de las bases sobre las cuales se funda actualmente la teoría de la luz. Partiendo de este punto de vista i, sin prejuzgar nada de las aplicaciones a que pudiera dar lugar, parécenos que las investigaciones del profesor Röntgen (de Wurtzburgo) deben ser colocadas entre los descubrimientos capitales; son en realidad de aquellos que ensanchan nuestro horizonte científico.

Entre los fenómenos que se producen en torno nuestro, los hai que, según la espresión consagrada, caen bajo el dominio de nuestros sentidos, es decir, que directamente, por la mediación de los órganos i

de los nervios sensitivos, nos producen sensaciones determinadas. Bajo este concepto, las observaciones se han multiplicado de tal manera que, probablemente no queda por hacer en esta via ningun descubrimiento importante, a ménos que nuestros sentidos adquieran, a medida del tiempo, una delicadeza mayor que la que poseen en la actualidad.

Pero ademas de este órden de fenómenos, existen ciertas acciones a las cuales nuestros órganos no son sensibles i de las cuales, por ende, no podemos ser advertidos directamente. Podemos vernos inducidos a tratar de evidenciar la existencia de esas acciones, ora porque en ciertas condiciones i hechos conocidos observamos perturbaciones que no podemos relacionar con causas ya estudiadas, ora, mas comunmente, porque ciertos fenómenos se manifiestan del todo fuera de las condiciones capaces de producirlos.

Los fenómenos observados por Röntgen pertenecen a esta última categoria; corresponden a un órden de efectos no percibidos i hasta no perceptibles directamente, sino observados por intermedio de un cuerpo fluorescente o de una placa fotográfica, que sufren modificaciones fuera de las circunstancias en las cuales se sabia que esas modificaciones se producen».....

«En resúmen, las investigaciones del profesor Röntgen presentan un interes considerable desde el punto de vista teórico..... Desde el punto de vista de las aplicaciones en jeneral, no puede saberse cuáles serán las consecuencias de esas investigaciones, siendo posible que presenten una grande utilidad.»

He creído que, en el curso de estas sesiones científicas, no estaria fuera de lugar el hacer una relacion de los antecedentes i detalles del descubrimiento, como tambien de los estudios i aplicaciones que, hasta hoi, se han derivado de él.

Me permitiré en seguida dar cuenta de las tentativas practicadas en Chile para repetir las notables experiencias de Röntgen, con los escasos elementos de que, hasta el presente, se ha podido disponer en este apartado rincon del mundo i mostraros los resultados obtenidos.

La esposicion que, contando con vuestra benevolencia voi a hacer, no puede tener otro mérito, si tiene alguno, sino demostrar que el alejamiento de los centros científicos i las dificultades del trabajo, no son obstáculo a la aspiracion de mantenerse al corriente de los progresos de la ciencia.

Aunque innecesarias para vuestra ilustracion, iniciaré ésta conferencia con algunas nociones físicas que considero oportuno recordar, a fin de hacer mas comprensible la materia de que trato i fijar el sentido de los términos empleados en su desarrollo.

PRIMERA PARTE

Nociones teóricas.—Antecedentes

A.—LA LUZ, LA FOSFORESCENCIA I LA FLUORESCENCIA

Luz, propiamente hablando, es sinónimo de luminosidad, cualidad de los cuerpos capaz de impresionar nuestro órgano visual.

Los cuerpos son visibles de dos maneras diferentes

o por sí mismos (cuerpos luminosos o focos de luz) o por comunicacion de esta propiedad de los primeros (cuerpos iluminados).

Son mas o ménos luminosos, segun la mayor o menor cantidad de luz que emiten directamente los primeros, por difusion los segundos.

La luz, físicamente considerada, es un movimiento vibratorio de un cuerpo hipotético, llamado *éter* que se verifica en todas direcciones al rededor de la línea de propagacion (vibraciones trasversales) con una velocidad que varia para las radiaciones visibles, entre 49,700 billones por segundo para los correspondientes al rojo extremo i 72,800 billones por segundo para los últimos perceptibles del violeta.

La radiacion luminosa se propaga con diversa velocidad en el vacío o en los medios ponderables transparentes. En los espacios planetarios esta velocidad es aproximadamente de 300,000 kilómetros por segundo.

La longitud de onda o sea el espacio recorrido durante una vibracion completa por las radiaciones rojas es de 620 millonésimas de milímetro i en las violetas, 423 micro-milímetros. (1)

En los medios ponderables transparentes la velocidad de propagacion cambia con la naturaleza del medio.

Este cambio se ha atribuido a la variacion de elasticidad que sufre el éter al rodear las moléculas ponderables.

Los focos luminosos producen ondulaciones de lon-

(1) El color de la luz depende de la longitud de onda de la vibracion luminosa cuando ésta es simple, como la tonalidad en el sonido; de su forma, cuando es compuesta, como sucede en el timbre.

jitudes de onda mayores i menores que las comprendidas entre los límites que he mencionado. Estas radiaciones no son perceptibles por nuestra vista. Producen otros fenómenos perceptibles, ya por el tacto (calor); ya por la acción química sobre ciertos cuerpos compuestos llamados *sensibles* (acción actínica). (1)

Muchas de estas ondulaciones invisibles se manifiestan a nuestra vista después de obrar sobre ciertos cuerpos que las trasforman, disminuyendo su velocidad de vibración.

Tal es el caso de las radiaciones ultra-violetas después de obrar sobre las sustancias llamadas *fluorescentes*.

Estas sustancias verifican también la transformación de las radiaciones visibles de un color en otro de menor velocidad vibratoria.

Los cuerpos fluorescentes son numerosos. Citaremos los platino-cianuros, los tungstatos, las sales de urano, la quinina, el clorofilo, la fluorescina, la hemoglobina, etc.

La transformación verificada por los cuerpos fluorescentes es instantánea i dura tanto como la acción radiante.

Puede verificarse, en otros casos, mucho tiempo después de la impresión vibratoria i el cuerpo impresionado emite luz durante un tiempo variable. Son los cuerpos *fosforescentes*. La luz emitida es siempre de mayor longitud de onda que la recibida.

(1) Además de las ondulaciones de que hemos hablado i podemos percibir directa o indirectamente, es posible se produzcan muchas otras que no tenemos hasta hoy medios de constatar.

La energía vibratoria es absorbida o acumulada por la sustancia fosforescente para ser devuelta en seguida a la circulación universal lentamente i despues de sufrir una trasformacion.

Del mismo modo, un cuerpo calentado por la absorcion de calor, lo emite mas o ménos lentamente cuando el medio que lo rodea está mas frio que él.

La fluorescencia se observa en los sólidos i en los líquidos.

La fosforescencia solo en los sólidos i rara vez en los gases. (1)

B.—TRASPARENCIA I OPACIDAD

Los diversos cuerpos de la naturaleza son o nó apropiados para dejar propagarse al traves de ellos la deformacion luminosa. Aquellos en que la propagacion se verifica sin dificultad i sin pérdida, son llamados *transparentes*, los que se encuentran en el caso contrario, *opacos*.

No existe ningun medio material ponderable perfectamente transparente, ni tampoco absolutamente opaco.

La masa del medio atravesada está en cierta relacion con su permeabilidad a la luz.

Los medios mas densos son en jeneral mas opacos.

Los gases gozan de la mayor transparencia.

Entre los sólidos se encuentran los cuerpos mas impermeables a la radiacion luminosa.

El espesor, en la direccion atravesada, está en relacion directa con la opacidad.

(1) Otras muchas trasformaciones se verifican de la vibracion luminosa. pero no es el caso de hablar de ellas al presente.

El agua es opaca a la profundidad de 200 metros.

El vidrio, en un espesor que varía con su naturaleza; pero que en el vidrio blanco no es mayor de dos metros para la luz del sol.

Los metales dejan pasar la luz cuando se les reduce a hojas mui delgadas.

La *traslucidez* i *lacterencia* son opacidades imperfectas. La luz atraviesa esta especie de cuerpos, solo difundiéndose, sin seguir su direccion primitiva.

Merced a esta propiedad mas o ménos desarrollada son visibles los cuerpos transparentes.

El aire atmosférico no es visible sino cuando tiene en suspension polvo o vapores no transparentes o coloreados. El agua, el cristal, se encuentran en igual caso. Las corrientes atmosféricas i los movimientos en la masa de un líquido transparente, podemos verlos cuando hai en ellos partículas opacas, que difunden a su alrededor una parte de la luz que los atraviesa.

La transparencia de los cuerpos es diversa para cada especie de radiaciones i es una propiedad específica o característica.

El agua es casi opaca a las radiaciones caloríficas i mui permeable a las luminosas i actínicas.

Una solucion concentrada de yodo en sulfuro de carbono es mui transparente a los rayos caloríficos i opaca a los luminosos i ultra-violetas.

Los medios coloreados son diversamente transparentes a los rayos luminosos de distinta refranjibilidad.

Los medios incoloros, igualmente permeables a las radiaciones luminosas del espectro visible, aunque no lo sean respecto de las demas.

La sal jema es una de las sustancias que se deja

atravesar fácilmente por radiaciones mas diversas no solo luminosas, sino caloríficas i actinicas.

En el lenguaje vulgar, la *trasparencia* i la *opacidad* se entienden solamente respecto a la luz visible.

No de otra manera debe entenderse cuando se dice que los rayos X de Röntgen atraviesan los cuerpos opacos.

C.—EL VACÍO

El *vacío absoluto* es la ausencia completa de materia. No podemos obtenerlo i apénas si podemos concebir su existencia.

En tal vacío no seria posible admitir la produccion ni la propagacion de manifestacion alguna de la enerjía.

La vibracion luminosa no podria franquear sus límites, porque es un movimiento i un movimiento no puede existir sin un móvil. El vacío absoluto es, pues, opaco.

Vemos, sin embargo, propagarse la luz en los espacios planetarios donde no podemos constatar ni suponer la existencia de materia comun o ponderable.

Se ha necesitado suponer, en consecuencia, otra especie de materia no ponderable que se ha llamado *éter*, cuya existencia no es dado verificar directamente i en cuyo seno seria posible la trasmision de la enerjía, sin pérdida apreciable durante el trayecto.

Este *éter* eminentemente elástico seria el medio mas trasparente posible a la deformacion luminosa, como

lo es a la trasmision de las diversas manifestaciones de la gravitacion universal. (1)

Se ha dado, sin embargo, el nombre de *vacío* en física a la ausencia de materia ponderable. En los espacios planetarios existe el *vacío*, en esta acepcion de la palabra. En los laboratorios se obtiene un vacío mas o ménos completo por la sustraccion del aire u otro gas en un espacio cerrado. El volúmen ocupado por un gas está en razon inversa de la presion que soporta. De aquí que para medir la cantidad de gas en un espacio cualquiera, sea necesario medir su presion.

La unidad de presion en los gases es la *presion atmosférica normal*, es decir, la presion equivalente a una columna mercurial de 760 milímetros a la temperatura de 0° de Celsius.

Las presiones mui débiles se miden en millonésimos de atmósfera, designados por la letra M.

Una M es igual a 0.00076 milímetros de mercurio.

Un milímetro de mercurio es igual a 1315.789 M.

(1) *Las moléculas de la materia ponderable*, separadas como están en los cuerpos por espacios de dimensiones variables con su estado i naturaleza, pero siempre inmensos relativamente a la dimension molecular, son *pequeños mundos sumerjidos en una atmósfera etérea*. Cada cuerpo es una constelacion mas o ménos homogénea o complicada, cuyos elementos están situados a distancias mas o ménos grandes entre sí, uniformes o nó, con una movilidad limitada o mui grande, los unos respecto de los otros, segun su estado físico. Esta atmósfera etérea intermolecular, modificada por la influencia de la materia ponderable, es el vehículo de la vibracion luminosa. Las moléculas pesadas situadas en la línea de propagacion, absorben una porcion variable de la enerjía vibratoria trasformándola, reflejan otra porcion i, vibrando al unísono del éter, dejan pasar por comunicacion la porcion restante.

Los sólidos en que la agrupacion molecular es mayor, son por tanto los mas opacos, en jeneral. Los gases, los mas transparentes por la gran distancia i movilidad de sus moléculas.

La probeta de Mac-Leod permite avaluar presiones de 0.00005 m/m o sea $0.06578 = 1/15.2$ M.

El vacío en los tubos de Geissler comunes es de 2 a 4 milímetros = 2.000 a 5.000 M.

En los tubos de Crookes, en que se producen los fenómenos que él llamó del estado radiante de la materia, es de 1 a 4 M.

Crookes pudo obtener un vacío de $1/20$ M.

El vacío de Geissler puede obtenerse con una buena máquina neumática.

El vacío de Crookes, solo con una bomba neumática de mercurio o con una tromba de mercurio.

El límite del vacío de las máquinas neumáticas depende del tamaño del espacio dañino.

En las bombas de mercurio, de la tension del vapor de mercurio.

La absorcion de este vapor por sustancias apropiadas, ha permitido obtener en tubos cellados vacíos casi completos. (1)

Tal es el vacío de los tubos de Hittorf, llamado vacío aislador.

D.—DESCARGA ELÉCTRICA EN LOS GASES ENRARECIDOS

Si se pone en comunicacion el interior de un tubo conteniendo un gas enrarecido con los electrodos terminales de un jenerador eléctrico de potencial elevado,

(1) La absorcion por la potasa cáustica del ácido carbónico puro contenido en un tubo cellado del cual se ha estraído, por medio de la máquina neumática o la bomba de mercurio, la mayor cantidad posible de gas, produce los vacíos llamados de ácido carbónico.

se obtienen fenómenos luminosos, variables con el grado de rarefaccion, debidos a la descarga eléctrica verificada al traves de la masa del gas. Esta descarga brusca, instantánea, con elevacion de temperatura i produccion de luz, (i a veces de sonido) con accion química i mecánica en ocasiones, comparable a una esplosion, se ha llamado *descarga disruptiva*. La chispa eléctrica, el rayo, son tambien descargas disruptivas verificadas al traves del aire atmosférico.

«La descarga disruptiva no es una corriente en la acepcion ordinaria de ese término; es un transporte de la electrizacion verificado por las moléculas gaseosas. Estas reciben impulsiones segun toda probabilidad, en sentidos contrarios; la impulsión negativa parece ser la mas enérgica i continua de las dos.» (1)

El gas situado en el trayecto de la descarga se ilumina en un razgo continuo i de diversa forma en las presiones ordinarias; en una estension mayor alrededor de la trayectoria con las presiones medias; la descarga toma la forma de un arco que se ensancha totalmente en las presiones bajas entre 5.000 i 2.000 M. o vacío de Geissler, solo en la proximidad de los electrodos en los vacíos inferiores a 2,000 M. i hasta 1 M, en una estension que varía con el grado de vacío.

