

CONFERENCIAS DADAS EN EL CENTRO DE INTERCAMBIO
INTELLECTUAL GERMANO-ESPAÑOL

SERIE SEGUNDA

II

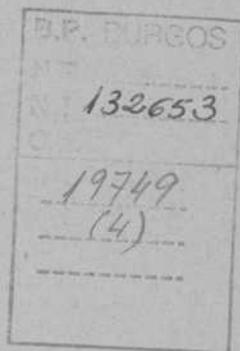
NATURALEZA DE LOS RAYOS X
Y SUS APLICACIONES
MEDICAS

POR EL

DR. SEBASTIAN RECASENS Y GIROL



MADRID
1927



El «Centro de Intercambio Intelectual Germano-Español», abierto a todas las orientaciones que puedan aportar algo nuevo al vasto campo científico, se honra publicando las Conferencias en él pronunciadas.

En estas conferencias, como verá el que leyere, resplandece el criterio propio de las distinguidas personalidades intelectuales que a esta modesta cátedra nos trajeron su elocuencia y su saber.

A todos los disertantes nuestro cordial y efusivo testimonio de gratitud.

Asimismo, nuestras más rendidas gracias al señor D. Carlos Knappe, que ha sufragado los gastos de impresión de esta Conferencia.



SEÑORAS, SEÑORES:

El Centro de Intercambio Intelectual Germano-Español me ha invitado a dar una conferencia, cuyo enunciado es: «Naturaleza de los Rayos X y sus aplicaciones médicas.»

El Doctor Moldenhauer, en las frases que acaba de dirigirme, ha exagerado enormemente el valor de la conferencia que voy a dar, así como los méritos que me atribuye y que supone son mundialmente conocidos. Es cierto que la Berliner Medizinische Gesellschaft y la Berliner Gesellschaft für Geburtshilfe und Gynäkologie me nombraron hace dos años Miembro de Honor de las mismas; pero yo debo aceptar estos nombramientos más que como el reconocimiento de un mérito individual, como una manifestación de simpatía hacia nuestro país, que la Ciencia Médico-Alemana quiso hacer ostensible en mi persona.

Yo no puedo menos de recordar el acogimiento cordial y cariñoso que nos han dispensado los alemanes a cuantos Profesores españoles hemos convivido tiempo más o menos largo con los hombres de ciencia de Alemania. Manifestaciones de simpatía y afecto se han demostrado asimismo en España, en justa reciprocidad, cuando la estancia de Profesores alemanes en nuestro país ha permitido que correspondiéramos efusivamente a sus visitas. El Centro de Intercambio Intelectual aquí constituido representa el afán de estrechar más y más las relaciones culturales que existen entre ambos países. Los



médicos son tal vez los intelectuales que han tomado parte más activa en el intercambio de relaciones culturales entre estos dos países; ello depende en gran parte del entusiasmo que todos los médicos españoles sienten hacia los procedimientos de investigación puestos allí en gran actividad, como resultante de su amor al estudio, su afán por el trabajo y la gran atención que en el sentido espiritual despierta en aquel país la investigación de los grandes problemas de naturaleza biológica.

Para ocupar esta tribuna, se me dejó libre elección de tema, y escogí el de la «Naturaleza de los Rayos X», por ser alemán quien los descubrió, rindiendo así un tributo de admiración al sabio de Würzburg que con su descubrimiento ha provocado tan diversos caminos de investigación, que han modificado en su esencia lo que hasta hace poco era considerado como fundamental en la Físico-Química.

Al abordar el desarrollo de este tema, me encuentro cohibido por no saber de modo exacto en qué punto colocarme: Si desarrollo el tema en un plan muy superior, habrá muchos que no podrán entenderme; mas si me coloco en un plano inferior, muy elemental, tendré que decir cosas tan vulgares, que tal vez ustedes, por lo excesivamente conocidas, encuentren inadecuadas en esta conferencia; confío que sabréis perdonarme, los que por saber mucho de Físico-Química tenéis que encontrar mi conferencia excesivamente vulgar, así como también solicito indulgencia de aquellos que por no haberse dedicado a estudios de esta naturaleza, encuentren la disertación un tanto oscura. He de procurar, sin embargo, quedar en un término medio, haciendo la disertación con la mayor claridad posible, ayudándome en algunos casos de demostraciones prácticas.

