



ISSN 1988-6047 DEP. LEGAL: GR 2922/2007 Nº 26 – ENERO 2010

“DESARROLLO TECNOLÓGICO EN LA HISTORIA DE LA HUMANIDAD: INVENTORES E INVENTOS. RÖNTGEN Y LOS RAYOS X”

AUTORÍA FRANCISCO M. PORCEL GRANADOS
TEMÁTICA TECNOLOGÍA
ETAPA E. SECUNDARIA

Resumen

Röntgen fue el descubridor de los rayos X. Dicho invento ha supuesto un gran avance tecnológico para la humanidad, concretamente en el campo de la medicina. Dicho avance ha supuesto una mejora en la adaptación del ser humano al medio en el que se desarrolla.

Palabras clave

- Röntgen
- Rayos X

1. EL INVENTOR:

Wilhelm Conrad Röntgen (Lenep; 27 de marzo de 1845 - 10 de febrero de 1923) fue un físico alemán, de la Universidad de Würzburg, que el 8 de noviembre de 1895 produjo radiación electromagnética en las longitudes de onda correspondiente a los actualmente llamados Rayos X.

El 5 de enero de 1896, un periódico austríaco informó que Röntgen había descubierto un nuevo tipo de radiación. Röntgen fue premiado con el grado honorario de Doctor en Medicina por la Universidad de Wurzburg después de que descubriera los Rayos X.

Gracias a su descubrimiento fue galardonado con el primer Premio Nobel de Física en 1901. El premio se concedió oficialmente: "en reconocimiento de los extraordinarios servicios que ha brindado para el descubrimiento de los notables rayos que llevan su nombre." Röntgen donó la recompensa monetaria a su universidad. De la misma forma que Pierre Curie haría varios años más tarde, rechazó registrar



ISSN 1988-6047 DEP. LEGAL: GR 2922/2007 Nº 26 – ENERO 2010

cualquier patente relacionada a su descubrimiento por razones éticas. Tampoco quiso que los rayos llevaran su nombre. Sin embargo en Alemania el procedimiento de la radiografía se llama "röntgen" debido al hecho de que los verbos alemanes tienen la desinencia "en".

También en su honor recibe tal nombre la unidad de medida de la exposición a la radiación, establecida en 1928: véase Roentgen (unidad).

Educación

Röntgen nació en marzo de 1845 en Lennep, Alemania, hijo de un tejedor. Su familia se mudó a los Países Bajos cuando él tenía tres años. Recibió su educación primaria en el Instituto de Martinus Herman van Doorn. Luego asistió a la Utrecht Technical School, desde donde fue expulsado por realizar una caricatura de uno de sus profesores, acto que negó cometer. (Ocaña Servín, Héctor y Humberto Pinzón Poot. Los Rayos X y el doctor Roentgen. -- En: Vanguardia Médica Vol. 5 año 5 agosto - octubre de 2008. p.p. 30-33).

En 1865, asistió a la Universidad de Utrecht. Luego fue admitido a los estudios en la Escuela Politécnica Federal de Zúrich para estudiar ingeniería mecánica sin tener el título de ingreso de bachiller. En 1869, obtuvo el doctorado por la Universidad de Zúrich.

Carrera

En 1874 se transformó en conferencista en la Universidad de Estrasburgo y en 1875 llegó a ser profesor de la Academia de Agricultura de Hohenheim, Wurtemberg. En 1876, retornó a Estrasburgo como profesor de Física y en 1879, llegó a ser el jefe del departamento de física de la Universidad de Giessen. En 1888, se transformó en el físico jefe de la Universidad de Würzburg y en 1900 en el físico jefe de la Universidad de Múnich, por petición especial del gobierno de Baviera. Aquí permanecería.