El electrodo positivo es siempre mas luminoso que el negativo i esta *luminosidad* lo caracteriza.

Cuando se hace pasar una descarga en un tubo de Geissler, aumentando progresivamente el potencial i

(1) De la Rue et Müller, Phil. Trans. 1878, vol. CLXIX, pájs. 90 a 118.

la intensidad de la corriente, llega un momento en que la iluminación del tubo toma el aspecto de estrias o estratificaciones luminosas trasversales que aumentan en número a medida del potencial i la intensidad de la corriente.

Al rededor del electrodo negativo hai una zona débilmente luminosa, *vislumbre negativa*; sigue una region mas o ménos grande desprovista de luz, *espacio oscuro negativo*; despues una porción luminosa de diversa apariencia i semejante a la *luminosidad positiva* que rodea el electrodo del mismo nombre. (Abria 1843 —Gassiot 1859).

La alternacion de los espacios oscuros e iluminados en toda la estension del tubo, constituye lo que se ha llamado estratificaciones luminosas.

El brillo de las estrias disminuye a medida que el vacío se aumenta, concluyendo por desaparecer con un vacío de 4 M aproximadamente. La luminosidad positiva i la vislumbre negativa persisten, sin embargo; pero el *espacio oscuro* llena todo el tubo.

Entónces se presenta un nuevo fenómeno. Las paredes del tubo frente al electrodo negativo se iluminan, se vuelven *fluorescentes* (1). La fluorescencia tiene un color que varia con la naturaleza del vidrio. Con el vidrio de Bohemia tiene un tinte verde manzana.

Si se coloca una pantalla metálica entre el electrodo negativo i la pared fluorescente, la imájen de esa pantalla se diseña en ella como una sombra, rodeada de la luminosidad fluorescente del resto de la pared.

(1) Esta *fluorescencia* caracteriza el vacío de Crookes.

Tal sucede en el tubo de Crookes, llamado de la Cruz de Malta.

Si en el mismo espacio se colocan algunos cuerpos como vidrio de urano, sulfuro de calcio fosforescente, esmeralda, diamante, rubí, etc., éstos producen instantáneamente una viva luz fosforescente de diverso color segun la sustancia empleada.

Crookes pudo observar tambien una accion mecánica intensa en este espacio jeométrico comprendido entre la superficie del electrodo negativo i la rejion fluoesciente del tubo.

Atribuyó todos estos fenómenos a la proyeccion de moléculas del gas rarificado contenido en el tubo, sobre las paredes u obstáculos colocados en su trayecto.

Suponia que las moléculas de la materia eran impelidas violentamente desde el electrodo negativo al positivo en línea recta. El choque (1) contra un obstáculo cualquiera producía una trasformacion luminosa, calorífica o mecánica de la impulsión.

Por este motivo en los vacíos mediocres todo el gas contenido en el tubo se iluminaba. En los vacíos extremos la mayor estension del espacio oscuro daba una idea de la distancia recorrida por las moléculas sin chocar con otras, o lo que llamó la *media de libre trascurso* de las moléculas.

En un gas, a una presión de un M, esta *media de libre trascurso* debía ser dos mil veces mayor que en un gas a la presión de dos mil M.

Los fenómenos de Crookes o del *estado radiante*

(1) Bombardeo molecular.

de la materia, como él los llamó, se presentan solo en vacíos de uno a cuatro M, que se han llamado vacíos de Crookes.

En tubos en que se ha hecho un vacío mas perfecto, la descarga eléctrica no se verifica. Tal sucede en el vacío aislador de Hittorf, de que ya hemos hablado.

E—RAYOS CATÓDICOS

Las esperiencias de Crookes habian demostrado, sin lugar a duda, que el electrodo negativo o *catodo* era el punto de partida de algo que, impulsado en línea recta, producía por el choque sobre cualquier obstáculo variados fenómenos. A este algo, partiendo normalmente de la superficie del *catodo*, se llamó *rayos catódicos* por Goldstein. Este físico sostenía que las impulsiones que partían del *catodo* no eran sino rayos o radiaciones o vibraciones eléctricas, análogas a las radiaciones luminosas i de la misma especie. «No es dudoso, dice, que con luz positiva o negativa, se trata de una trasformación de radiaciones mui refranjibles cuyas vibraciones son cambiadas en otras mas lentas, como en el fenómeno de la fosforescencia i de la fluorescencia.» (1)

Wiedeman en 1883 emite la idea de que los rayos catódicos son radiaciones de mui débil longitud de onda; J. J. Thomson, en la misma época, sostiene la teoría de que los fenómenos producidos por la descarga eléctrica en los tubos son debidos a la disociación del gas. Las moléculas absorberían la energía del campo

(1) Monatsberichte, Berlin (enero 1880).

eléctrico, se transformarían en *ions* libres i agotarían la carga eléctrica. La resistencia debe disminuir con la primera dilucion del gas; pero si las moléculas que existen en el campo no son suficientes para agotar su energía, la resistencia aumenta de nuevo.

En el vacío perfecto sería infinita.

El desarrollo de calor sería debido a la recombinacion de los *ions disociados*, cuyo número es evidentemente proporcional a la intensidad de la corriente.

Goldstein había deducido de sus esperiencias que los rayos catódicos no atravesaban los cuerpos bajo un débil espesor.

Hertz descubrió en 1892 que atravesaban espesores débiles de diversos metales.

Wiedeman i Ebert habían también comprobado, en la misma época, que un depósito de platino que recubría el interior del tubo i completamente opaco a la luz ordinaria, era atravesado por las radiaciones catódicas.

Esto permitió a Lenard estudiar en diversos medios los nuevos rayos, hasta entónces encerrados en un espacio vacío.

Le bastó cerrar un tubo de Crookes cilíndrico frente al catodo, por un disco metálico de aluminio.

El catodo era un pequeño disco también de aluminio, paralelo al primero i normal al eje del tubo de Crookes (fig. 11).

El anodo, de forma cilíndrica, estaba en contacto con las paredes del tubo i un poco mas atrás que el catodo.

Operando en una cámara oscura, con este tubo, que puso en acción por medio de una bobina de

Rumkorf, del modo acostumbrado, pudo comprobar que los rayos catódicos salían de él iluminando por fosforescencia su trayecto, en un manojillo cilíndrico de un diámetro igual al disco i que se difunde fuertemente en la atmósfera. Una pantalla embadurnada con una sustancia luminiscente, le permitía estudiar el trayecto de los rayos. Las sustancias, que dentro del tubo de Crookes se volvían fosforescentes, manifestaron también esta propiedad en la atmósfera. Muchos otros cuerpos, líquidos i gases demostraron una fluorescencia notable.

Los rayos catódicos se propagaron en el vacío, pudiendo comprobar la presencia hasta 1 m. de la ventana.

Demostaron una acción intensa sobre las sales sensibles fotográficas.

Descargaban rápidamente los cuerpos electrizados colocados en su trayecto.

Los diversos cuerpos ensayados tenían una acción absorbente distinta para estas radiaciones.

La acción de un campo magnético desvía los rayos catódicos en línea curva.

Lenard notó en las reproducciones fotográficas del manojillo catódico, que no todas las radiaciones que lo componían se desviaban igualmente i, aun, que algunas no sufrían desviación. De aquí dedujo que había diversas especies de rayos catódicos.

F.—RAYOS X

El profesor W. C. Röntgen, conocido en el mundo científico por notables trabajos sobre electro-óptica,

anunciaba en una sesion de la Sociedad físico-médica de Wurtzburgo, en diciembre de 1895, su descubrimiento de «una nueva especie de rayos que atravesaban los cuerpos opacos a los rayos luminosos ordinarios i a las radiaciones ultra-violetas conocidas». Una pantalla fluorescente de platino cianuro de bario se iluminaba en la vecindad de un tubo de Hittorf (1) que funcionaba encerrado en una envoltura de carton opaco a la luz ordinaria.

Un libro de cerca de 1000 páginas, interpuesto entre el tubo i la pantalla, no impidió la produccion del fenómeno. La mano del experimentador produjo en aquélla la sombra, el esqueleto solamente, las partes blandas desaparecian casi en absoluto, produciendo sus contornos solo una débil penumbra.

Muchos cuerpos transparentes a la luz comun como el vidrio, el cristal, el cuarzo, resultaron casi opacos a las nuevas radiaciones.

Otros como el papel, el carton, la madera, la ebonita, opacos a la luz visible i ultra-violeta, demostraron una transparencia notable.

La opacidad para las nuevas radiaciones aumenta en jeneral con la densidad; pero no en igual proporcion. No es, en consecuencia, el único factor que la produce.

El espesor aumenta la resistencia al pasaje; pero ésta no es igual al producto del espesor por la densidad. La transparencia aumenta en una proporcion mayor que la disminucion del producto.

Los metales son, en jeneral, atravesados en espesores apreciables por las nuevas radiaciones. El alumi-

(1) En Alemania se da este nombre a los tubos de Crookes.

nio es bastante trasparente. Un espesor de 15 mm. es fácilmente atravesado.

El platino i el plomo son los mas opacos.

Los nuevos rayos no son visibles; sea porque la retina no es sensible a su accion o porque los medios del ojo son opacos a su respecto i les impiden llegar a la retina.

Se propagan en línea recta en la atmósfera i en todos los medios ensayados.

No son desviados por la accion magnética.

No se difunden tampoco en el aire, ni en otros medios que atraviesan.

Las esperiencias practicadas para obtener la reflexion i la refraccion de los rayos X dieron resultados negativos.

Los diversos cuerpos transparentes ensayados absorben las nuevas radiaciones en razon de su densidad.

Röntgen no pudo obtener la interferencia ni la polarizacion de los rayos X por ninguno de los medios conocidos. Tampoco pudo constatar en ellos una accion calorífica.

Cierto número de sustancias se iluminan bajo la accion de estos rayos. Esta iluminacion es el resultado de una accion fosforescente o fluorescente. De este número son los platino-cianuros diversos, los compuestos de urano, de tungsteno, algunos de aluminio, calcio i algunos otros metales.

Tienen una accion fotográfica intensa sobre las sales sensibles a la luz ordinaria i ultra-violeta.

Esta accion, unida a la transparencia de muchos cuerpos opacos, permitió al descubridor obtener fotografías al traves de ellos o, mejor dicho, la impresion foto-

gráfica de sombras proyectadas por objetos diversos, al traves de cuerpos opacos a la luz.

La intensidad de la accion de los rayos X está en razon inversa del cuadrado de la distancia.

Tomando en cuenta la diversidad de propiedades manifestadas por los rayos X i por los rayos catódicos i mui en especial la propiedad de ser desviados por el iman, característica de estos últimos, pensó el profesor Röntgen que las radiaciones descubiertas por él pertenecian a una especie desconocida, cuyas interesantes propiedades, bajo el punto de vista práctico como bajo el teórico, era necesario estudiar.

«Numerosos experimentos me han demostrado, dice Röntgen en su memoria, que el punto donde se produce la fosforescencia mas intensa sobre las paredes del tubo, es tambien el punto de oríjen principal de los rayos X, el punto de donde estos rayos se esparcen en todas direcciones, es decir, que los rayos X toman nacimiento en el punto en que los rayos catódicos hieren el vidrio. Si se desvían los rayos catódicos en el interior del tubo por medio de un iman, los rayos X tienen un punto de oríjen manifestamente diferente; nacen, aun, en el punto en que los rayos catódicos vienen a herir el vidrio. Por este motivo los rayos X, que no son desviados por el iman, no pueden ser mirados como rayos catódicos que han atravesado el vidrio, pues este paso, segun Lenard, no puede ser la causa del desvío diferente de los rayos. De donde deduzco que los rayos X no son idénticos a los rayos catódicos; pero son producidos por los rayos catódicos en la superficie del tubo. Los rayos X no se enjendran únicamente en el vidrio.

Los he obtenido en un aparato cerrado por una placa de aluminio de dos milímetros de espesor. Me propongo estudiar como se comportan al respecto otras sustancias.»

«Se podía suponer, ya que no son rayos catódicos, que son rayos de luz ultra-violeta, por su facultad de producir la fluorescencia i la acción química. Pero una serie de consideraciones importantes se oponen a esta conclusion.

Si los rayos X fueran luz ultra-violeta, seria preciso que esta luz poseyera las siguientes propiedades:

a) No ser refractada pasando del aire al agua, al sulfuro de carbono, al aluminio, a la sal jema, al vidrio, al zinc;

b) No sufrir la reflexion regular en los cuerpos que preceden;

c) No ser polarizada por ninguno de los medios polarizantes que se usan de ordinario;

d) La absorcion por diferentes cuerpos debia depender principalmente de su densidad.

Seria lo mismo que decir que estos rayos ultra-violetas se comportan de un modo diverso del que lo hacen los rayos visibles, los rayos infra-rojos i los ultra-violetas hasta hoi conocidos. Esta es una hipótesis tan increíble que he buscado otra solucion.»

«Los nuevos rayos ¿no podrian ser atribuidos a vibraciones longitudinales del éter?»

Diversos experimentadores despues de Röntgen han señalado otras propiedades de los rayos X.

Benoist i Hurmuzescu demostraron que un cuerpo electrizado colocado en el trayecto de los rayos X era

rápida^{mente} descargado, cualquiera que sea el signo de su carga.

Todos los dieléctricos adquieren, en jeneral, la propiedad de hacerse conductores durante el paso de los rayos X.

J. J. Thomson piensa que, en los gases, la descarga es debida a la ionizacion del gas disociado por los rayos. Ha encontrado que es mui rápida en los halójenos i el vapor de mercurio; mas rápida en el ácido carbónico que en el aire, i ménos rápida en el hidrójeno.

Una masa de aire atravesada por los rayos X conserva durante un instante la facultad de descargar los cuerpos electrizados.

Segun Benoist i Hurmuzescu, la pérdida de la carga se haria por convexion sin ionizacion.

La luz ultra-violeta comunica tambien a los gases que atraviesa la propiedad de descargar los cuerpos electrizados i produce la disociacion parcial del gas; pero, a diferencia de los rayos X, parece no tener accion sino sobre las cargas negativas.