NATURALEZA DE LOS RAYOS X

Fueron estos rayos denominados con la letra X, porque Roentgen, al descubrirlos, no pudiendo dar explicación alguna de su naturaleza, dejó a los otros investigadores que les denominaran con el nombre más apropiado, ya que él, con una modestia verdaderamente elogiosa, no se atrevió a bautizarlos.

Al descubrir la existencia de unos rayos para los cuales no existe la opacidad de ciertos cuerpos, en el sentido que hasta entonces tenía esta palabra, fué su sorpresa inmensa; la madera, el cuerpo humano, eran penetrados por la luz de estos rayos incalificados; el nombre de Rayos X va desapareciendo de la terminología médica, porque, haciendo justicia a los méritos del sabio alemán descubridor de los mismos, les señala de un modo general con el nombre de Rayos Roentgen. Este nombre pasará seguramente a la inmortalidad, ya que la trascendencia del descubrimiento no afecta única y exclusivamente a un problema de Física con aplicaciones médicas, sino que ha sido su estudio fuente de grandes investigaciones, que han transformado, como hemos dicho, de un modo completo, las bases fundamentales de la Físico-Química.

Han pasado sólo treinta y un años desde el notable descubrimiento de Roentgen, y difícil sería hallar en ramo alguno del saber humano algo que pudiera significar base de mayores investigaciones científicas. Para hablar de la naturaleza de los Rayos X, tendrán que perdonarme que haga una incursión en el terreno de la física elemental, que debiera ser conocida de todos los que han pasado algunos años dedicados al estudio, pero que, desgraciadamente, son en gran número los que no se han compenetrado de algunos de sus problemas.

Para hablar de «Naturaleza de los Rayos X», es preciso que hablemos de electricidad, y la pregunta que debe uno hacerse es: «¿Qué quiere decir la palabra electricidad?» Estamos muy lejos todavía de saber lo que esta palabra significa; conocemos su existencia, conocemos sus propiedades, todos los días se hacen nuevas aplicaciones de la misma y, sin embargo, su naturaleza fundamental está todavía por descubrir.

En el estado actual de nuestros conocimientos se admite que la electricidad está constituida por átomos de su naturaleza, y que éstos, denominados electrones, tienen una carga negativa; pero se habla asimismo de electricidad positiva, y en la época presente todavía no sabemos si verdaderamente existe el electrón de carga positiva o si la llamada carga positiva consiste en la ausencia absoluta de electricidad.

El electrón o átomo eléctrico se halla en todas partes; el Universo en su totalidad representa un conjunto de energías eléctricas,

y para comprender este concepto, preciso es que hablemos de cuál es el concepto que actualmente se tiene de la constitución de la materia, siguiendo el concepto que Bohr y Rutheford han dado respecto a la naturaleza eléctrica del átomo.

Hasta hace algún tiempo se consideraba el átomo como la última parte en que podía ser dividida la materia; a la reunión de átomos se denomina moléculas, y éstas, en agrupaciones distintas, llegan a formar los llamados cuerpos simples.

Los modernos estudios han demostrado que, lejos de ser el átomo la última división de la materia, éste forma una parte colosalmente grande, comparada con los distintos elementos constitutivos del mismo. Se considera en la actualidad el átomo como formado por un núcleo de carga eléctrica positiva, rodeado por un número variable de electrones, que en movimiento constante y eterno dan vueltas alrededor de aquél.

Los átomos de los diferentes cuerpos simples no se diferencian entre sí más que en el número de electrones que dan vueltas alrededor del núcleo positivo, y en la colocación de estos electrones, y desde el hidrógeno, que tiene sólo un electrón, hasta el uranio, que tiene noventa y dos, encuéntrase una escala de numeración ordenada, en la que sólo quedan cuatro vacíos por llenar; de manera que toda materia, así la viva como la muerta, se halla integrada por núcleos de electricidad positiva y por electrones que en movimiento eterno dan vueltas alrededor de los mismos.

Para formarse una idea clara de lo que puede significar la constitución atómica en la teoría de Bohr y Rutheford, podemos comparar el átomo a nuestro sistema planetario, en el que el Sol representa al núcleo positivo, en tanto que la Tierra, Marte, Neptuno, Urano, Saturno, Venus, representan electrones que dan vueltas, siguiendo una trayectoria elíptica o circular alrededor del astro central.

Dentro de nuestro sistema planetario, las distancias nos parecen verdaderamente inmensas, ya que la Tierra, siendo uno de los planetas que más cerca se halla del Sol, dista de éste 149 millones de kilómetros; pues considerando el átomo dentro de una composición análoga a la del sistema planetario, las distancias que existen entre electrones y núcleos positivos, representan espacios que en lo infinitamente pequeño pueden ser comparados con los infinitamente grandes de nuestro sistema planetario.

