

ciones que si bien son invisibles, son comparables en sus efectos á las ultra-violetas del espectro solar.

Impresionan las substancias fotográficas, vuelven luminosos á ciertos cuerpos fosforescentes, como el vidrio, el rubí y los diamantes; producen diversos efectos caloríficos y mecánicos, y á su choque contra las paredes del tubo se deben los efectos luminosos producidos. Son los rayos catódicos.

En presencia de fenómenos nuevos era natural que Crookes procurara darse cuenta de ellos, y para explicarlos ideó la famosa y hoy abandonada teoría de la "materia radiante," según la cual en un medio enrarecido como el del tubo que lleva su nombre, "siendo relativamente tan grande el intervalo que separa á dos moléculas una de otra, y pudiendo éstas seguir sin "obstáculos sus movimientos y leyes propias," la materia se presenta en un cuarto estado que él llama "radiante," y que está tan alejado del estado gaseoso, como éste lo está del líquido.

En esas circunstancias, según Crookes, bajo el influjo de la corriente eléctrica, las moléculas se animan de movimientos rapidísimos de atracción y de repulsión, dando lugar á verdaderos "bombardeos moleculares," que se manifiestan á nuestra vista por los más interesantes fenómenos luminosos.

Esa ingeniosa teoría ha sido abandonada porque Goldstein, Hertz, Wiedeman, Ebert, Jauman, y sobre todo, el físico húngaro Lenard, demostraron su inexactitud con curiosísimas experiencias, debiéndose, sobre todo al último, la demostración de que los rayos catódicos, confinados hasta entonces en el interior de los tubos de Crookes, salían de ellos y producían sus curiosos efectos en la atmósfera, en la cual no son la prolongación directa del efluvio interior, sino que se esparcen como en un medio difundente á semejanza de lo que acontece en el humo con los rayos luminosos.

Demostró igualmente, además, colocando un diafragma delgado de aluminio en uno de los extremos del tubo de Crookes, que los rayos catódicos se escapaban á través de esa prisión metálica y manifestaban su presencia en el exterior iluminando con extraordinario brillo las substancias fosforescentes.

Faltó, pues, muy poco para que el sabio físico Lenard hubiera llegado á las sorprendentes experiencias del Profesor Röntgen, quien á diferencia del primero, se preocupó menos de la observación de los rayos catódicos á su salida á través del diafragma metálico, que del estudio, que le absorbió por completo, de los fenómenos

de transmisión á través de los cuerpos opacos en general.

Röntgen no llegó por supuesto á su famoso descubrimiento á consecuencia del azar, y no habrían llegado de seguro sus experimentos á llamar la atención del mundo sabio, como justamente ha sucedido, si no hubiera reunido en sus estudios, á las cualidades del observador ilustrado la perfecta sagacidad del investigador científico.

En su laboratorio de Wurtzbourg, el profesor de física procedía, por medio del conocido tubo de Crookes atravesado por la corriente eléctrica producida por un fuerte carrete de inducción, á estudiar una vez más las admirables propiedades de los rayos catódicos, y con tal objeto había instalado una pantalla cubierta de platino-cianuro de bario, que, como se sabe, bajo la influencia de los rayos catódicos, produce siempre una fosforescencia brillante.

Ahora bien, deseando impedir que los rayos catódicos llegaran á la pantalla sensible, cubrió con un estuche de cartón el tubo de Crookes, y á pesar de la opacidad del obstáculo para la luz, la pantalla continuó iluminada con una viva fosforescencia, demostrándose así que seguía ejerciéndose en ella la acción de radiaciones invisibles y capaces de atravesar el cartón. Experiencias

sucesivas ejecutadas interponiendo entre el tubo generador de los rayos y la pantalla nuevos cuerpos opacos, como el papel, la madera y láminas delgadas de aluminio, demostraron con toda claridad la transparencia de esos cuerpos, y otros ensayos llevados á cabo con láminas metálicas de mayor espesor, establecieron también que si hay objetos permeables para los rayos de que se trata, hay otros que son para ellos absolutamente opacos.