M. Meslans ha encontrado que el carbono, el hidrójeno, el oxijeno, el azoe i sus compuestos, son jeneralmente mui transparentes a los rayos de Röntgen. Si un metaloide diferente o un metal se agregan a estos elementos, les comunica, casi siempre, una opacidad manifiesta.

Los diversos medios del ojo humano son bastantes opacos a los rayos X, como a los ultra-violeta.

Las diferencias notables observadas entre los coeficientes de trasmision del aluminio para diversos tubos del mismo modo que la distinta sensibilidad de las

pantallas fluorescentes en idénticas condiciones i para tubos diferentes, ha hecho pensar en la existencia probable de rayos X de varias clases, formando una especie de espectro análogo al de la luz visible, al calorífico i al actínico.

Se ha observado asimismo, que la accion luminiscente, i la fotográfica no variaban en la misma proporcion en los tubos; notándose en unos gran intensidad de accion fosforescente i débil actínica, al paso que en otros, siendo mui débil la primera, la segunda se mostraba mui enérgica.

Diversas teorías se han propuesto para esplicar los rayos X, análogas a las que hemos enumerado al hablar de los rayos catódicos.

El descubridor, profesor Röntgen, estima, como hemos visto, que la trasformacion de los rayos catódicos, al chocar con el vidrio, daria oríjen a vibraciones longitudinales, que esplicarian mejor que otra hipótesis la falta de reflexion, de refranjibilidad i la imposibilidad de la polarizacion de los nuevos rayos.

M. Jaumann habia demostrado, mucho ántes del descubrimiento de Röntgen, la posibilidad de la produccion de ondas longitudinales en los gases enrarecidos sometidos a descargas eléctricas. Las ecuaciones de M. Jaumann segun H. Poincaré, «representan rayos que seguirian las líneas de fuerza i no serian desviados por el iman».

Se ha emitido, en segundo lugar, la hipótesis de que los rayos X podrían ser vibraciones trasversales de mui débil longitud de onda. Las esperiencias i las teorías conocidas ántes del descubrimiento de Röntgen muestran, en efecto, que para las mui pequeñas lonji-

tudes de onda, los cuerpos deben tender hácia la transparencia i al mismo tiempo su índice debe aproximarse a la unidad. (1) La imposibilidad de obtener la interferencia i la polarizacion por los medios ordinarios con las nuevas radiaciones, no será tampoco de extrañar si su longitud de onda es de una magnitud mui inferior i la velocidad de vibracion es, en consecuencia, mucho mas grande.

Las analogías entre los nuevos rayos i los de la luz comun son tan numerosas que parece natural suponer una identidad de oríjen entre estas dos categorías de radiaciones.

Por último mencionaremos la teoría materialista, segun la cual los átomos resultantes de la disociacion de las moléculas del gas enrarecido que contiene el tubo, o *ions libres*, que forman el soporte de los rayos catódicos, (2) animados de una velocidad de 200 km. por segundo, (3) atraviesan las paredes del tubo, perdiendo allí completamente su carga eléctrica.

La falta de desviacion magnética se explicaria por esta descarga verificada en el punto de trasformacion, dependiendo ésta en gran parte de la indiferencia eléctrica de los *ions*.

La permeabilidad de los cuerpos para los rayos X se explicaria por el gran poder de penetracion de los *ions libres* i animados de una velocidad enorme. Es sabido que en un electrolito líquido los *ions libres* atraviesan fácilmente hojas delgadas de metal.

(1) C. Raveau, citado por Ch. E. Guillaume.

(2) o son los rayos mismos.

(3) Esperiencias de J. J. Thomson.

Segun Benoist i Hurmuzescu conviene, de acuerdo con esta teoría, usar tubos con vacío de ácido carbónico, pues habria ventaja en servirse de un gas que tenga una masa molecular elevada.

G.—RAYOS DE DESCARGA.—(De Wiedemann)

Si se espone una pantalla termo-luminiscente, recubierta en parte por una lámina de espato fluor a la radiacion de una chispa eléctrica, durante cierto tiempo, i se calienta en seguida la pantalla para hacer visibles sus modificaciones, las partes trasformadas brillan con una luz mas o ménos viva. Esperimentando sobre cierto número de pantallas, notó el profesor Wiedemann (1) que algunas revelaron una trasformacion idéntica en las partes protegidas por el espato i en las partes descubiertas; al paso que otras quedaron oscuras en la parte protegida i se iluminaron brillantemente en el resto. Las sustancias que produjeron mejor resultado fueron los sulfatos, nitratos i carbonatos de calcio, mezclados con pequeñas cantidades de la misma sal de manganeso.

«Estas esperiencias demuestran, dice Wiedmann, que la chispa eléctrica contiene una categoría especial de rayos *que no atraviesan el espato*; las descargas en los gases enrarecidos dan tambien oríjen a estos rayos. *No he podido constatar aun, accion alguna del iman sobre ellos.*

«La observacion de los rayos de descarga presenta

(1) Memoria presentada al Congreso de la «Sociedad Electro-Química», en junio de 1895.

un interes especial, porque nos demuestra que aun en los dominios frecuentemente esplorados, se esconden formas desconocidas de la enerjía en cantidades no despreciables, miéntras no se ha encontrado un medio de observacion capaz de ponerlas de manifiesto.»

Estas observaciones, sin gran importancia ántes del descubrimiento de Röntgen, la adquieren hoi que es necesario relacionar todos los fenómenos observados que pueden contribuir a completar i hacer mas fácil el estudio de las nuevas radiaciones.

H.—LUZ NEGRA.—(De G. Lebon)

El 20 de enero de 1896 M. d'Arsonval comunicaba a la Academia de Ciencias de Paris el resultado de las esperiencias de M. G. Lebon en que con ayuda de una lámpara de petróleo se habia conseguido reproducir al traves de cuerpos opacos la imájen de clichés fotográficos. He aquí la manera como d'Arsonval describe la esperiencia. «M. Lebon aplica un cliché negativo sobre una placa fotográfica, cubre las dos con una placa de hierro i espone el todo a la luz de una lámpara de petróleo. Despues de 3 horas de esposicion obtiene, al desarrollar la placa, una imájen, imperfecta, es verdad, pero reproduciendo, al ménos, el cliché.

Cuando coloca del lado opuesto a la placa de hierro otra de plomo i une las dos por una asa metálica, el tiempo de esposicion necesaria es mucho menor».

A estas radiaciones que, partiendo del quemador de la lámpara de petróleo, atraviesan la placa de hierro i el cliché fotográfico para impresionar la placa sensible, dió M. Lebon el nombre de *luz negra*.

«¿No demostrarían estas esperiencias, dice Lebon, que la luz, cualquiera que sea su origen, (electricidad, calor, combustiones diversas, etc.) contiene *rayos oscuros* que obran como los rayos ultra-violeta, los rayos catódicos, los rayos X, etc?»

I.—RAYOS ELÉCTRICOS.—(Del Dr. Tommasi)

El 22 de marzo de 1886 (1) el Dr. (*ès sciences*) Tommasi dirijia a la academia una comunicacion relativa a la *Efluviografia u Obtencion de una imájen por el efluvio eléctrico*. «Tengo el honor, decia en ella, de someter al juicio de la Academia los primeros resultados de mis esperiencias sobre el medio de obtener por la sola accion del efluvio eléctrico (descarga oscura) los efectos que se realizan por medio de la luz en fotografia.

«El dispositivo que he adoptado para fotografiar los objetos sin el concurso de la luz, o mas propiamente para efluviografiarlos, es el siguiente, que he empleado provisoriamente: Dos escobillas metálicas dispuestas paralelamente, delante una de la otra, son unidas cada una a un polo de la máquina de Holtz.

Una placa de jelatino bromuro, sensiblemente de la misma altura, es colocada perpendicularmente a las escobillas de tal modo que el plano de la cara sensibilizada contenga los bordes de aquéllas. Establecida la corriente, basta una esposicion de algunos minutos.

(1) Comptes rendus de l'Academie des Sciences.

Esta operacion debe ejecutarse en la oscuridad completa.

No hai sino desarrollar i fijar por los procedimientos ordinarios la imájen obtenida.»

«Esta esperiencia tiende a probar que los efluvios oscuros producen los mismos efectos que los rayos ultra-violeta, por lo que los llamaré *rayos eléctricos*.»

J.—IMÁJENES FOTOFULGURALES

Exite en los relatos de historiadores de todos los tiempos un cierto número de casos de imájenes de diversos objetos distantes impresos por el rayo en la piel o en los vestidos del hombre, como igualmente sobre diversos objetos vecinos al sitio donde aquél habia estallado.

Dejando a un lado los hechos señalados por los historiadores antiguos i que pudieran prestarse a objeciones en cuanto a su comprobacion, citaré algunos casos indiscutiblemente verídicos i mui interesantes.

Franklin declaró a Leroy, miembro de la Academia de Ciencias, que «estando un hombre sentado en el dintel de su puerta, cayó delante de él el rayo sobre un árbol».

La contra prueba exacta del árbol se encontró sobre el pecho del hombre. (1)

En 1812, cerca de la villa de Combe-Hay, a 4 millas de Bath (Inglaterra) el rayo fulminó 6 corderos

(1) «Comptes rendus de l'Academie des Sciences», 1843, páj. 1328.

en el claro de un bosque. Al descuerarlos se encontró en el lado *interior* de la piel i sobre la carne muscular misma la reproduccion exacta del paisaje de los alrededores (1).

En un bergantin italiano fulminado en la rada de Zante (Italia), un marinero muerto tenia bajo la tetilla izquierda las dos cifras 4. 4 separadas por un punto. Estas dos mismas cifras, separadas por un punto se encontraban sobre un aparejo cerca de la hamaca en que dormia el marinero fulminado (2).

El 24 de julio de 1852 el rayo cae en San Vicente (Cuba) e imprime sobre las hojas secas de una palmera, como con un buril, la imájen de los pinos de los alrededores, *distantes sin embargo 339 metros*. (Diario de la Marina, Habana, agosto 24 de 1852).

En setiembre de 1857, en Seine et Marne, una aldeana que llevaba una vaca, fué derribada por el rayo, como tambien el animal, que fué muerto. Miétras se prodigaba cuidados a la mujer, se vió sobre su pecho la imájen de la vaca perfectamente gravada (3).

Varias hipótesis se han aventurado para explicar estos fenómenos. Ninguna es satisfactoria.

Es indudable que, en todos los casos, la piel i otros tejidos orgánicos se han hecho extraordinariamente sensibles a la acción fotojénica, bajo la influencia de la descarga eléctrica. Pero de aquí a explicar la manera como se forma i es fijada la imájen, hai gran distancia. En algunos casos ésta es la proyeccion directa de

(1) J. H. Schaw—«Soc. metereologique of London» 24 mayo 1857.

(2) Orioli.—«Spighe e paglie», t. III, Corfou.

(3) Le Cosmos, 1857, t. II, páj. 367.

radiaciones que han atravesado el objeto que forma pantalla; en otros no será sino la imájen reflejada del mismo.

La especie a que pertenezcan, entre las conocidas, las radiaciones activas, dotadas de tan poderosa acción fotojénica i química, es difícil de determinar. Parece, sin embargo, probable no sean del número de las luminosas visibles.

Algunos físicos han creído entrever una relacion entre las nuevas radiaciones descubiertas por Röntgen i los fenómenos producidos por la descarga eléctrica que acabo de mencionar.

K.—IMÁJENES DE MÖSER

M. Regnault comunicaba a la Academia de Ciencias de Paris, en agosto de 1842 (1), en nombre de Humboldt, una nota del profesor Möser, donde se decia entre otras cosas: «9.º Todos los cuerpos irradian luz, *aun en la oscuridad* 11.º Los rayos emanados de diferentes cuerpos obran, como la luz, sobre todas las sustancias 13.º Dos cuerpos *imprimen constantemente sus imájenes uno sobre el otro*, aun cuando estén colocados en una oscuridad completa. 14.º Sin embargo, para que la imájen sea apreciable, es necesario, a causa de la diverjencia de los rayos, que la distancia de los cuerpos no sea mui considerable. 15.º Para hacer visible tal imájen se puede utilizar un vapor cualquiera, por ejemplo, el vapor de agua,

(1) «Comptes rendus de l'Academie de Sciences», 1842, tomo XV, páj. 448.

de mercurio, de cloro, del bromo, de yodo, etc. 17.º Existe una luz latente del mismo modo que un calor latente.»

Colocando una placa de plata, perfectamente pulida, debajo de una viñeta de metal grabada, durante veinte minutos, M. Aschersohn obtuvo, en presencia de Humboldt i del astrónomo Encke, una imájen poco marcada, que yodando la placa i pasándola, en seguida, por el mercurio, se hizo mas neta.

Obtuvo igualmente imájenes colocando la viñeta grabada a $\frac{1}{3}$ de linea de distancia de la placa.

Es conocido de muchos i observado con frecuencia el hecho señalado por Breguet de encontrarse dentro de la tapa pulida de los relojes, la imájen exacta e invertida de los gravados de la segunda tapa o guarda polvo. Estas dos tapas no están en contacto; pero se encuentran a mui pequeña distancia entre sí.

Gravados puestos en marco, durante cierto tiempo, son reproducidos en contra prueba sobre el vidrio, que no está en contacto con ellos.

La imájen es mui fácil de destruir por el frotamiento. Aparece fácilmente soplando sobre la placa o esponiéndola a la accion de un vapor. La humedad de la atmósfera basta en muchos casos para hacerla visible adhiriéndose a las partes que han experimentado la accion. Esta se produce del mismo modo que en los objetos espuestos a la luz, en los que se sus-traen a ella en absoluto.

La produccion de estas imájenes, que Möser atribuia a la accion de *radiaciones invisibles* i oscuras, ha sido esplicada por otros observadores por medio de una simple orientacion i arreglo molecular lento,

determinado por la atracción universal, en las moléculas de las superficies vecinas.

He querido hacer mención de todos los fenómenos que pudieran relacionarse de algún modo con los observados por el profesor Röntgen, a fin de hacer resaltar más la importancia de su descubrimiento i la diferencia que existe entre la *observación* de hechos aislados más o menos numerosos e interesantes i la *experimentación* razonada e inteligente que conduce a resultados prácticos inmediatos de gran importancia con frecuencia. Crookes, Hittorf, Hertz, Leonard, Wiedemann, Goldstein, Thomson, probablemente Tommasi i otros, han sido los precursores de Röntgen en su descubrimiento, han estado a un paso de él, como lo reconoce el profesor de Wurtzburgo en su memoria; pero el haber hecho la síntesis de sus estudios i sabido sacar partido i consecuencias importantes de los nuevos fenómenos observados, hasta abrir a la ciencia horizontes inexplorados, es suficiente fundamento para la gloria de un sabio.