La relación existente entre la masa y el radio del núcleo positivo y la masa y radio del electrón, es de cifras tan sumamente pequeñas, que la imaginación se pierde dentro de su propia pequeñez.

Dice Graetz, que si comparamos el volumen del núcleo positivo del átomo de hidrógeno con el que representa toda la Tierra, cuyo radio es de 6.350 kilómetros, la del electrón que le circunda es sólo de un radio de 120 metros. La masa de un electrón es 1.835 veces menor que la masa de un átomo de hidrógeno, y siendo ésta igual a $1,64 \times 10$ elevado a menos 24, resulta que la masa de un electrón es igual

$$\frac{1,64 \times 10^{-24}}{1.835} = 8,9 \times 10^{-28}$$

La pequeñez del electrón casi no llega a concebirla la imaginación; guarda relación con el número, cuya cifra es verdaderamente asombrosa. Para que se den ustedes cuenta de lo que significa el número de átomos y, por consiguiente, el de electrones que existen en un reducidísimo espacio, voy a citar la parte de un discurso pronunciado por el Doctor Stock, Director del Kaiser-Wilhelms-Institut für Chemie, en la reunión que la Asociación para el Progreso de las Ciencias celebró hace algo más de dos años en Berlín. Decía el Profesor Stock: «En un centímetro cúbico de aire, hay treinta trillones de moléculas; cada molécula viene a estar representada por dos átomos, lo que hacen un total de sesenta trillones; un trillón es un millón de billones. La circunstancia especial por que ha pasado nuestra moneda, ha llegado a hacer tan familiar la palabra billón, que son muy pocos los que se dan cuenta de lo que esta palabra significa. Para dar una idea de ello diré que, teniendo en cuenta que el peso de un marco papel es el de medio gramo, un billón de marcos papel representa un peso de quinientas mil toneladas, que requerirían cincuenta mil vagones del ferrocarril para ser transportados; que teniendo en cuenta que la longitud es de nueve centímetros, si se colocaran, con la imaginación, un marco al lado de otro, formarían una línea de noventa millones de kilómetros de longitud, bastante más que la mitad de la distancia que va de la Tierra al Sol, que son ciento cuarenta y nueve millones de kilómetros, y que, siendo el espesor de esos papeles de 0,085 milímetros, colocados uno encima de otro formarían una columna de ochenta y cinco mil kilómetros de altura».

Ahora bien; los treinta trillones de moléculas que representa el centímetro cúbico de aire, da una idea de la inmensa cantidad de electrones que pueden existir en un centímetro cúbico de una materia en que, por su gran densidad, existe un número elevadísimo de electrones por cada átomo.

Las cifras casi fantásticas que mencionamos, parecen disquisiciones imaginativas; pero si tenemos en cuenta que los medios de que se valen los físicos para determinar estas cifras, son de tal naturaleza, que ellos concuerdan en los resultados, no podemos por menos de aceptar la veracidad de los mismos, tanto más si tenemos en cuenta lo que representan las distancias en el mundo sideral.

Se sabe que el Sol está a unos ciento cincuenta millones de kilómetros de distancia de la Tierra, y se sabe, asimismo, que su luz tarda en llegar a nosotros unos ocho minutos aproximadamente. La velocidad de la luz, como todos sabéis, es de trescientos mil kilómetros por segundo; ahora bien; la estrella más cerca a nosotros, que es la Centauri, está doscientas setenta mil veces más lejos de nosotros que el Sol, y su luz tarda 4,2 años en llegar a la Tierra. De la constelación que constituye el sistema galaico, o sea la Vía Láctea, tarda su luz trescientos años en llegar a la Tierra, y de la nube Magallánica, estudiada por Hertzsprung, está, según sus cálculos, a treinta y dos mil años luz de distancia, y se sobrecogen los espíritus al pensar que detrás de estos treinta y dos mil años habrá seguramente otras constelaciones que estén hasta el número infinito que nosotros no podemos comprender.

Si hemos de aceptar las cifras de lo inmensamente grande hasta llegar a un punto que se denomina el infinito, no tenemos medio de rehusar que en lo pequeño podamos llegar también a un infinito que la imaginación no puede ni definir ni analizar; nuestra inteligencia se pierde tanto en lo grande como en lo pequeño.

Lo pequeño representaba en un tiempo el átomo; hoy hablamos del electrón. ¿Qué es lo que nos va a reservar el mañana?