El 8 de noviembre de 1895 descubre los rayos X, ganando el premio Nobel en el año 1901. Los rayos X se comienzan a aplicar en todos los campos de la medicina entre ellos el urológico. Al año del primer informe de Roentgen se habían escrito 49 libros y más de 1.200 artículos en revistas científicas. Posteriormente Guyon, McIntyre y Swain utilizaron la radiología para el diagnóstico de la enfermedad litíásica. Es uno de los puntos culminantes de la medicina de finales del siglo XIX, sobre el cual se basaron numerosos diagnósticos de entidades nosológicas hasta ése momento difíciles de diagnosticar.

2. EL INVENTO:

La denominación **rayos X** designa a una radiación electromagnética, invisible, capaz de atravesar cuerpos opacos y de impresionar las películas fotográficas. La longitud de onda está entre 10 a 0,1



ISSN 1988-6047 DEP. LEGAL: GR 2922/2007 N° 26 – ENERO 2010

nanómetros, correspondiendo a frecuencias en el rango de 30 a 3.000 PHz (de 50 a 5.000 veces la frecuencia de la luz visible).

Comenzó con Crookes en el siglo XIX. Estos experimentos, se desarrollaban en un tubo que contenía al vacío, y electrodos para que se generaran corrientes de alto voltaje. El lo llamó tubo de Crookes. Pues bien, este tubo al estar cerca de placas fotográficas, generaba en las mismas algunas imágenes ciertamente borrosas. Pero este físico inglés, no continuó investigando mayormente este efecto.

Es así, como Nikola Tesla en 1887, comenzó a estudiar este efecto creado por medio de los tubos de Crookes. Claro que tras su investigación, se dio cuenta de los peligros para los organismos biológicos de estas radiaciones y alertó a la comunidad científica.

Pero no hasta el 8 de noviembre de 1895 se descubren los rayos x; el físico Wilhelm Conrad Röntgen, realiza experimentos con los tubos de Hittorff-Crookes (o simplemente tubo de Crookes) y la bobina de Ruhmkorff, analizaba los rayos catódicos, para evitar la fluorescencia violeta, que producían los rayos catódicos en las paredes de un vidrio del tubo, crea un ambiente de oscuridad, cubre el tubo con una funda de cartón negro. Era tarde y al conectar su equipo por última vez se sorprendió al ver un débil resplandor amarillo-verdoso a lo lejos: sobre un banco próximo había un pequeño cartón con una solución de cristales de platino-cianuro de bario, observó que al apagar el tubo se oscurecía y al prenderlo se producía nuevamente, retiró más lejos el cartón y comprobó que la fluorescencia se seguía produciendo, repitió el experimento y sucedió lo mismo, los rayos creaban una radiación muy penetrante, pero invisible. Observó que los rayos atravesaban grandes capas de papel e incluso metales menos densos que el plomo.

En las siete semanas siguientes, estudió con gran rigor las características propiedades de estos nuevos y desconocidos rayos. Pensó en fotografiar este fenómeno y entonces fue cuando hizo un nuevo descubrimiento: las placas fotográficas que tenía en su caja estaban veladas. Intuyó la acción de estos rayos sobre la emulsión fotográfica y se dedicó a comprobarlo. Colocó una caja de madera con unas pesas sobre una placa fotográfica y el resultado fue sorprendente al impresionarse la imagen de las pesas. Hizo varios experimentos con su brújula de bolsillo, el cañón de la escopeta. Para comprobar la distancia y el alcance de los rayos, pasó al cuarto de al lado, cerró la puerta y colocó una placa fotográfica. Obtuvo la imagen de la moldura, el gozne de la puerta e incluso los trazos de la brocha. Cien años después ninguna de sus investigaciones ha sido considerada como equivocada. El 22 de diciembre, un día memorable, al no poder manejar al mismo tiempo su carrete, la placa fotográfica de cristal y colocar su mano sobre ella, le pide a su esposa que coloque la mano sobre la placa durante quince minutos. Al revelar la placa de cristal apareció la mano de Berta, la primera imagen radiográfica del cuerpo humano. Así nace una de las ramas más poderosas y excitantes de la Medicina: la Radiología.