SEGUNDA PARTE

Producción de los rayos X.—Aplicaciones

A—EL TUBO RADIANTE

Los primeros tubos empleados para producir los rayos X, por Röntgen i todos los experimentadores que quisieron repetir en el mundo entero, sus brillantes experiencias, fueron los de Crookes, Hittorf

o Lenard, que existian en los laboratorios. Entre ellos el de Crookes, llamado de la *cruz de Malta*, fué el mas usado, tanto por ser el mas comun, como por producir una fluorescencia mas brillante i estensa que los demas.

Este tiene, como podeis ver en el dibujo núm. 1, la forma de una pera. El *catodo* es un disco de aluminio, sostenido por un alambre del mismo metal, en comunicacion con el electrodo negativo, cerca de la estremidad delgada del tubo. El *anodo*, soldado en la parte inferior del tubo i en la mitad de su longitud, termina, dentro de él, en una visagra o charnela en la que está montada una placa de aluminio en forma de cruz de Malta. Esta cruz es movable i puede colocarse perpendicular o paralela al eje mayor del tubo. En el primer caso se produce, miéntras el tubo funciona una sombra, proyeccion de la cruz, sobre la pared opuesta al catodo i una fluorescencia brillante verde manzana en el resto. En el segundo caso, toda la pared de la porcion abultada del tubo se vuelve fluorescente.

Si, despues de hacer funcionar el tubo cierto tiempo en la primera posicion, se continúa haciendo caer la cruz, se vuelve mui brillante la parte ántes oscura, produciendo un contraste notable con el resto, ménos luminoso.

La gran estension de la superficie radiante, en este caso, hace que las imájenes obtenidas carezcan de nitidez. Para obtenerla es necesario diafragmar; pero en este caso la mayor parte de las radiaciones producidas se pierden.

Vista la inutilidad de la pantalla, para la produccion

de rayos X, se usó el tubo con anillo anódico (núm. 2 de la fig.) o sin anillo, de la misma forma. Algunos experimentadores creyeron observar que el anillo anódico, colocado en el trayecto de los rayos catódicos, tenía una influencia favorable en su producción.

Mr. Collardeau ha obtenido imágenes de una gran nitidez disminuyendo las dimensiones de la superficie radiante. La figura 11 representa la forma que dió al tubo en mitad del tamaño natural. La ampolla *a* está destinada a impedir las variaciones bruscas en el vacío del tubo durante la experiencia.

En la figura 12 se ve una forma ingeniosa dada al tubo por Mrs. Benoist i Hurmuzescu, a fin de poder utilizarlo con corrientes alternadas de Tesla. Los electrodos son sucesivamente anodo i catodo i la emision de los rayos X se hace siempre sobre el mismo punto de la pared.

Pronto se pensó en concentrar en un punto del tubo los rayos catódicos a fin de obtener un centro único de emision de rayos X i, en consecuencia, mayor intensidad i nitidez.

El tubo tomó entonces la forma de la figura 3 i se le dió el nombre de *tubo focus*.

La radiacion catódica concentrada sobre un punto de la pared producía un calentamiento que llegaba a inutilizar rápidamente el tubo por fusion o ruptura a causa del calentamiento desigual del vidrio.

A fin de evitar en parte estos accidentes, se indicaron variadas disposiciones, entre las cuales merece mencionarse la representada en la figura 4. La corriente penetra al tubo por dos casquetes metálicos,

que jiran sobre puntas metálicas tambien i aisladas, en las que van a terminar los electrodos de la bobina. El cono de rayos catódicos es desviado hácia la pared inferior del tubo por medio de un iman, fijado en el soporte, en una posicion apropiada.

La porcion calentada por la descarga catódica puede así ser renovada por un movimiento de rotacion del tubo.

Esperiencias posteriores demostraron que la trasformacion de los rayos catódicos en rayos X se hacia tambien en la superficie de cuerpos opacos, como el platino a los rayos catódicos. El punto en que el choque se verifica se convierte en centro de emision de rayos X que, atravesando el vidrio, van a impresionar los cuerpos sensibles a su accion. Los modelos de *focus con platino*: inglés (1) de la figura 5 i de Edison, figura 6, fueron el resultado de estas esperiencias.

El profesor Röntgen propuso últimamente un *focus doble simétrico*, representado en la figura 7, que, ademas de producir por su doble catodo una mayor cantidad de rayos X, podria utilizarse con las corrientes de Tesla.

La figura 8 muestra un tubo focus doble de otro modelo, produciendo radiaciones solo hácia un lado.

Si en vez de una placa angular de platino se coloca una plana, inclinada 45° , en el foco de los dos catodos, la emision de rayos X se hace en las dos caras, permitiendo ejecutar a la vez dos esperiencias (fig. 13).

Las figuras 9 i 10 representan otros modelos de

(1) Ideado por el profesor H. Jackson.

focus con anodo anular, que producen, segun parece, excelentes resultados.

El grado de rarefaccion del gas dentro del tubo tiene una influencia decisiva sobre la cantidad i calidad de los rayos X producidos. Los vacíos en que se produce la fluorescencia brillante (verde manzana en el vidrio de Bohemia) de las paredes del tubo, cuando ha desaparecido por completo la luminosidad azul positiva, son los que producen una emision mas abundante de rayos X i una accion fluorescente i actínica mas intensa. Los vacíos mas perfectos, mas resistentes al paso de la descarga, que producen una fluorescencia mas débil del tubo, exitan tambien mas débilmente la luminosidad de los cuerpos fluorescentes; pero esta accion se estiende a una distancia mayor del tubo que en el caso anterior, los cuerpos opacos interpuestos son mas fácilmente atravesados i puede decirse con propiedad que las radiaciones producidas son mas *penetrantes*. La resistencia del tubo aumenta con la perfeccion del vacío, hasta la produccion del vacío aislador de Hittorf, en que no pasa la descarga de poderosas bobinas.

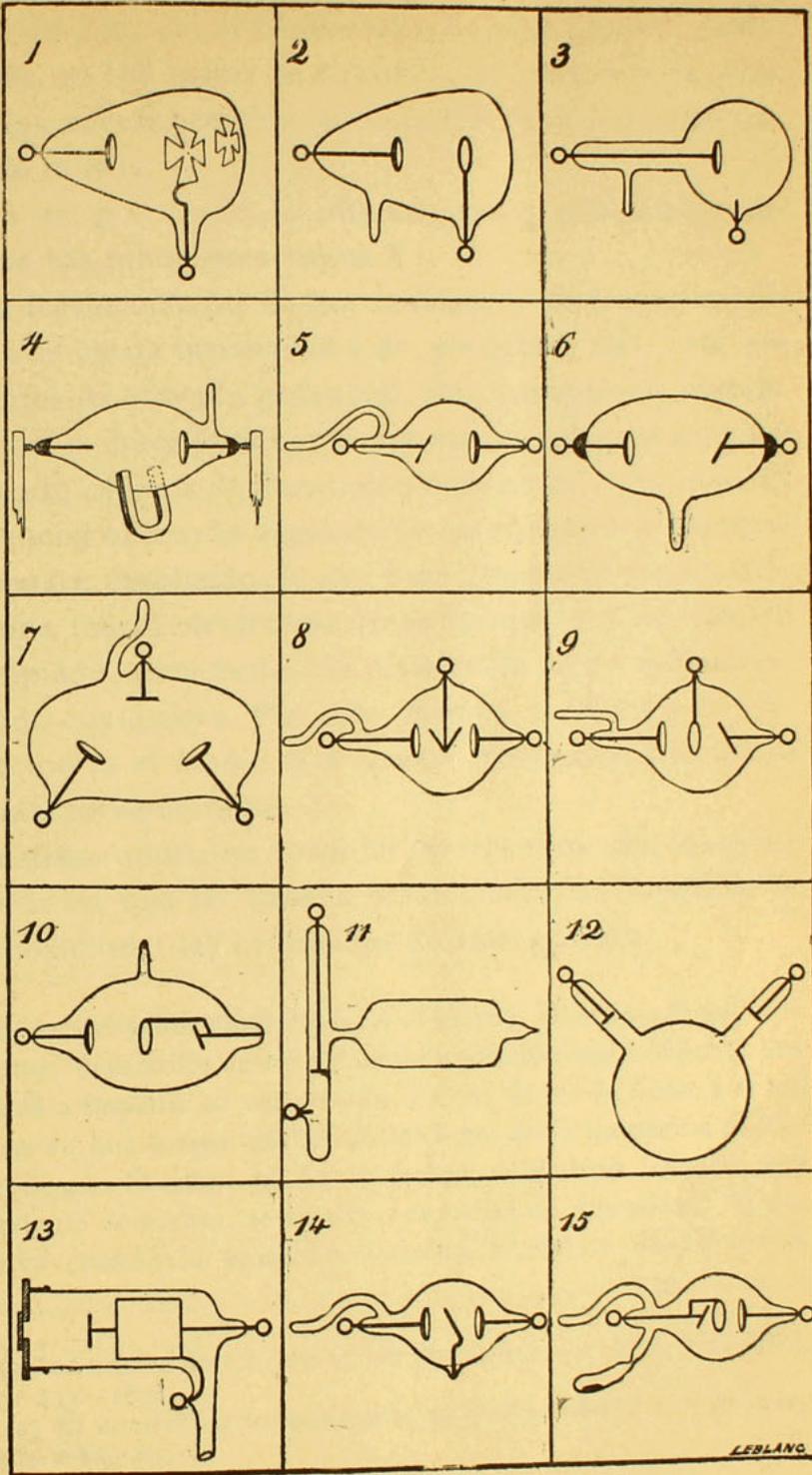
En jeneral, el vacío aumenta, en los tubos que funcionan, por oclusion de una parte del gas en los electrodos o en las paredes del tubo. Se ha notado que, calentando con precaucion i durante cierto tiempo, un tubo hecho resistente por funcionamiento prolongado, recobraba su permeabilidad primitiva a la descarga. (1)

(1) Del mismo modo, haciendo pasar la descarga de una bobina mas poderosa, se obtiene una disminucion de resistencia que permite la exitacion por una mas débil.

El empleo de sustancias absorbentes, colocadas en una pequeña ampolla comunicada con el tubo, permite variar a voluntad el grado de rarefaccion del gas contenido en él. Se ha usado el carbon, la potasa cáustica, el paladio. El primero absorbe todos los gases i puede usarse indiferentemente con todos ellos. Se usa en los tubos con vacío de aire. En los vacíos de ácido carbónico se usa la potasa i en dos tubos llenos de hidrógeno ántes del enrarecimiento, el paladio. El calentamiento de la sustancia absorbente produce la liberacion de una porcion proporcional del gas incluido, disminuyendo, en consecuencia, la resistencia del tubo. El reposo, en una temperatura baja, permite la absorcion paulatina del gas i hace el tubo progresivamente mas resistente. Esta disposicion se ha llamado *regulador del vacío*. Los tubos con regulador del vacío pueden ser empleados con ventaja, cualquiera que sea la tension eléctrica de que se dispone. Basta adaptar la resistencia del tubo a la enerjía eléctrica empleada en la exitacion para obtener el máximum de efecto que esa enerjía puede producir, como accion luminiscente o actínica.

B.—EXITACION DEL TUBO

La produccion de descargas en el interior de un tubo enrarecido, puede obtenerse por todos los medios que permiten producir una fuerza electro-motriz suficiente para vencer la resistencia interior del tubo con vacío de Crookes. La descarga de una pila de 11.000 elementos (Warren de la Rue et Müller) es apénas suficiente para vencer la resistencia de un tubo con



vacío de 3 m. (1) Si la presión es mucho menor, como sucede en los tubos de Crookes, el número de elementos necesarios para accionarlos subiría a centenares de miles.

No es, por tanto, la pila un medio practicable de excitar los tubos para rayos X.

La transformación de las corrientes voltaicas continuas de cierta intensidad i de potencial bajo, en corrientes de elevado potencial, interrumpidas e instantáneas, se hace fácilmente por medio del transformador llamado *carrete de Rumkorf* o *bobina de inducción*. El potencial obtenido depende de las constantes del transformador empleado, lo que hace posible la producción de una fuerza electro-motriz suficiente, con un carrete apropiado, para vencer la resistencia de un tubo enrarecido cualquiera. Por este motivo la bobina de inducción es el medio más usado para excitar los tubos productores de rayos X.

Estimo oportuno recordar, a este respecto, los principios en que se basa la transformación i describir la disposición i las cualidades de este aparato.

«Una variación cualquiera en el estado eléctrico de un conductor, desarrolla en otro conductor vecino una corriente que tiende a impedir la variación.» Tal es la ley de Lenz, que expresa en una forma abreviada las leyes de la inducción descubiertas por Faraday. (2) La variación es positiva cuando una corriente comienza, se acerca o aumenta en intensidad. Es negativa cuando la corriente termina, se aleja o disminuye en

(1) «Annales de Chimie et de Physique», 5.^a serie, Vol. XIII, páj. 433—1878.

(2) El conductor influenciante se llama *inductor* i el influenciado *inducido*.

intensidad. La variacion positiva determina en el conductor vecino una corriente de sentido opuesto a la del inductor. (1) La variacion negativa, una corriente de la misma direccion en el inducido.

La corriente *inducida* comienza i termina al mismo tiempo que la variacion en el inductor.

Los *imanes* (temporales o permanentes) producen efectos d'énticos a los que producirian corrientes solenoidales personificadas con su izquierda hácia el polo austral. Por tanto, un iman que comienza, se acerca o aumenta en intensidad, es un inductor con variacion positiva. Un iman que se aleja, disminuye en intensidad o termina, lo es con variacion negativa. Ambos producen corrientes inducidas de sentido contrario al de la variacion inductora.