Si toda materia está constituida por una masa eléctrica equilibrada en sus cargas positivas y negativas por el átomo eléctrico o electrón, el Universo todo es posible que se rija por las leyes, aún no conocidas, de la energía eléctrica. El electrón no se halla quieto; el electrón tiene una energía cinética que alcanza a una tercera parte de la velocidad de la luz, y este movimiento constante, eterno, pudié-

ramos denominarlo, aceptando el sentido que de lo eterno tenemos en la actualidad, es el que rige los cambios constantes que pueden producirse en la constitución atómica de los cuerpos.

Los cuerpos simples no se diferencian los unos de los otros más que en el número y en la situación de los electrones y, por tanto, cuando un átomo pierde una carga positiva o negativa, se transforma en un átomo de otro cuerpo; las substancias radioactivas, en su continuo movimiento electrónico, han demostrado que aun los minerales poseen vida, con la única diferencia que así como en el reino animal se cuenta la vida por decenas de años, en el vegetal, por siglos; en el reino mineral, las transformaciones requieren millares y aun millones de años.

La energía de movimiento del electrón está demostrada por los fenómenos de interferencia. Lo que no sabemos, y es posible que no se sepa nunca, el por qué tienen esta energía de movimiento.

Se me dirá: ¿De dónde nace? ¡Ah! A esta pregunta sólo se puede contestar con otra, que es la de: ¿Quién hace mover la Tierra alrededor del Sol? ¿Quién hace que dentro de nuestro sistema planetario se muevan todos los astros con un movimiento regular, continuo y siguiendo cada uno su órbita determinada? Desde que el mundo es mundo, cada uno de los astros tiene su movimiento. ¿De dónde nace este movimiento? Seguramente del mismo poder que hace que estén dotados los electrones de su energía cinética.

Al llegar a este punto estoy viendo en vuestros rostros la pregunta: ¿A qué viene hablar de esto? ¿Qué tiene que ver la naturaleza de los Rayos X con este movimiento electrónico? Pues ella es la base de lo que voy a decir a continuación, que servirá para conocer de dónde proceden los Rayos X y cuál es su naturaleza.

Al pasar una corriente de alta tensión por el interior de un tubo en el que se ha hecho el vacío, se establece una corriente de electrones que desde el polo negativo o cátodo se dirige en línea recta a la parte opuesta de dicho polo; a este fascículo de electrones es al que se denomina corriente catódica.

En el tubo que aquí presento hay una crucecita de aluminio que, al interponerse en el curso de la corriente catódica, proyecta sobre el cristal la sombra de la misma, lo cual demuestra la dirección completamente rectilínea de los elementos que constituyen la corriente catódica.

El número de estos elementos se halla en proporción directa con la cantidad, o sea con la intensidad de la corriente eléctrica, y la velocidad de estos electrones se halla en proporción directa asimismo con la tensión de dicha corriente. Los electrones que constituyen la corriente catódica producen en los primitivos tubos de Rayos X, o sean tubos de un gas o aire a una milésima de atmósfera de presión, un proceso de ionización de este aire, es decir, una descomposición de los átomos del aire en elementos nucleares positivos y electrones o elementos atómicos de electricidad.

En los tubos modernos de cátodo incandescente, es decir, en aquellos en que el vacío es absoluto y que hay en el interior del tubo un filamento que se pone incandescente, los electrones proceden de este filamento metálico que, por el hecho de su incandescencia, desprende, según el grado de ésta, una cantidad mayor o menor de electrones; por ello se denominan térmicos.

La corriente catódica va siempre en línea recta, sea cual fuere el punto en que se coloque el ánodo, de manera que en un tubo, como el que aquí tengo el gusto de presentar a ustedes, en que estando el cátodo siempre en el mismo sitio y variando la situación del ánodo, la corriente catódica siempre sigue la línea recta perpendicular en absoluto al plano que constituye el cátodo.

La corriente electrónica de que estamos hablando es de naturaleza corpuscular y de carga negativa. En el tubo de Braun, que tengo el honor de presentarles aquí, se ve el punto luminoso donde va a parar el hacecillo catódico; se comprueba de qué manera al aproximarle el polo positivo de un imán, se acerca el rayo electrónico, mientras que al acercarle el polo negativo, se aleja; por la tan conocida ley de la electricidad que dice: que los elementos del mismo nombre se repelen, y los de nombre contrario, se atraen.