El descubridor de estos tipos de rayos le colocó el nombre de "rayos incógnita" o lo que es lo mismo: "rayos X" porque no sabía que eran, ni cómo eran provocados, y porque esto significa



ISSN 1988-6047 DEP. LEGAL: GR 2922/2007 Nº 26 – ENERO 2010

"desconocido", dándole mayor sentido que cualquier otro nombre, por lo que muchos años después se decidió que conservara ese nombre.

La noticia del descubrimiento de los rayos "x" se divulgó con increíble rapidez en el mundo. Roentgen fue objeto de múltiples reconocimientos, el emperador Guillermo II de Alemania le concedió la Orden de la Corona, fue honrado con la medalla Rumford de la Real Sociedad de Londres en 1896, con la medalla Barnard de la Universidad de Columbia y con el premio Nobel de Física en 1901.

El descubrimiento de los rayos "X", fue el producto de la investigación, experimentación y no por accidente como algunos autores afirman; W.C. Roentgen, hombre de ciencia, agudo observador, investiga los detalles más mínimos, por eso tuvo éxito donde los demás fracasaron. Este genio no quiso patentar su descubrimiento cuando Thomas Alva Edison se lo propuso, manifestando que lo legaba para beneficio de la humanidad.

Definición

Los rayos X son una radiación electromagnética de la misma naturaleza que las ondas de radio, las ondas de microondas, los rayos infrarrojos, la luz visible, los rayos ultravioleta y los rayos gamma. La diferencia fundamental con los rayos gamma es su origen: los rayos gamma son radiaciones de origen nuclear que se producen por la desexcitación de un nucleón de un nivel excitado a otro de menor energía y en la desintegración de isótopos radiactivos, mientras que los **rayos X** surgen de fenómenos extranucleares, a nivel de la órbita electrónica, fundamentalmente producidos por desaceleración de electrones. La energía de los rayos X en general se encuentra entre la radiación ultravioleta y los rayos gamma producidos naturalmente. Los rayos X son una radiación ionizante porque al interaccionar con la materia produce la ionización de los átomos de la misma, es decir, origina partículas con carga (iones).

Producción de rayos X

Los rayos X son producto de la desaceleración rápida de electrones muy energéticos (del orden 1000eV) al chocar con un blanco metálico. Según la mecánica clásica, una carga acelerada emite radiación electromagnética, de este modo, el choque produce un espectro continuo de rayos X (a partir de cierta longitud de onda mínima). Sin embargo experimentalmente, además de este espectro continuo, se encuentran líneas características para cada material. Estos espectros —continuo y característico— se estudiarán más en detalle a continuación.

La producción de rayos X se da en un tubo de rayos X que puede variar dependiendo de la fuente de electrones y puede ser de dos clases: tubos con filamento o tubos con gas.

El tubo con filamento es un tubo de vidrio al vacío en el cual se encuentran dos electrodos en sus extremos. El cátodo es un filamento caliente de tungsteno y el ánodo es un bloque de cobre en el cual



ISSN 1988-6047 DEP. LEGAL: GR 2922/2007 Nº 26 – ENERO 2010

esta inmerso el blanco. El ánodo es refrigerado continuamente mediante la circulación de agua, pues la energía de los electrones al ser golpeados con el blanco, es transformada en energía térmica en un gran porcentaje. Los electrones generados en el cátodo son enfocados hacia un punto en el blanco (que por lo general posee una inclinación de 45°) y producto de la colisión los rayos X son generados. Finalmente el tubo de rayos X posee una ventana la cual es transparente a este tipo de radiación elaborada en berilio, aluminio o mica.

El tubo con gas se encuentra a una presión de aproximadamente 0.01 mmHg y es controlada mediante una válvula; posee un cátodo de aluminio cóncavo, el cual permite enfocar los electrones y un ánodo. Las partículas ionizadas de nitrógeno y oxígeno, presentes en el tubo, son atraídas hacia el cátodo y ánodo. Los iones positivos son atraídos hacia el cátodo e inyectan electrones a este. Posteriormente los electrones son acelerados hacia el ánodo (que contiene al blanco) a altas energías para luego producir rayos X. El mecanismo de refrigeración y la ventana son los mismos que se encuentran en el tubo con filamento.