La induccion se manifiesta tambien en el inductor mismo (2) durante su variacion. En la variacion positiva el efecto producido no hace sino disminuir la intensidad de la misma. En la variacion negativa se manifiesta por una corriente de sentido contrario i de igual sentido que la variacion positiva, que se llama *extra-corriente*. (3)

Para una misma intensidad de accion (corriente) inductora, la intensidad² de la reaccion o corriente inducida será tambien idéntica. Segun la fórmula de Ampère $I = E/R$. O sea: la intensidad está en razon directa de la fuerza electro-motriz e inversa de la resistencia. Si R aumenta. E aumentará tambien en igual proporcion. Lo que significa que el potencial de la corriente inducida varía en el mismo sentido i proporcion que la resistencia del circuito en que se desarrolla, si las demas condiciones de produccion se mantienen invariables.

En la bobina de Rumkorf el inductor es formado por un manajo de alambres de hierro dulce, rodeado

(1) Segun la lei de Ampère, «dos corrientes paralelas i de sentido contrario se rechazan».

(2) Self-induction.

(3) La corriente de ruptura es mas rapida e intensa que la de cierre.

de espiras de alambre de cobre de resistencia mui débil, por el que circula una corriente interrumpida voltaica. Este conjunto constituye un *electro iman*. El inducido por un número considerable de espiras de alambre mui delgado i largo (mui resistente) arrollado sobre el inductor i aislado cuidadosamente, en el cual se desarrollan corrientes de una fuerza electromotriz tanto mayor cuanto mas resistencia presente el conductor en que tienen oríjen.

El paso de la corriente en el inductor produce la imantacion del manajo de alambres de hierro. La induccion, en la variacion positiva, es por tanto *doble* sobre la bobina secundaria. Tambien lo es, en la variacion negativa debida a la interrupcion de la corriente inductora, que hace terminar el iman.

El efecto producido por el haz magnético es, por tanto, aumentar la intensidad de la accion inductora.

Esta accion, como se acaba de notar, es mas intensa en la oscilacion negativa i es aumentada por la self-induccion en el circuito inductor. Las corrientes *directas*, o sea del mismo sentido que las voltaicas circulando en el inductor, que se desarrollan en el inducido al interrumpirlas, son las que tienen mayor tension. Ellas solas atravesarán una resistencia considerable interpuesta entre los extremos del circuito inducido. (1)

El espesor máximo de la capa de aire atmosférico atravesado por la descarga de una bobina de induccion

(1) El sentido de estas corrientes determina los polos de la bobina, si se tiene cuidado de usar siempre en el inductor la misma direccion de corriente.

da aproximadamente la medida de la tension eléctrica desarrollada por ella.

La tabla siguiente da en volts la diferencia de potencial para distancias explosivas (1) espresadas en centímetros (Mascart).

Distancia en centímetros	Diferencia potencial en volts
1.	48.600
2.	64.800
3.	76.800
5.	94.800
10.	119.100
15.	127.500

Para una distancia explosiva de 20 centímetros, Warren de la Rue i Müller han calculado se necesitaria una fuerza electro-motriz de casi 200,000 volts.

Durante las experiencias de radiografía tiene gran importancia la determinacion del sentido de la corriente inducida de la bobina. Una inversion en la direccion de la descarga en el tubo, aun por corto tiempo, puede deteriorarlo i hasta inutilizarlo.

La conexion del electrodo negativo de la bobina con el anodo de un *focus*, produce una volatilizacion del platino que, depositándose sobre las paredes, lo hace paulatinamente opaco a los rayos X i lo ennegrece. Cambian ademas por completo las condiciones de emision e intensidad de las radiaciones producidas.

Varios métodos pueden emplearse para reconocer la polaridad de los electrodos de una bobina.

(1) Entre dos esferas de 22 milímetros de diámetro.

Si se conecta con ellos un tubo de Crookes cualquiera, se ve producirse en la porcion correspondiente al catodo el *espacio oscuro negativo* i la *luminosidad positiva* caracteriza el anodo.

Un tubo Crookes-Röntgen se iluminará con una fluorescencia característica en la pared opuesta al catodo.

Si se hace estallar la chispa entre dos alambres muy delgados de hierro, fijos en los botones terminales de la bobina, se ve enrojecerse i fundirse el alambre correspondiente al catodo. El que está unido al anodo se enrojece solo débilmente.

Si la chispa estalla entre dos carbones delgados, el carbon positivo se calienta mucho en su estremidad, formándose ceniza; en el carbon negativo, hai un punto brillante que se mueve sin cesar, con la parte en que la chispa se produce.

Conviene usar siempre una misma direccion de corriente inductora a fin de conservar una polaridad determinada a cada uno de los electrodos de la bobina.

Los rayos de Röntgen no se producen, con una intensidad suficiente para manifestar fácilmente su accion luminiscente o actínica, sino con bobinas capaces de producir chispa a distancias mayores de 8 centímetros. Para obtener efectos intensos i rápidos; para atravesar espesores de 40 o mas centímetros, es necesario recurrir a bobinas que produzcan 25 o mas centímetros de chispa.

La bobina de Spottiswoode, de la mas poderosa que se ha construido hasta hoi, capaz de producir una chispa de 108 centímetros de largo, con 30 elementos de Grove, accionando un tubo apropiado, permitiria obtener

los efectos mas brillantes e intensos de los nuevos rayos.

Durante la ruptura del circuito inductor se produce en el interruptor una chispa de extra-corriente que deteriora rápidamente los contactos de platino, por el calentamiento que produce la fusion i aun la volatilizacion del metal en el punto en que se forma el arco voltaico que precede a la ruptura definitiva.

Poniendo en comunicacion las piezas metálicas en que se hallan los contactos con las armaduras de un condensador de dimensiones apropiadas, se atenúa la intensidad de la chispa de extra-corriente. (1)

El condensador usado jeneralmente para este objeto es el condensador en láminas, de Fizeau, formado de dos series de hojas de estaño, aisladas entre sí por hojas de papel parafinado, que constituyen las dos armaduras. Este condensador se coloca en el sócalo de la bobina.

Al verificarse nuevamente el contacto, el condensador se descarga, aumentando el potencial del circuito inductor. De este modo se obtiene un máximum de efecto inductivo i, en consecuencia, de longitud de chispa.

La manera de verificar la interrupcion i su frecuencia tienen un efecto mui marcado sobre las cualidades de las corrientes inducidas que se obtienen con una bobina dada.

Una interrupcion breve i seca, con el mínimum de chispa de extra-corriente i de arco voltaico (que prolon-

(1) Por la disminucion de potencial entre los puntos de ruptura de la corriente, en parte, en cargar el condensador.

ga i hace mas paulatina la variacion negativa) tiene la mas intensa accion inductora i produce corrientes inducidas de una *fuerza electro-motriz* mayor.

La frecuencia mas o ménos grande de las interrupciones permite obtener un número variable de descargas de induccion i, en consecuencia, una *intensidad* de acciones en relacion con la rapidez del interruptor.

Por esta razon no es indiferente la eleccion de cualquier interruptor para una bobina destinada a la obtencion de radiaciones de Röntgen.

El interruptor de martillo de Neef produce una interrupcion prolongada, los contactos de platino se deterioran rápidamente con las grandes bobinas, i no permite tampoco obtener a voluntad una frecuencia variable en las interrupciones.

El interruptor de Foucault, aunque produce una ruptura brusca de la corriente, es demasiado lento.

Se ha usado por Edison un interruptor rotatorio de velocidad variable i contactos metálicos en que se enfriaba la chispa de ruptura por la insuflacion con un ventilador mecánico, movido simultáneamente con el interruptor. Ha obtenido por este procedimiento buenos resultados.

Se han construido asi mismo varios modelos de interruptores de mercurio, con movimiento rectilíneo alternativo de la punta de contacto, producido por un pequeño motor eléctrico cuya velocidad puede variar a voluntad, por la intercalacion de resistencias en el circuito que lo acciona.

Estos últimos han producido, hasta hoi, los mejores resultados.

La corriente necesaria para hacer funcionar la bo-

bina es la voltaica, de intensidad proporcionada al poder de la bobina i lo mas constante posible.

Los tipos de pilas Bunsen, Grove, Grenet, etc., de gran superficie i de accion química intensa, son apropiados para accionar las grandes bobinas.

Los acumuladores, cuando es posible cargarlos fácilmente, constituyen la forma mas cómoda de proporcionarse la corriente inductora de una intensidad constante. Una batería de acumuladores, en conexión con un colector que permita tomar uno a uno todos los elementos, i un reóstato, a fin de graduar la intensidad de corriente mas apropiada para obtener el máximum de accion inducida útil con un tubo dado, llena todas las exigencias. Es mui conveniente en este caso colocar un plomo de seguridad en el circuito inductor a fin de evitar accidentes en la bobina.

La corriente de los dinamos llamados de corriente continua, no se adapta bien al accionamiento de las bobinas Rumkorf. No es en efecto una corriente continua sino mas bien una corriente ondulatoria.

Las máquinas electro-estáticas pueden tambien ser empleadas para hacer funcionar los tubos productores de rayos X. Basta que la diferencia de potencial producida entre los polos de la máquina sea suficiente para vencer la resistencia del tubo empleado.

La conexión directa con los exitadores de la máquina no hace funcionar el tubo. Chispas de descarga en forma de ramillete rodean las paredes del tubo, en este caso; la resistencia exterior es mas fácilmente vencida que la interior.

Para salvar ésta, es necesario que las descargas sucesivas tengan ademas de una fuerza electro-motriz

suficiente, una cierta intensidad. Esto se consigue recurriendo al empleo de los condensadores.

Está demás hacer notar que la capacidad de los condensadores empleados debe estar en armonía con las condiciones del tubo.

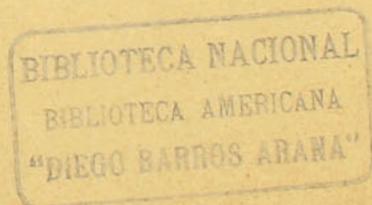
Dos procedimientos pueden ser empleados: 1.º montar el tubo en derivación sobre las armaduras internas de los condensadores; estas armaduras estarán en conexión con los polos de la máquina. En este caso es necesario interponer una gran resistencia entre las armaduras externas. La distancia entre los exitadores de la máquina varía con el tubo usado. 2.º colocar el tubo en el circuito de descarga de los condensadores. En este caso las chispas no deben estallar sobre el tubo porque lo romperían fácilmente, sino sobre esferas metálicas aisladas, en comunicación con él.

Todos los tipos de máquinas que producen una gran cantidad de electricidad, como las de Holtz, Wimshurst, Voss, etc., pueden convenir para estas experiencias.

Sin embargo, no se han obtenido mejores resultados hasta el día que con el empleo de las bobinas de inducción.

Las corrientes alternadas de *alta tensión* i gran frecuencia, estudiadas en especial, por Tesla i D'Arsonval, pueden también ser utilizadas para producir rayos X.

La dirección alternada de las corrientes oscilatorias producidas en el transformador, hace imposible el uso de los tubos comunes, que necesitan una polaridad determinada en sus extremos para funcionar conve-



nientemente. Se ha recurrido, para salvar este inconveniente al empleo de tubos unipolares, como la lámpara Gerard (exp. de D'Arsonval) o al de tubos especiales como el *focus doble simétrico* propuesto por Röntgen i que representa la fig. 7.

La aplicacion directa de los exitadores del trasformador de Tesla sobre las paredes de un tubo de Crookes, produce dos focos de rayos X, que proyectan dos imágenes de los objetos sometidos a su accion, sobre la pantalla fluorescente o sobre la placa fotográfica.

Por otra parte, la alta tension e intensidad de las corrientes producidas, atraviesa con facilidad las paredes del tubo inutilizándolo.

C.—OBTENCION DE IMÁJENES RADIOGRÁFICAS POR ACCION ACTÍNICA

Una placa, una película o un papel *sensibles* a la accion de la luz ordinaria, espuestos a la radiacion de un tubo de Röntgen en funcion, son impresionados de un modo semejante al que lo serian con la luz visible.

El efecto de un *revelador* fotográfico sobre la placa impresionada de este modo, es ennegrecerla en proporcion de la intensidad de la accion química de las radiaciones recibidas en cada punto.

Una coloracion uniforme bajo la accion del revelador o desarrollo, indica una igual enerjía radiante recibida en toda la superficie sensibilizada.

Si entre el foco de radiacion i la placa interponemos un objeto opaco, este proyectará su sombra sobre la capa sensible, que permanecerá indiferente a la

accion del desarrollo en la porcion que aquélla cubria. Un objeto trasparente no perturbará la uniformidad de la coloracion por el revelador.

Los objetos que no son completamente opacos ni perfectamente transparentes, producirán variaciones de tinte, en armonía con su grado de opacidad.

Las imájenes obtenidas son por consiguiente *sombras* mas o ménos intensas de los objetos interpuestos entre el foco de radiacion i la placa impresionable. Al reverso de las imájenes fotográficas, que son formadas por manojos de radiaciones luminosas, que reproducen, reflejándose con diversa intensidad sobre los objetos, los contrastes de iluminacion de su superficie i sus contornos, en la imájen real producida sobre la superficie sensible por su converjencia.

Una placa o película impresionada por los rayos X, desarrollada i fijada en seguida por los procedimientos fotográficos ordinarios, produce, al mirarla contra la luz, el mismo efecto que una transparencia o positivo fotográfico. La impresion o transporte sobre papel sensible fotográfico produce una imájen negativa del objeto; es decir, una proyeccion de sombras mas o ménos intensas, con el grado de opacidad de las diversas partes del objeto u objetos interpuestos, i naturalmente, siempre, como la imájen de la placa que reproduce, de mayor dimension que el objeto. La dimension de la imájen aumenta con la cercanía del tubo radiante i disminuye cuando la distancia aumenta, a consecuencia de la menor diverjencia de los rayos.

La nitidez de los contornos de estas imájenes-sombras es perfecta, si el foco de las radiaciones es

un punto matemático; porque los rayos que las producen no manifiestan el menor indicio de difraccion.

La distancia, entre el tubo radiante i la placa fotográfica, necesaria para obtener una radiografía, varía con la intensidad de la radiacion producida por el tubo, o lo que es lo mismo, es diferente para cada tubo i para el tiempo de esposicion empleado en la esperiencia. Para un mismo tubo varía la intensidad en razon inversa del cuadrado de la distancia.

El poder de la bobina aumenta proporcionalmente la intensidad de la accion actínica i la distancia en que ésta se produce, con el mismo tubo. El tiempo de esposicion necesario disminuye en razon inversa de la intensidad.

Con un tubo focus apropiado es posible obtener, por ejemplo, una radiografía en dos a cinco minutos usando una bobina de veinte a diez centímetros de chispa, en una placa situada a una distancia de veinticinco a quince centímetros.