La desviación que el polo del imán produce sobre el hacecillo catódico, la determina asimismo la corriente eléctrica, atrayéndola o separándola, según se trate del polo positivo o del negativo, de la corriente la que se aproxime al hacecillo catódico.

Como quiera que el hacecillo catódico es atraído por el polo positivo, puede afirmarse categóricamente que la corriente catódica está constituida por corpúsculos eléctricos negativos. Una de las propiedades de la corriente catódica es la que determina la fluorescencia de los metales u otras sustancias sobre la que cae, y así vemos

cómo en un tubo conteniendo cloruro de litio se pone de un color azulado el sitio donde recae el hacecillo catódico; si es de rubidio, en rojo, y aun las mismas paredes del cristal toman un color verde, azul o quedan incoloras, según sea la clase de silicato de que está compuesto el tubo de cristal.

En la ampolla que tengo el gusto de presentar a ustedes existe un molinillo con aspas de aluminio, que en cuanto empieza la corriente catódica a producirse comienza a dar vueltas el molinillo, por el impulso de los electrones que chocan sobre las aspas, produciendo una velocidad que puede reputarse de vertiginosa.

Si la corriente catódica se proyecta durante un tiempo suficiente sobre un metal interpuesto en su camino, éste se pone al rojo, y si su temperatura de fusión no es muy elevada, se funde; de ahí que en los tubos de Rayos X, el metal que se interpone en el curso de la corriente catódica y que recibe el choque electrónico, es de una substancia que tiene un alto grado de fusión (el platino que funde a más de 1.500 grados o los que se utilizan para terapia profunda; el tungsteno, que funde a 3.650 grados). El choque electrónico determina una cantidad de calor que debe ser tenida en cuenta como un grado de degradación de energía eléctrica al medir el resultado que debemos obtener de una corriente.

Estas propiedades de la corriente catódica, son en realidad conocidas desde hace muchos años; son precisamente de Física que pudiéramos llamar elemental, pero que hace treinta y un años, estando trabajando con ellos y averiguando propiedades de esta corriente, fué cuando Roentgen descubrió que del choque de esta corriente electrónica contra un metal interpuesto en su camino, se producen aquellos rayos que atraviesan muchos cuerpos hasta entonces considerados opacos, que son los llamados por él Rayos X, y por nosotros rayos de Roentgen.

En resumen, podemos decir que los Rayos X no son más que el resultado del choque de la corriente electrónica que constituye el hacecillo catódico con un metal interpuesto en su camino; pero, ¿qué son éstos? ¿Son, asimismo, partículas resultantes de una división electrónica? No. El resultado del choque electrónico es un movimiento vibratorio del éter, análogo al que produce la luz visible en sus diferentes colores; análogo al de la telegrafía y telefonía sin

hilos y que se diferencia de ellos única y exclusivamente en su longitud de onda y en su frecuencia.

Los rayos de Roentgen no son corpusculares; no se desvían por la influencia magnética ni por la corriente eléctrica; es sólo un movimiento vibratorio del éter. Para comprender este movimiento, voy a valerme de un ejemplo, vulgar, pero al alcance de todo el mundo.

Si en las aguas tranquilas de un lago o de un estanque tiramos nosotros un trozo de madera, una piedra o disparamos un tiro, la madera, la piedra y la bala producen una sacudida en el agua, que se traduce por un movimiento ondulatorio de las mismas aguas, que va alejándose hasta perderse en la distancia. El movimiento vibratorio está en relación con la naturaleza y con la violencia del cuerpo que hemos lanzado a su superficie; la madera produce ondulaciones grandes, lentas, distanciadas las unas de las otras; la piedra se va al fondo, pero la ondulación determinada en las aguas de la superficie, es mucho menor que la de la madera, ondulación más corta y más frecuente; en tanto que la bala, que ha ido, asimismo, al fondo, apenas si permite ver el movimiento ondulatorio, aun cuando éste existe, por lo muy corta que es la ondulación y por la frecuencia que se suceden las unas a las otras.

La ondulación llega lejos del cuerpo que la ha determinado, bien en la superficie o en el fondo del punto que se ha proyectado; la naturaleza del cuerpo que se ha echado al agua no es en nada semejante al movimiento ondulatorio producido en el agua y, por consiguiente, siguiendo la comparación, diríamos que la madera, la piedra o la bala, son los electrones; elementos corpusculares que llegan al agua determinando una vibración. La naturaleza de ésta es completamente distinta de la naturaleza del cuerpo que se ha tirado al agua, poniéndola en movimiento; lo que varía extraordinariamente es la longitud y la frecuencia de la ondulación, pues ésta depende, como hemos dicho, de la velocidad que tienen dichos cuerpos, como si dijéramos, comparándolos con la corriente catódica, que guardan una relación directa con la tensión de la corriente eléctrica.