Una vez conquistadas estas verdades, Röntgen substituyó la pantalla cubierta con el platino-cianuro de bario, por una placa sensibilizada, teniendo el gusto de verla rápidamente impresionada por las radiaciones que se escapaban del tubo de Crookes.

Y como por experiencias posteriores estableció que son diferentes de los rayos catódicos, llamólas después rayos X, y fundándose en la transparencia de unos cuerpos y en que hay otros que ofrecen una barrera infranqueable á las radiaciones que estudiaba, discurrió que colocando estos últimos delante de la placa fotográfica é impidiendo ellos así que llegara á la placa una parte de los rayos que ejercían su acción química sobre ella, se llegaría á obtener la silueta de los objetos interpuestos.

Estas previsiones se realizaron del modo más

completo, pues habiendo colocado una cajita de madera con dos piezas metálicas en su interior, entre el tubo de Crookes y la placa sensibilizada cubierta por varios dobleces de papel negro para evitar la acción de la luz, después de algún tiempo de exposición, al salir del baño revelador, la placa ofreció una imagen bastante clara de las dos piezas metálicas.

Tuvo entonces la idea de repetir la misma operación, colocando entre el tubo y la placa la mano de un sér viviente, y el resultado que ya todos conocen, fué la imagen del esqueleto de aquella mano.

Tal fué el descubrimiento de Roentgen, que por tocar en parte á lo misterioso y á lo desconocido, y atraer por ello poderosamente la atención del hombre, llegó en muy pocas horas á una celebridad universal, señalando nuevos y vastos horizontes al estudio y á la investigación de los sabios para el mayor perfeccionamiento de las ciencias.

Hasta ahora y después del descubrimiento del teléfono y del fonógrafo, ninguna conquista de la investigación científica había despertado tanto interés y producido tan gran apasionamiento en el mundo entero, y con razón; porque no sólo se trata de una experiencia curiosísima y susceptible de numerosas y útiles aplicacio-

nes, sino de la clara y admirable demostración de la existencia de modalidades de la energía, distintas de las ya conocidas.

Ahora bien, según Roentgen, los ragos X se deben á "vibraciones longitudinales del éter," en tanto que Poincaré cree que constituyen "un agente nuevo, tanto como lo era la electricidad en tiempo de Gilbert y el galvanismo en "tiempo de Volta." En Inglaterra los partidarios que hay allí todavía de la teoría de Crookes, juzgan que son causados por el movimiento de las moléculas, mientras otros sabios opinan que son producidos por vibraciones transversales extremadamente cortas del éter, y que por lo mismo son rayos ultra-ultra-violetas.

Según Henry Dufour, profesor en Suiza, los rayos X tienen un origen eléctrico, en tanto que Zenger, Director del Observatorio de Astronomía física de Praga, niega su existencia y cree que las imágenes obtenidas se deben á "un fenómeno de inducción eléctrica que produce la "fosforescencia de la gelatina, y al mismo tiempo la descarga eléctrica en las placas sensibles "y la fluorescencia del aire ambiente."

Está, pues, muy lejos de ser precisada con exactitud la verdadera naturaleza de los rayos X, habiendo menos vacilación entre los sabios en cuanto á su origen, que según Roentgen, es la envoltura misma del tubo de Crookes.

Los rayos catódicos producidos en el interior del tubo, al chocar con la pared de éste, le comunican cierta fluorescencia, y en ese momento la pared se convierte en "centro de radiación," emitiendo por una parte ondulaciones percibidas á la simple vista como una luz amarill-verdosa, que ilumina todo el aparato, y por la otra los rayos X.

Sin embargo, según el profesor holandés Heen, tanto los rayos X como los catódicos, emanarían del anodo, es decir, del polo positivo del tubo, y serían, por tanto, "rayos anódicos," mientras que la opinión de Girard, Director del laboratorio municipal de Paris, apoyada en la experiencia que al efecto realizó, es la de que "los rayos X nacen simultáneamente en el anodo y en el catodo."