Si se emplea una bobina de veinte a treinta centímetros de chispa, el tiempo de esposicion, para las mismas distancias, puede reducirse a algunos segundos i aun a algunas chispas. Con igual esposicion, puede aumentarse la distancia de la placa de veinticinco a sesenta o mas centímetros, para obtener una accion química semejante.

Una esposicion insuficiente produce una imájen mui opaca i sin detalles en la sombra; una sobreexposicion produce una imájen trasparente, con un gran número de detalles, en la diferencia de opacidad, desapareciendo por completo en las partes ménos opacas.

Es necesario, por tanto, para cada tubo i con una bobina dada, determinar experimentalmente el tiempo de esposicion necesario para cada distancia entre el tubo radiante i la placa sensible.

Podrán utilizarse igualmente diversas esposiciones para obtener, en un objeto complejo, la ombrografía mas neta de tal o cual porcion del objeto que tiene una opacidad diversa del resto.

Las placas fotográficas i películas ordinarias se usan indiferentemente para obtener radiogramas. La sensibilidad a la luz comun es diversa, mui probablemente de la que se manifiesta con los rayos X. El hecho es que no influye notablemente en el resultado obtenido, la categoría de sensibilidad a que la placa usada pertenezca. (1)

En todo caso la cara cubierta con la emulsion debe estar vuelta hácia el tubo. La opacidad del vidrio comun disminuiria, si la placa es espuesta por el lado no sensibilizado, la accion de los rayos X.

Una envoltura impermeable a la luz ordinaria, formada en papel negro grueso, carton, madera, ebonita, aluminio u otros cuerpos transparentes para las radiaciones de Röntgen, permite operar en un sitio cualquiera alumbrado con la luz natural o artificial.

El objeto cuya radiografía se trata de obtener es colocado sobre la placa, así envuelta, o delante de ella i el tubo productor de radiaciones es sostenido encima, en el primer caso o del lado opuesto en el

(1) Es posible que ensayos posteriores permitan encontrar sustancias o medios de hacer mas sensibles las placas a la accion de los rayos X.

segundo, a una distancia conveniente. La porcion del tubo por donde la emision de rayos X sea mas abundante, debe estar vuelta hácia el objeto. En los tubos *focus*, el plano del espejo anodal de platino debe ser aproximadamente paralelo al de la placa sensible. Esperiencias sucesivas comparables o la fluoroscopia, permiten determinar con certeza la posicion mas conveniente del tubo.

El empleo de las películas flexibles permite adaptar a cuerpos, cuya superficie no es plana, la forma de la capa impresionable. Considero, en jeneral, poco útil esta maniobra, por la deformacion que produce en la imájen proyectada.

Aunque innecesario, conviene advertir, que la envoltura de la placa o película debe hacerse en la cámara oscura fotográfica, alumbrada con luz roja inactiva.

La placa impresionada se trata en seguida del mismo modo que para obtener un negativo fotográfico ordinario. El desarrollo i la fijacion de la imájen necesitan los mismos reactivos.

El fototipo obtenido permite hacer reproducciones en papel, transparencias, etc.; en todo, como en los procedimientos conocidos.

D—IMÁJENES EN LAS PANTALLAS FLUORESCENTES

(Fluoroscopia)

Hemos visto anteriormente que muchas sustancias sometidas a la accion de los rayos de Röntgen se volvan fluorescentes i esta propiedad servia para denotar la presencia de los nuevos rayos.

El platino-cianuro de bario adquiere una luminiscencia mas intensa, en estas condiciones, que todos los demas cuerpos estudiados hasta hoi. (1)

Estendido en capa uniforme sobre una pantalla, ésta se ilumina brillantemente al colocarla en el trayecto de las radiaciones de Röntgen i uniformemente tambien, si la intensidad radiante es la misma en toda la estension de la pantalla.

La interposicion de un objeto opaco, entre el foco de las radiaciones i la pantalla, producirá una sombra cuyos contornos, proyeccion de los del objeto, permiten reconocerlo. La intensidad de la sombra seguirá las variaciones de la opacidad; i en un objeto complejo, con partes dotadas de diversa transparencia, será posible distinguirlas con facilidad, por las variaciones de intensidad luminosa de la pantalla.

Si se interpone, por ejemplo, la mano, como en la memorable esperiencia del profesor Röntgen, la diversa opacidad de su esqueleto i de las partes blandas produce en la pantalla, ántes uniforme i brillantemente iluminada, una imájen-sombra cuya intensidad en sus diversos puntos, permite apreciar la opacidad i espesor relativos de los tejidos, el grado de osificación, las deformidades i algunos detalles de estructura del tejido óseo, como tambien constatar la existencia, en su espesor o en su superficie, de cualquier cuerpo extraño.

La vision directa de las imájenes producidas en las pantallas fluorescentes o *fluoroscopia* es, por tanto, un

(1) El tungtato de calcio recomendado por Edison da una fluorescencia mucho mas débil que el platino-cianuro de bario.

medio rápido de exámen de la permeabilidad de los objetos para los rayos X, al mismo tiempo que una manera brillante de demostrarla. Con un buen foco radiante i una pantalla que produzca una fluorescencia intensa i uniforme, es posible, en la oscuridad completa, obtener imágenes, visibles para una numerosa concurrencia, de los objetos mas diversos. Las diversas partes del cuerpo humano, los animales, las momias, las encomiendas postales, las maletas de los viajeros, han sido sometidos al exámen fluoroscópico.

Por este medio ha sido posible, unas veces hacer visibles detalles de configuracion interior que, de otro modo, habrian necesitado la destruccion del objeto, otras veces ahorrar pérdidas de tiempo i molestias de consideracion.

Su empleo será preferible a la radiografía fotográfica siempre que no sea preciso o conveniente conservar una impresion o prueba duradera de algo anormal, en cualquier sentido, o interesante, susceptible de ser demostrado por los rayos X.

Deberá ser en todo caso el antecedente obligado de la radiografía, a fin de buscar con su ayuda la situacion mas favorable del objeto para obtener una buena transparencia.

En los primeros dias de febrero de 1896 se anunciaba un instrumento nuevo, el *criptoscopio*, inventado por el profesor Salvioni. Consistia en un tubo de carton cerrado por un fondo cubierto de una sustancia fluorescente i terminado en el extremo opuesto por un ocular provisto de una lente. Este aparato permite ver las imágenes que acabamos de estudiar, a la luz del dia i sin necesidad de sumerjirse el observador

en la oscuridad completa de una pieza preparada al efecto. Basta que el ojo o ambos ojos del observador i la pantalla estén sustraídos a la luz ordinaria.

El ocular, aplicado lo mas exactamente posible a los contornos del ojo, completa el cierre de la cámara oscura que contiene la pantalla fluorescente.

Del *criptoscopio* se han derivado, modificándolo, los distintos *fluoroscopios* usados hoi dia (de Edison i otros) i de los cuales tengo la satisfaccion de mostrar un modelo hecho en el laboratorio de mi cargo, con tungstato de calcio, preparado por el profesor Beutell en su laboratorio del Instituto Pedagógico.

TERCERA PARTE

Esperiencias practicadas en Chile

RESULTADOS.—DEMOSTRACION PRÁCTICA

(Sesion de 18 de diciembre de 1896)

Desde las primeras noticias telegráficas recibidas, se manifestó en los diversos centros científicos del pais gran interes por conocer en sus menores detalles el descubrimiento i repetir las esperiencias del profesor Röntgen.

La pobreza de nuestros laboratorios, i la imposibilidad de procurarse sino en el extranjero los aparatos indispensables para realizar los esperimentos mencionados, esterilizaron durante cierto tiempo la justa i laudable aspiracion de nuestros profesores de mantenerse al corriente de los progresos científicos.

De los laboratorios de física existentes en Santiago, solo el de la Universidad poseía una bobina de inducción capaz de excitar convenientemente un tubo de Crookes. El del Instituto Nacional contaba con un carrete de Rumkorf capaz de producir una chispa máxima de 15 c/m. (1)

Ni un solo tubo de Crookes apropiado existía en Chile; no era posible hacerlos fabricar, por la falta absoluta de la industria del vidrio blanco i de operarios especiales. Todo parecía concurrir para condenarnos a la inacción en presencia del gran descubrimiento i cuando en todos los laboratorios del orbe se trabajaba ya por alcanzar i escudriñar este nuevo mundo científico, en el que cada explorador tenía derecho a esperar el hallazgo de rejiones maravillosas, de vetas abundantes e inesploradas con que ensanchar el campo de acción o con que enriquecer el tesoro intelectual de la humanidad.

Es conveniente notar aquí que, si es esplicable la deficiencia de los laboratorios en naciones adelantadas, donde la industria puede suministrar, llegado el caso, el mas complicado material de experimentación; si no es tan sensible en países de fácil i rápida comunicación con las anteriores, es inconveniente i perjudicial en los que, como el nuestro, desprovistos de industrias, están además alejados de las naciones productoras.

Sin desalentarse por esta carencia de elementos se emprendió, en nuestra Universidad, por los profesos-

(1) El de nuestra Escuela Médica tenía solo una bobina de 8 c/m de chispa.

res Zegers i Salazar i luego en el laboratorio de física de nuestra Escuela de Medicina, una serie de ensayos experimentales. El éxito coronó las esperiencias practicadas en el laboratorio de física jeneral de la Universidad, i su resultado fué comunicado a la «Société Scientifique du Chili» en marzo 27 de 1896. (1) Los profesores Zegers i Salazar consiguieron obtener, por medio de corrientes alternadas de alta tension (de Tesla) i lámparas de incandescencia de Edison-Swan, rayos X suficientemente intensos para exitar una viva fluorescencia del platino-cianuro de bario i para obtener clichés radiográficos de notable intensidad. Acompañan a su comunicacion la radiografía de una mano, obtenida en 14 minutos (metacarpo i falanjes) en que las partes blandas apénas producen una lijera sombra i los huesos se marcan netamente por una sombra intensa. Se notan los intersticios articulares i un anillo de oro produce una sombra completa.

El resultado de los experimentos ejecutados por mí en colaboracion con el profesor Beutell del Instituto Pedagójico, voi a esponerlo brevemente a la facultad.

Desde las primeras noticias, todo hacia esperar que un gran número de aplicaciones médicas se derivarian del descubrimiento i el laboratorio de física medica de Chile tenia, en mi opinion, el deber de apresurarse a estudiarlas i colocarse ántes que nadie en condiciones de prestar útil concurso a nuestros cirujanos i a nuestros clínicos.

Desgraciadamente, como he dicho, el gabinete de física de la Escuela de Medicina no poseia sino una

(1) Actes de la Soc. Scient. du Chili, 1896, 1.^o livraison.

bobina de 8 cm. de chispa i no tenia ningun tubo de Crookes. En la Universidad, los profesores Zegers i Salazar utilizaban en sus experiencias la única bobina poderosa que existia en el pais.

Solicité entónces i obtuve del profesor D. Torres el Rumkorf del laboratorio de física del Instituto Nacional, que produce una chispa de 15 cm., con el cual esperaba repetir algunas de las experiencias de Röntgen, miéntras llegaba el material pedido a Europa con este objeto.

Encontrará justificado la Facultad que manifieste aquí mi reconocimiento al distinguido catedrático por este acto de desprendimiento i confianza, que lo privaba de verificar personalmente los nuevos fenómenos i esponia a los azares de una experimentacion prolongada un aparato valioso de su gabinete, tan delicadamente como ninguno conservado.

Pude luego obtener la cooperacion del profesor de física del Instituto Pedagógico, señor A. Beutell, cuya habilidad para trabajar el vidrio podia permitirnos obtener tubos de Crookes, ántes del largo tiempo necesario para hacerlos venir del viejo mundo.

Una bomba de mercurio, que funcionaba por medio de una trompa aspirante de agua, permitia llevar la rarefaccion en los tubos hasta la produccion de la fluorescencia característica.

Otra trompa soplante permitia hacer funcionar el soplete, destinado a trabajar el vidrio para la confeccion de los tubos.

La enerjía eléctrica era producida, al principio, por una batería de pilas de bicromato de potasio i despues por una batería de acumuladores.

Ensayamos diversos modelos de tubos, durante largo tiempo, sin resultados. Los tubos, a pesar de una fluorescencia intensa, no impresionaban las placas espuestas durante media hora, o mas, a su accion. Se calentaban i concluian por destruirse.

A fines de mayo, solamente, pudimos obtener, pero no con regularidad i casi siempre a costa del tubo empleado, algunas radiografías de las cuales voi a presentar algunos ejemplares a los señores miembros de la Facultad. Las marcadas con los números 1 i 2, manifiestan una nitidez de contornos de las sombras bastante notable e imposible de obtener con la luz ordinaria. Muestran, ademas, la transparencia de la madera de la brújula i la opacidad del cristal de los anteojos.

Nos ha sido imposible obtener, como pueden verlo los colegas de la Facultad, reproducciones, sino mui débiles del esqueleto de la mano, a pesar de exposiciones mui prolongadas, con la bobina de quince centímetros de chispa, i los tubos fabricados en el laboratorio del profesor Beutell. El esqueleto de los miembros posteriores de la rana, de un picaflor, etc., aparecen con una mayor claridad en las radiografías respectivas.

Los rayos X producidos con los elementos acumulados con tan grande trabajo i gasto de tiempo, no eran, como dice Röntgen, suficientemente *penetrantes*.

En los primeros dias de julio llego una bobina de veinte centímetros de chispa i dos *tubos focus* pedidos para el laboratorio de mi cargo.

Todo cambió entónces en el resultado de las experiencias. Las radiografías que tengo el honor de

presentar, marcadas con los números 3 a 8, son buenas pruebas de las aplicaciones médicas de los rayos X.

La núm. 4 es tomada de mi propia mano.

La núm. 5 es la mano de un enfermo con una contusion que determinó la fractura del segundo i tercer metacarpianos i una sub-luxacion de la articulacion metacarpo falánjica del tercer dedo. Una gran tumefaccion impedia hacer el diagnóstico.

La núm. 6 es una fractura doble del antebrazo consolidada defectuosamente.

La núm. 3 es la mano de un niño de catorce años en que la osificacion no se ha terminado aun.

Las núms. 7 i 8 muestran el esqueleto de un feto de término, en que pueden estudiarse los progresos de la osificacion en las distintas porciones.