La naturaleza vibratoria de los Rayos X se demuestra por los fenómenos de interferencia y de difracción de que vamos a hablar inmediatamente.

Sabido es que en la luz visible, cuando un hacecillo atraviesa un enrejado óptico, los rayos experimentan una desviación que varía

según cual sea el color del hacecillo que atraviesa. El enrejado óptico que se utiliza para la luz visible tiene unas estrías de milésima de milímetro y como quiera que la luz roja, que es la que tiene más longitud de onda, y la violeta, que es la de onda más corta, tienen longitudes que se extienden desde 700 a 400 Ang., la desviación se observa claramente; pero como los Rayos X, aun los más blandos, tienen una longitud inferior a un Ang., o sea a una millonésima de milímetro, no se podía disponer de un enrejado óptico de estrías tan pequeñas, hasta que haciendo Laue aplicación de los conocimientos de la cristalografía, se le ocurrió emplear la disposición atómica de algunas sales cristalizadas, el cloruro de sodio, entre otras, como rejilla óptica; utilizando este descubrimiento de Laue, Friedrich y Knipping para la medición de los Rayos X, pudieron obtener un espectro en que se marcan las diferentes longitudes de onda que componen el fascículo de Rayos X, demostrándose que pueden obtenerse con velocidades electrónicas del fascículo catódico producidas por corrientes de cerca de 200.000 voltios, rayos de una longitud correspondiente a 0,016 Ang. El espectrógrafo de Seemann, con las modificaciones que otros físicos han introducido, permite la medición exacta de las longitudes de onda de los fascículos procedentes de la ampolla de Crookes.

La naturaleza vibratoria ha quedado con ello, no solamente demostrada, sino aun la variedad de los distintos rayos en relación siempre con la tensión eléctrica que determina el choque del haz catódico contra el anticátodo. El descubrimiento de Laue y las aplicaciones de Friedrich, les valió el Premio Nobel de Física hace algunos años, que como saben ustedes no se da más que a descubrimientos de gran valor positivo.

La relación existente entre la velocidad de los electrones que constituyen la corriente catódica y la dureza de los Rayos X producidos, está comprobada por todos los métodos de medición que utilizan los físicos. Siendo los Rayos X el resultado del choque de los electrones de la corriente catódica contra los átomos del metal de que está compuesto el anticátodo, se concibe que a una mayor velocidad, el choque debe ser mucho más violento.

Nos valdremos de un ejemplo vulgar, para hacer completamente comprensible este hecho.

Si representamos las corrientes catódicas por varias locomotoras,

tenemos unas dedicadas a arrastrar un tren de mercancías, otras un tren mixto, un correo, un rápido o un expres. Las velocidades adquiridas por estas máquinas, tienen una importancia considerable si se produce un choque por algo que se interponga en su camino. El choque de un tren de mercancías a una velocidad de quince o veinte kilómetros produce una serie de desperfectos de una importancia mucho menor que aquella que se produce en un tren de viajeros, correo o rápido. El resultado del choque, cuando la velocidad pasa de los 100 kilómetros por hora, es considerable si se compara con la que puede haberse producido cuando tiene velocidades inferiores a treinta o veinticinco kilómetros. El hecho del choque es el mismo, pero el resultado es altamente distinto en una proporción directa a la mayor velocidad de la máquina. En un choque de un tren express, cuando va a gran velocidad, los resultados son tan enormes que quedan los vagones reducidos a una masa informe de astillas.

Ahora bien; si aumentamos la tensión de la corriente eléctrica hasta dar una velocidad a la corriente catódica de la mitad o de los dos tercios de la luz, el resultado del choque con el anticátodo será tan considerable, que la vibración alcanzará una longitud de onda sólo de milésimas de Ang.; pero como quiera que no todos los electrones chocan a igual profundidad, ni chocan directamente con otro electrón, el resultado del choque no da lugar a vibraciones de la misma longitud, como no se destrozan de la misma manera las diferentes partes constitutivas de un tren, aun cuando todo él vaya a la misma velocidad.