El Profesor Perrin, por último, ha demostrado que la opinión de Roentgen es la exacta, y que los rayos X no emanan directamente de los electrodos, sino de las regiones, cualesquiera que sean, anodos alguna vez, en que los rayos catódicos chocan contra la pared del tubo.

Tanto por los ingeniosos experimentos de Roentgen cuanto por los de Perrin, se ha llegado á la demostración de que los rayos X no son reflejados, no se refractan y no son desviados por el imán, lo que principalmente los diferen-

cia de los catódicos, en los que el campo magnético ejerce una influencia notable.—Son menos absorbidos por el aire que los del catodo, no suministran franjas de difracción, no se polarizan, y aunque según Lafay, si se les hace atravesar un medio electrizado, al mismo tiempo que obra sobre ellos un campo magnético poderoso, se logra desviarlos del mismo modo que á los rayos catódicos, esta experiencia excepcional, en vez de invalidar, parece que más bien confirma las demostraciones de Roentgen y de Perrin.

Estos mismos dos sabios han establecido por medio de numerosos experimentos, en cuanto á la transparencia de los diversos cuerpos para los rayos X, que la madera, el papel, la cera, la parafina y el agua son muy transparentes, sin dejar por ello de ser notable la influencia del espesor. En orden de creciente opacidad se presentan en seguida el carbón, el hueso, el marfil, el espato calizo, el vidrio, el cuarzo (paralelo ó perpendicular al eje), la sal gema, el azufre, el hierro, el acero, el cobre, el latón, el mercurio y el plomo. Según Meslans, el diamante, la grafito, la antracita y el carbón de azúcar, muy transparentes, dan una imagen débil, de tonalidad semejante á la de la madera ó de la parafina, en igualdad de espesor, mientras que el

azufre, el selenio, el fósforo y el yodo dan imágenes muy vigorosas, que denotan una gran opacidad.

Las materias orgánicas, los éteres, ácidos y cuerpos azoados se dejan fácilmente atravesar por los rayos X, y producen por lo mismo una imagen apenas visible, pero si se introduce en el cuerpo orgánico un elemento mineral como yodo, cloro, fósforo, etc., se obtiene una gran opacidad. El iodoformo es muy opaco, mientras que los alcaloides, el ácido pícrico, la fuschina y la urea son muy transparentes, y las sales metálicas tienen una gran opacidad, variable con el ácido y el metal.

Las soluciones de bromuro de potasio, de cloruro de antimonio, de bicromato de potasa, según Bleunard y Labesse, ofrecen una notable resistencia, mientras que las soluciones de borato de sosa y de permanganato de potasa la presentan mucho menor al paso de los rayos X, pudiendo decirse en general que "la opacidad de los cuerpos, para dichos rayos, en las soluciones salinas, parece crecer con los pesos atómicos del metal y del metaloide."

Esto en cuanto al origen, naturaleza y propiedades principales de los rayos X, y en lo que se refiere al modo de repetir las experiencias de Röntgen, nada más sencillo. Un tubo de

Crookes; un carrito de Ruhmkorff; una batería de bicromato y una placa fotográfica con una envoltura impermeable á la luz ordinaria, entre la cual y el tubo de Crookes debe colocarse el objeto cuya imagen se desea obtener. Con esos elementos sencillísimos, los Profesores Fernando Ferrari y Roberto Jofre han obtenido entre nosotros las imágenes que me han hecho favor de facilitarme, y tengo el gusto de mostrar á vdes., de la mano del Dr. Jofre, de unas píldoras en el interior de una caja, de la grafito de un lápiz y de los cerillos encerrados en la caja respectiva.