El 9 es la radiografía de un pié en el que se ha inyectado el sistema arterial con cebo i azarcon. Se distingue la distribucion de las arterias en los dedos i el arco plantar.

El núm. 10 manifiesta un fragmento de aguja en la rodilla de un niño.

La duracion de la esposicion empleada en estas i numerosas otras radiografías obtenidas, ha variado entre cinco i quince minutos.

No he podido, sin embargo, obtener ninguna del muslo, del brazo i ménos del tronco, aun con esposiciones prolongadas durante media hora.

Los rayos producidos por el material radiográfico de que he dispuesto, no son, indudablemente, bastante penetrantes para atravesar masas musculares o espesores considerables.

Seria mui de desear que las clínicas poseyeran aparatos suficientemente poderosos para hacer posible el exámen completo de sus enfermos.

Una pantalla fluorescente, agregada al aparato productor de rayos X, permitiría observar directamente las diferentes partes del cuerpo de los enfermos interpuestas entre la pantalla i el tubo de Crookes.

Durante el curso de las esperiencias que acabo de mencionar, nos hemos preocupado tambien de la preparacion de sustancias para fabricar pantallas fluorescentes. Entre las numerosas muestras de tungstato de calcio obtenido, solo algunos presentaron una fluorescencia intensa, a pesar del cuidado empleado por el profesor Beutell para obtener la sustancia bien cristalizada. Estas sirvieron para la confeccion de pantallas, de las que una forma parte del fluoroscopio que he presentado a la Facultad. La luminosidad de esta pantalla no es comparable, con mucho, a las de platino-cianuro que vienen del extranjero. El platino-cianuro de bario preparado varias veces, tanto por el profesor Beutell como por mí, no ha presentado una fluorescencia que permita emplearlo con ventaja en pantallas fluoroscópicas. No podemos esplicarnos la causa.

Para terminar, voi a mostrar a los señores miembros de la Facultad la manera de obtener una radiografía, por medio del aparato comunmente empleado, de la mano de alguno de los presentes. A continuacion podré hacerles ver, por medio del fluoroscopio, la sombra del esqueleto de la mano i de algunos objetos interpuestos en el trayecto de los rayos X, proyectada sobre la pantalla que forma el fondo del aparato.

Los instrumentos que voi a emplear en esta demostracion, forman parte del gabinete de fisica médica i han servido ya para obtener un buen número de radiografias.

Una placa fotográfica sensible del tamaño 13×18 centímetros ha sido envuelta, dentro del taller oscuro, en varios dobleces de papel negro, a fin de sustraerla a la accion de la luz ordinaria. Podíamos dejarla impunemente sobre esta mesa varias horas bajo la accion de la luz del gas, que alumbra brillantemente la sala en que nos encontramos. Del mismo modo pudiéramos abandonarla en un sitio alumbrado por la luz del sol, sin que se manifestara la accion reductora bajo la influencia de un revelador.

Este aislamiento o impermeabilidad va a desaparecer, sin embargo, cuando los rayos X inunden la envoltura, atravesándola, como la luz comun los objetos transparentes. La accion reductora de las nuevas radiaciones se manifestará, al someter la placa a la influencia de un revelador, por un ennegrecimiento proporcional a su intensidad.

Un tubo *focus*, modelo inglés, colocado en un soporte apropiado, va a ser exitado por la bobina de Run-korf que tenemos sobre la mesa, capaz de producir con una batería de 8 elementos de bicromato de potasio, como la que está al lado, chispas de 20 centímetros de lonjitud.

Si uno de los miembros presentes de la Facultad quisiera colocar su mano sobre el paquete mientras el tubo de Röntgen funciona, a 20 centímetros de distancia de la placa, llegaríamos a obtener sobre ésta una imájen de las rejiones preservadas por la nueva

pantalla viva, interpuesta en el trayecto de las radiaciones, que sin ella la impresionarian totalmente.

El señor Decano ha querido someterse a la experiencia. Haremos funcionar el *focus* durante tres minutos. La placa impresionada ya, va a someterse al desarrollo fotográfico ordinario en la pieza vecina transformada en taller oscuro.

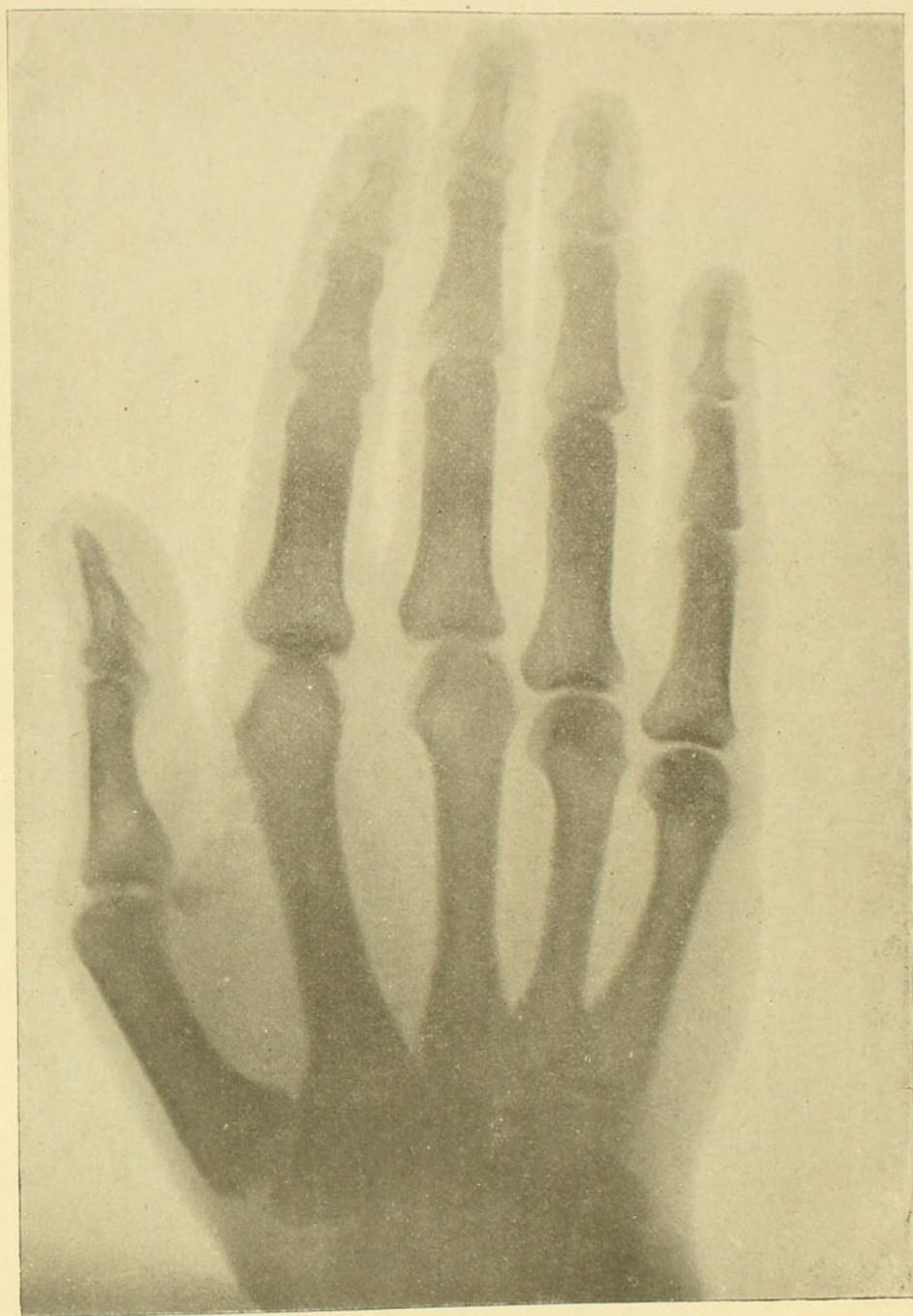
El esqueleto de la mano, i dos anillos en el anular i el meñique se destacan en transparencia sobre el fototipo. Las partes blandas que rodean los huesos, apenas se dibujan sobre el fondo oscuro del negativo.

La transparencia no es, sin embargo, uniforme. Es completa solo para la porcion cubierta por la sombra de los anillos metálicos. Variable en intensidad i produciendo la impresion de porciones mas o ménos densas i espesas, en las diversas porciones cubiertas por los huesos. La opacidad del esqueleto es, sin duda, proporcional al espesor i a la cantidad de sales metálicas contenidas en la porcion atravesada.

Hagamos funcionar de nuevo el *focus* i colocando frente a él el fluoroscopio, observen los colegas, aplicando exactamente la porcion ocular para impedir la entrada de la luz, la pantalla luminiscente que forma su fondo. Se ilumina totalmente. Interpongan la mano aplicándola sobre la pantalla. Una sombra, imájen de la mano, mas intensa en la porcion correspondiente al esqueleto i apenas visible en el resto, se produce. Esta sombra es el negativo de la imájen que obtuvimos sobre la placa fotográfica.

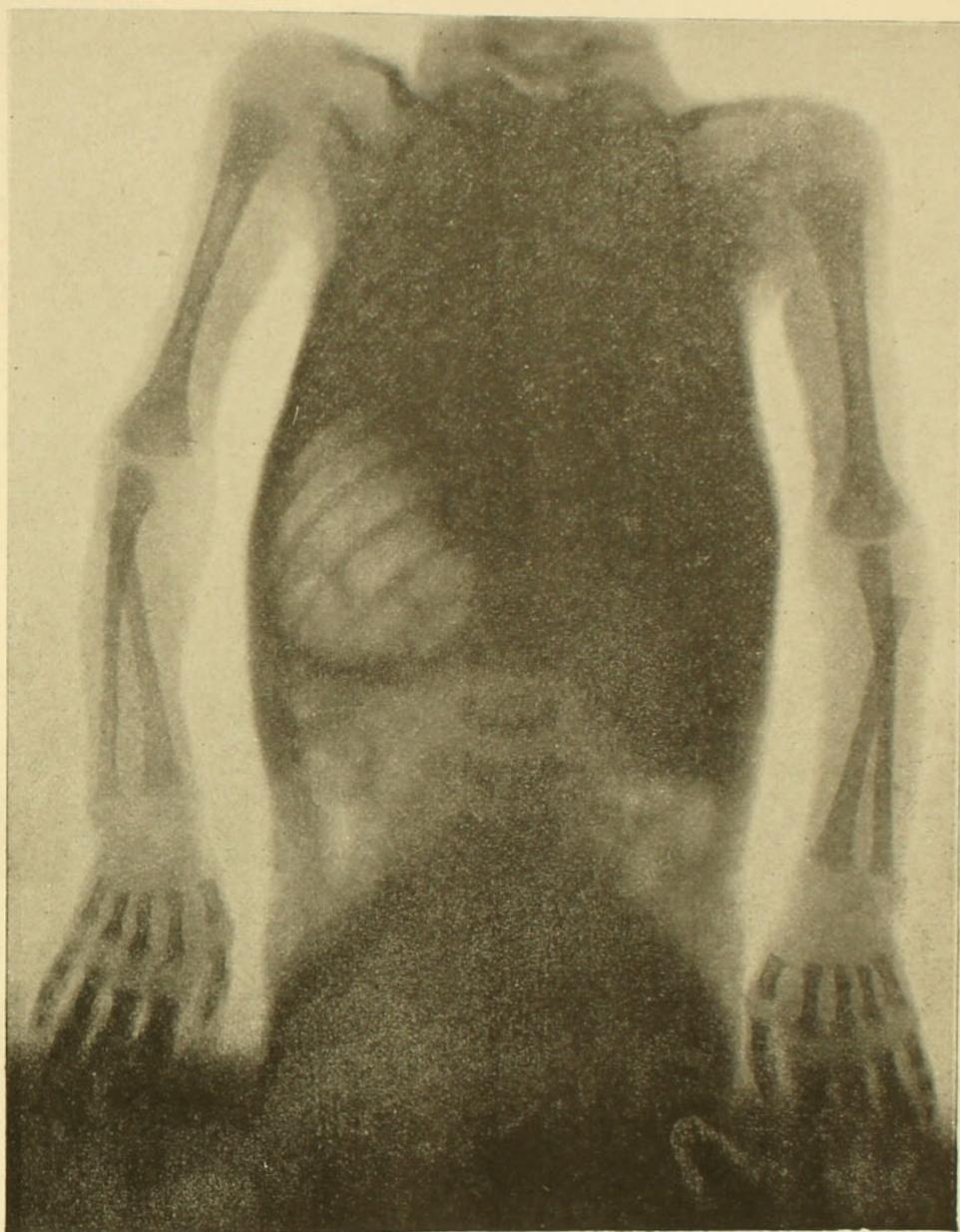
La accion fluorescente es ménos o mas enérgicamente anulada, segun que la transparencia de los tejidos vivos interpuestos, es mas o ménos completa.