El electrón que choca de lleno con otro electrón del metal del anticátodo, dará lugar a una onda de una pequeñísima longitud; pero aquel que choca sólo de refilón, dará una longitud de onda mayor y de ahí que el fascículo resultante del choque, sea muy heterogéneo, es decir, constituido por ondas de la más diversa longitud, que ya cuidará a su tiempo el médico que utilice estos rayos en convertirle en homogéneo.

En una conferencia elemental de la naturaleza de la que estoy dando, no cabe una exposición detallada de los múltiples problemas anejos a la demostración de la naturaleza vibratoria de los Rayos de Roentgen y de sus distintas longitudes. Baste con lo dicho para hacerse cargo de qué clase de elementos utiliza en la actualidad la

Medicina, no ya sólo como medio diagnóstico, sino con fines terapéuticos.

Desde luego debemos reconocer que no es sólo la Medicina a la que ha prestado grandes servicios el descubrimiento de Roentgen, ya que en el terreno especulativo y de la Ciencia pura tiene más importancia el cambio que en los problemas físico-químicos ha aportado este descubrimiento, que la utilización que bajo el punto de vista médico se hace del mismo; pero como quiera que en todos los asuntos cada uno cree lo más importante lo que le interesa directamente, y como dice nuestro gran novelista Pérez de Ayala, «nos creemos dentro de nuestro sentir el punto sobre el que gira todo el valor de las cosas», hablaremos aquí como médicos, enumerando algunas aplicaciones que en Medicina tienen los Rayos de Roentgen.

Dejemos también de lado la utilización que con fines industriales se ha hecho de este descubrimiento y las aplicaciones que en el análisis de algunas sustancias han hecho las más diversas industrias.

La primera aplicación que de los Rayos X se ha hecho en Medicina ha sido con fines diagnósticos: el reconocimiento de las fracturas óseas; la comprobación de la existencia de un cuerpo extraño que había penetrado en el cuerpo humano; el diagnóstico de luxaciones y la comprobación de la perfecta reducción de una de éstas o de una fractura, se utilizó desde los primeros tiempos del descubrimiento, ensanchándose de tal manera su campo de acción, que se ha llegado, no ya sólo al diagnóstico por radioscopia o por radiografía de las lesiones orgánicas: pulmón, estómago, hígado, etc., sino también a las perturbaciones funcionales de esófago, estómago, intestinos, riñón, etc.

Los primitivos procedimientos de diagnóstico radiográfico han alcanzado una perfección tal, que hoy es práctica corriente la de reconocer la existencia de un embarazo desde los cuatro meses, por medio de la radiografía; reconocer lesiones peritoneales, ayudándose de la inyección de aire dentro de la cavidad del peritoneo, para hacer más visibles los contornos orgánicos; el de inyectar en la pelvis renal líquidos que no permitan el paso de los Rayos X, para comprobar la permeabilidad uretérica y la existencia de divertículos en el aparato urinario; la inyección de lipiodol en la cavidad del útero, para reconocer la permeabilidad de las trompas, llegándose en los perfeccionamientos diagnósticos por radiografía a un grado tal de preci-



sión que ya no se contenta el clínico con saber cuál es la disposición de un cuerpo extraño, sino que precisa su situación en términos exactos de profundidad en relación a la superficie del cuerpo.

El diagnóstico de lesiones cerebrales, de tumores hipofisarios, de afecciones inflamatorias de los senos faciales y de los alvéolos dentarios, es cosa de uso tan corriente, que casi no se concibe especialidad médica que no utilice los datos que puede suministrar la radiografía.

El diagnóstico de la vida o muerte del feto, colocado en el interior de la cavidad del vientre, así como la existencia de una gestación única o múltiple, es cosa que puede hacerse de una manera absoluta, mediante la aplicación de este medio diagnóstico, y son muchas las ocasiones que de estos diagnósticos precisos nacen indicaciones terapéuticas que pueden resultar curativas gracias a la precisión con que se ha establecido la naturaleza y grado de la lesión; pero esta terapéutica, deducida en algunas ocasiones del diagnóstico, no es la parte más importante de las aplicaciones médicas de los Rayos X; en donde tiene un papel de primer orden es en el tratamiento de algunas enfermedades, principalmente de índole neoplásica o tumoral, en que la curación puede obtenerse, bien por un mecanismo directo, o por un mecanismo indirecto.

El tratamiento del cáncer por medio de los Rayos X es una conquista indiscutible de los medios físicos aplicados a la terapéutica de esa enfermedad tan maligna cual es el cáncer.

No estamos todavía en el caso de poder obtener la curación en todos los casos, pero hay un tanto por ciento muy respetable en que la curación se obtiene utilizando la acción destructiva sobre las células del cáncer, que tienen una gran radio-sensibilidad.