Según los diversos profesores, varían mucho las formas y las dimensiones de los tubos.—Röntgen los ha adoptado piriformes, y Seguy los recomienda de forma esférica; y en cuanto á las dimensiones, son por lo común considerables, porque á consecuencia del uso va haciéndose el vacío cada vez más imperfecto, ya porque los electrodos abandonen alguna burbuja gaseosa contenida en su masa, ó ya porque á consecuencia de que el tubo de vidrio se calienta extraordinariamente, lleguen á hacerse algunos pequeños agujeros en los puntos de sus paredes en que chocan con ellas los rayos catódicos.

Pero de esas grandes dimensiones de los tubos resultan, según Colardeau, grandes incon-

venientes para la claridad de las imágenes, habiendo llegado á demostrar que para que los tubos de Crookes den siluetas bien precisas y con la penumbra más reducida posible, es necesario que el catodo plano sea de dimensiones reducidas; que el haz de rayos catódicos que se escapan de él, normalmente á su superficie, sea cortado por la pared del tubo lo más cerca posible del catodo, y que éste tenga sensiblemente el mismo diámetro que el tubo, con lo cual se logra concentrar la emisión de los rayos en la cara del catodo vuelta hacia el anodo.—En virtud de estas consideraciones, Colardeau ha modificado ventajosamente la forma y dimensiones de los tubos, dando al suyo la forma cilíndrica, y para evitar la alteración rápida del grado de vacío, le suelda lateralmente una ampolla bastante voluminosa.

La precisión de las imágenes obtenidas con el tubo Colardeau, es verdaderamente notable, y puede verse y compararse con las que produce un tubo ordinario de Crookes, en el número correspondiente al 30 de Mayo de este año (1896), del periódico científico é ilustrado *La Nature*.

Para reducir el tiempo de la exposición ha ideado el Profesor Henry cubrir el objeto cuya imagen se busca, con una capa de sulfuro de zinc fosforescente que, como todos los cuerpos en

ese estado, emite radiaciones capaces de influir sobre la placa sensible, y da mayor intensidad á la acción de los rayos X.

Y llego ahora á la parte para mí más interesante del estudio de ellos, á la indicación somera de sus interesantes aplicaciones.

Tan pronto como se conoció el descubrimiento, los Dres. Oudin, Barthelemy y Lannelongue sujetaron al método Röntgen piezas anatómicas y miembros humanos con lesiones huesosas, y obtuvieron con bastante claridad en la imagen la revelación de esas lesiones.

En la medicina y la cirugía están llamados los rayos X á prestar servicios de la mayor importancia. Descubrir la presencia y posición de una bala ó cualquier otro cuerpo extraño en los tejidos; estudiar las lesiones de los huesos; establecer en una anquilosis la parte del hueso y la de los ligamentos; examinar una osteitis; percibir el número, dimensiones y posición de los cálculos; convencerse de la presencia de la tuberculosis en los huesos, y, en los casos difíciles, precisar la posición del feto en la mujer.

Empleando soluciones salinas apropiadas, ir aún más allá, y por medio de una inyección de sulfato de quinina obtener una imagen bastante clara de un estrechamiento del canal de la uretra, y más tarde y aunque con mayor dificultad,

llegar también, con alguna otra solución, á producir, por ejemplo, la imagen del sistema arterial de la mano.

Y con la habilidad cada vez mayor en la ejecución de los experimentos y valiéndose del tubo Colardeau y del diafragma interpuesto por Imbert y Bertin, entre el tubo y el objeto que se quiere reproducir, todo lo cual conduce á la mayor claridad y precisión de las imágenes, aumentarán los descubrimientos de las aplicaciones útiles de los rayos X al progreso de la medicina y la cirugía.

En cuanto á las aplicaciones industriales, facilitarán indudablemente la determinación de muchos objetos, permitiendo comprobar su naturaleza y su homogeneidad, y en el análisis de las substancias alimenticias podrán, con su auxilio, descubrirse las falsificaciones más frecuentes, las que se efectúan con la adición de materias minerales.