Fig. 4

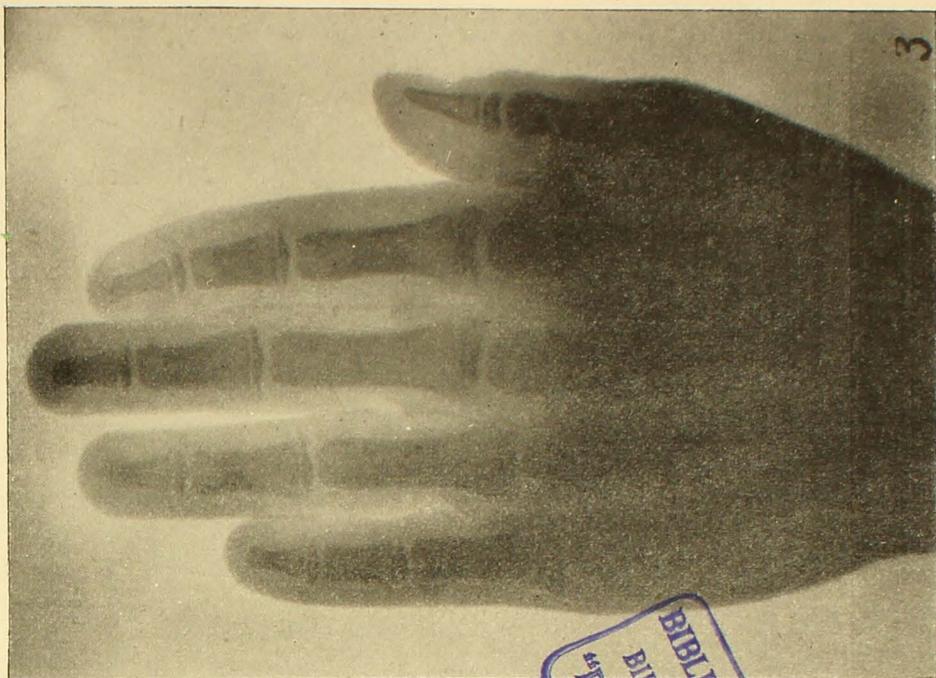


Fotdo. Leblanc

Fig. 7

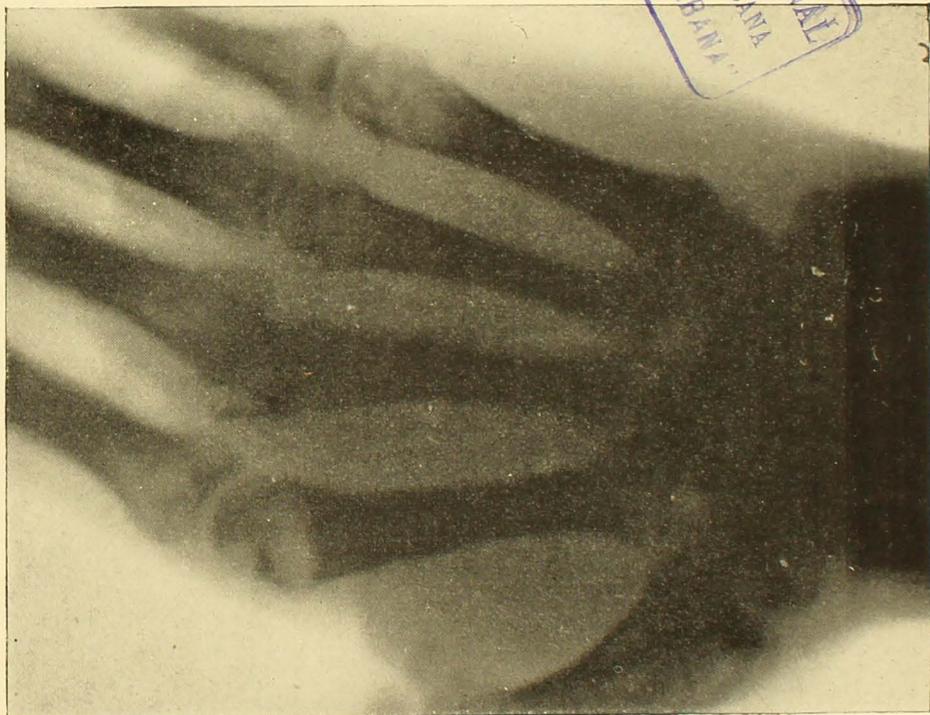


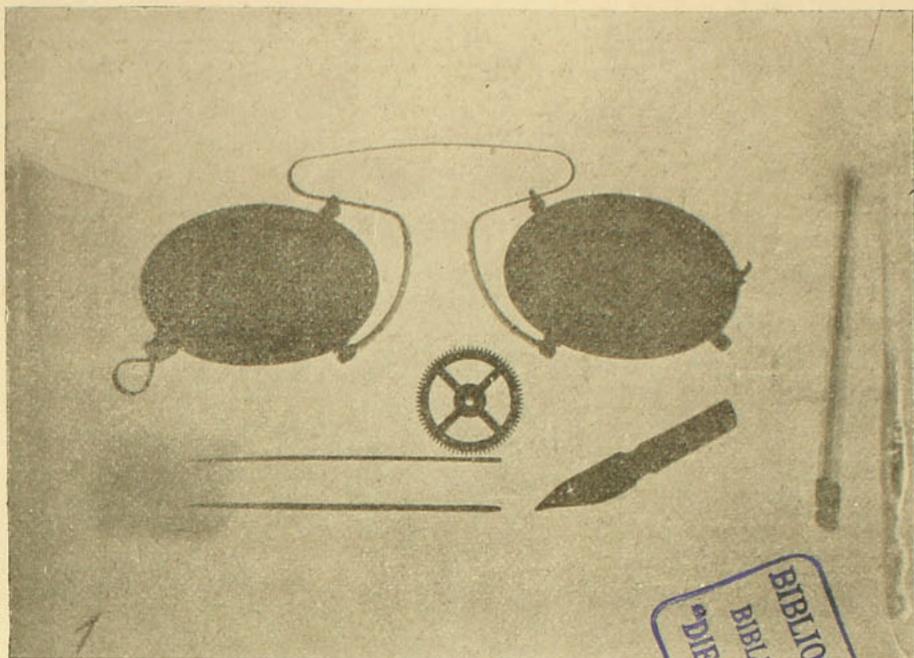
Fotdo. Leblanc



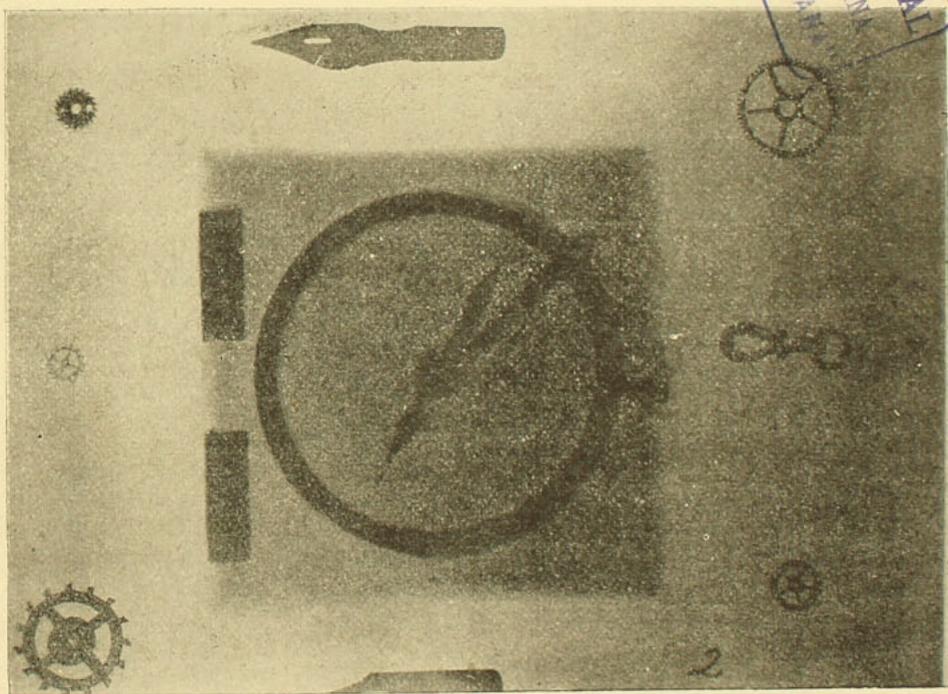
BIBLIOTECA NACIONAL
BIBLIOTECA AMERICANA
"DIEGO BARROS ABANA"

Fig. 5



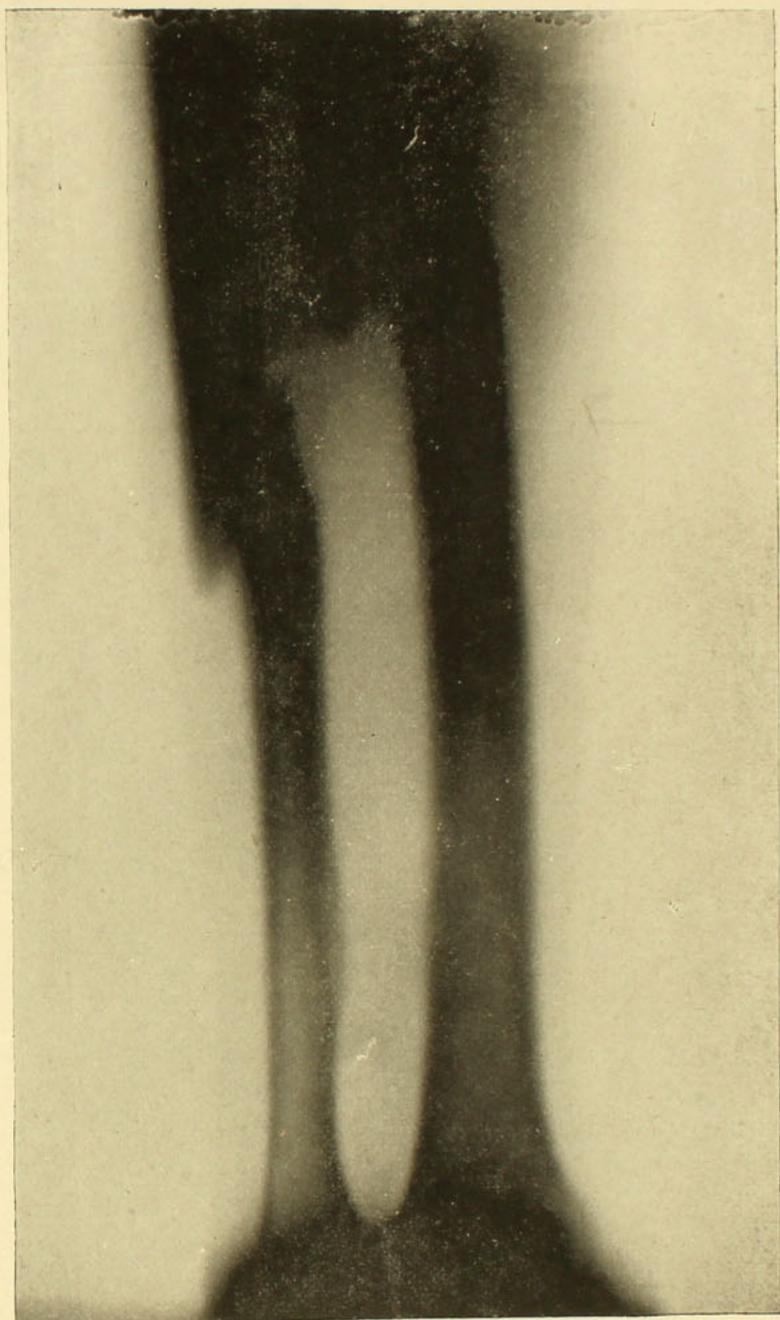


BIBLIOTECA NACIONAL
BIBLIOTECA AMERICANA
DIEGO BARROS ARRIETA



Fotdo. Leblanc

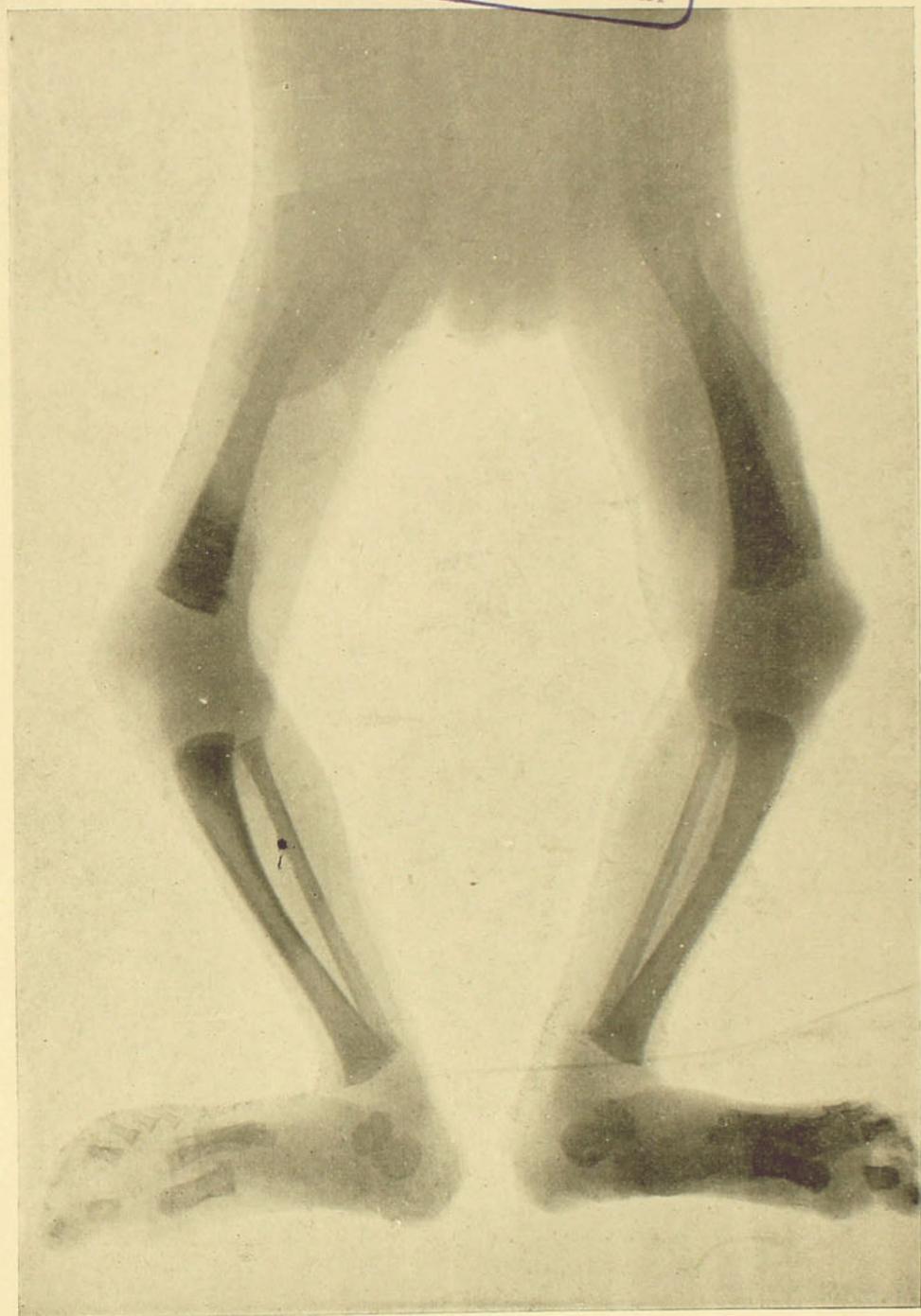
Fig. 6



Fotdo. Leblanc

BIBLIOTECA NACIONAL
BIBLIOTECA AMERICANA
"DIEGO BAUTISTA ARANA"

Fig. 8



Fotdo. Leblanc