Lo mismo que se habla del cáncer se puede hablar del sarcoma, en que puede asimismo obtenerse la curación por la acción directa de estos Rayos, y son muy de notar las brillantes estadísticas obtenidas: la curación de fibromas, produciendo la castración de Roentgen, o sea la anulación de la función ovárica por la destrucción de los elementos que componen la capa ovígena.

La curación de cierta clase de hemorragias de origen ovárico se obtiene asimismo por la acción directa de estos Rayos sobre las glándulas sexuales, existiendo asimismo otro tipo de hemorragias de origen endocrino que pueden curar con la radiación del bazo.

Más reciente que las aplicaciones de los Rayos de Roentgen al tratamiento de las neoplasias cancerosas y sarcomatosas es la de utilizar la acción excitante de la vitalidad celular que ejercen los Rayos X cuando se administran en dosis muy pequeñas; ocurre con los Rayos de Roentgen, al actuar sobre los tejidos, lo mismo que ocurre con ciertos medicamentos; la estricnina, por ejemplo, suministrada en dosis de un miligramo puede ser excitante de la actividad medular, en tanto que a dosis de diez o doce miligramos puede producir efectos mortales. Así también ocurre con los Rayos X cuando de tejidos vivos se trata; en pequeñas dosis, excitan la actividad de la célula; a grandes dosis, la destruyen.

Hemos ya dicho que el poder destructivo lo utilizamos de un modo directo o indirecto, cuando se trata de combatir ciertos procesos tumorales: cáncer, fibromas, sarcoma, etc. Debemos ahora mencionar las aplicaciones que las pequeñas dosis, llamadas por ello excitantes, se pueden hacer en algunos procesos como en el infatilismo genital por insuficiencia ovárica o hipofisaria; el del tiroides en casos de cretinismo y mixedema; el de la médula ósea en ciertos casos de leucopenia y, en general, en todos aquellos casos en que exista un desequilibrio endocrino con insuficiencia manifiesta de algunas de las glándulas de secreción interna.

El campo de acción en que se desenvuelve la Roentgenología en el terreno médico va ensanchándose de día en día, a medida que los perfeccionamientos de los aparatos productores de Rayos X y de los medios de medición de su potencia penetrante, así como del estudio de la acción compleja que en los distintos tejidos se producen por su acción, hace esperar que ha de aumentar de una manera considerable el beneficio que encuentra la Humanidad como resultado del descubrimiento de Roentgen.

Al dar por terminada esta conferencia no puedo por menos de rendir un homenaje de admiración al gran sabio alemán y dedicarle el aplauso que vuestra benevolencia habrá de tributar, aunque inmerecidamente, a mi modesta persona.

Primera serie de Conferencias editadas por el Centro de Intercambio Intelectual Germano-Español, Fortuny, 15, Madrid (4), donde pueden hacerse los pedidos, al precio de UNA peseta ejemplar.

- I. *Las supersticiones en el Quijote*, por el Excmo. Sr. D. Francisco Rodríguez Marín. (Agotada.)
- II. *Los archivos españoles y las investigaciones histórico-literarias*, por el Sr. D. Angel González Palencia. (Agotada.)
- III. *Contribución al estudio de las Bibliotecas públicas de España*, por el Sr. D. Vicente Castañeda y Alcover. (Agotada.)
- IV. *Imágenes de Madrid*, por el Sr. D. Pedro de Répide.
- V. *La vida de los escritorios españoles medievales*, por el R. P. Zacarías García Villada, S. J. (Agotada.)
- VI. *La colonización alemana de Sierra Morena*, por el Sr. D. Cayetano Alcázar Molina.
- VII. *El chascarrillo andaluz*, por el Excmo. Sr. Conde de las Navas.
- VIII. *La vida es sueño y los diez Segismundos de Calderón*, por la Excma. Sra. D.^a Blanca de los Ríos.
- IX. *Las jornadas de María de Hungría*, por la Sra. D.^a Mercedes Gaibrois de Ballesteros.
- X. *El arte alemán y los primitivos españoles*, por el Excmo. Sr. D. Elías Tormo. (En preparación.)
- XI. *Cómo concibo yo la finalidad del Hispanoamericanismo*, por el Excmo. Sr. D. Rafael Altamira.
- XII. *Poetas portugueses del siglo XIX: Antonio Nobre*, por el Sr. D. Alvaro de las Casas.

(4)

19743