En joyería podrán fácilmente, con ellos, distinguirse los diamantes verdaderos y los zafiros, rubíes, corundos, esmeraldas y topacios que son de gran transparencia para los rayos X, de las piedras falsas per bien ejecutadas que estén y que resultan casi ó completamente opacas.

Una nueva prueba de la legitimidad de las piedras preciosas se encontrará también inter-

poniéndolas entre el tubo de Crookes y una hoja de papel cubierta de platino-cianuro de bario. —Las piedras falsas proyectarán sombras sobre el papel.—Las verdaderas no.

Podrán con los rayos X descubrirse muy fácilmente los objetos explosivos que se oculten en cartas, libros ó cajas, evitándose así una multitud de desgracias y de crímenes, y en las oficinas de correos, cuando proceda, podrán con ellos cerciorarse de si van ó no dentro de las cartas los objetos que se indiquen, y será necesario, en materia de cartas, no emplear para escribirlas, tintas en cuya composición entren sales minerales, porque podrá obtenerse la imagen de lo escrito, si el sobre no es suficientemente grueso.

Por último, dejando para el fin la más curiosa aplicación de los rayos X, describiré el interesante aparato llamado Cryptoscopio, creado por el Profesor Salvioni. Consiste únicamente en un tubo de cartón, de diámetro bastante grande, al que se adapta como fondo una roldana de papel, cubierta en toda su superficie de platino-cianuro de bario, y con él pueden verse los objetos colocados detrás de una pantalla que los oculte. ¿Cómo? Muy sencillamente.

El objeto que se desea ver se coloca detrás de la pantalla, entre ésta y un tubo de Crookes, á

la acción de cuyos rayos X queda sometido, y el observador, provisto del Cryptoscopio, se coloca delante de la pantalla y fija la vista en la roldana de su aparato.

Los rayos X atraviesan la pantalla y ejercen su influencia sobre el platino-cianuro de bario de la roldana, haciéndolo fosforescente y luminoso en toda su extensión, menos en la parte de ella en que se proyecta en sombra la imagen del objeto que ha interceptado algunos de los rayos Röntgen. Nada más sencillo, más cómodo, ni más práctico.

El Fluoroscopio, otro interesantísimo aparato, está constituido por una placa de vidrio ó de cartón, cubierta de platino-cianuro de bario, que se coloca delante y á cierta distancia de un tubo de Crookes, separándola de él por medio de un lienzo negro inmediato al tubo. Los objetos que se interpongan entre el lienzo y el tubo se proyectan en sombra sobre la placa luminosa y pueden ser vistos por muchos espectadores á la vez.

¿No habrá más aplicaciones de los rayos Röntgen? ¿No se aplicarán con utilidad en los análisis químicos, la mineralogía y el estudio de las rocas en láminas delgadas? Es de esperarse que sí. Del mismo modo que los diversos rayos del espectro solar gozan de propiedades

diferentes los unos de los otros, es probable que estudiando más á fondo el haz de rayos Röntgen y el cortejo de radiaciones todavía desconocidas de que forman parte, se perciban las diferencias, se noten sus propiedades variadas, y haciendo una cuidadosa selección de todos ellos, se lleguen á multiplicar las aplicaciones interesantes, útiles y curiosas de tan gran descubrimiento.

Y en ésta como en todas las investigaciones científicas, en los inventos todos, sería de desear que llegara á unificarse en lo posible la dirección de los esfuerzos individuales.

Millares de hombres trabajan constantemente en el mundo entero, con absoluta independencia los unos de los otros, sin relaciones entre sí, y persiguiendo cada cual con verdadero encarnizamiento la solución del problema científico que más ha llamado su atención.

Sistemar las investigaciones; utilizar para ello la cooperación; crear una gran asociación de los pensadores que trabajan ahora aislados en todos los países, y asentar sobre bases científicas los esfuerzos de los inventores y el arte de los descubrimientos, tal será el grandioso trabajo de las generaciones futuras, á cuyo mejor éxito, puesto que las especulaciones científicas facilitan sus trabajos, han de contribuir los invento-