Los sistemas de detección más usuales son las películas fotográficas y los dispositivos de ionización.

La emulsión de las películas fotográficas varía dependiendo de la longitud de onda a la cual se quiera exponer. La sensibilidad de la película es determinada por el coeficiente de absorción másico y es restringida a un rango de líneas espectrales. La desventaja que presentan estas películas es, por su naturaleza granizada, la imposibilidad de un análisis detallado pues no permite una resolución grande.

Los dispositivos de ionización miden la cantidad de ionización de un gas producto de la interacción con rayos X. En una cámara de ionización, los iones negativos son atraídos hacia el ánodo y los iones positivos hacia el cátodo, generando corriente en un circuito externo. La relación entre la cantidad de corriente producida y la intensidad de la radiación son proporcionales, así que se puede realizar una estimación de la cantidad de fotones de rayos X por unidad de tiempo. Los contadores que utilizan este principio son el contador Geiger, el contador Proporcional y el contador de destellos. La diferencia entre ellos es la amplificación de la señal y la sensibilidad del detector.

Espectros

Espectro continuo

El tubo de **rayos X** está constituido por dos electrodos (cátodo y ánodo), una fuente de electrones (cátodo caliente) y un blanco. Los electrones se aceleran mediante una diferencia de potencial entre el cátodo y el ánodo. La radiación es producida justo en la zona de impacto de los electrones y se emite en todas direcciones.



ISSN 1988-6047 DEP. LEGAL: GR 2922/2007 Nº 26 – ENERO 2010

La energía adquirida por los electrones va a estar determinada por el voltaje aplicado entre los dos electrodos. Como la velocidad del electrón puede alcanzar velocidades de hasta $(1/3)c$ debemos considerar efectos relativistas.

Los diferentes electrones no chocan con el blanco de igual manera, así que este puede ceder su energía en una o en varias colisiones, produciendo un espectro continuo.

El punto de corte con el eje x de la gráfica de espectro continuo, es la longitud mínima que alcanza un fotón al ser acelerado a un voltaje determinado. Esto se puede explicar desde el punto de vista de que los electrones chocan y entregan toda su energía. La longitud de onda mínima esta dada por $\lambda = hc / eV$, la energía total emitida por segundo, es proporcional al área bajo la curva del espectro continuo, del número atómico (Z) del blanco y el número de electrones por segundo (i).

Espectro característico

Cuando los electrones que son acelerados en el tubo de rayos X poseen cierta energía crítica, pueden pasar cerca de una subcapa interna de los átomos que componen el blanco. Debido a la energía que recibe el electrón, este puede escapar del átomo, dejando al átomo en un estado supremamente excitado. Eventualmente, el átomo regresará a su estado de equilibrio emitiendo un conjunto de fotones de alta frecuencia, que corresponden al espectro de líneas de **rayos X**. Este indiscutiblemente va a depender de la composición del material en el cual incide el haz de **rayos X**, para el molibdeno, la gráfica del espectro continuo muestra dos picos correspondientes a la serie K del espectro de líneas, estas están superpuestas con el espectro continuo.

La intensidad de cualquier línea depende de la diferencia del voltaje aplicado (V) y el voltaje necesario para la excitación (V') a la correspondiente línea.

Para la difracción de rayos X, la serie K del material es la que usualmente se utiliza. Debido a que los experimentos usando esta técnica requieren luz monocromática, los electrones que son acelerados en el tubo de rayos X deben poseer energías por encima de 30 keV. Esto permite que el ancho de la línea K utilizada sea muy angosto (del orden de 0.001 Å). La relación entre la longitud de cualquier línea en particular y el número atómico del átomo esta dada por la Ley de Moseley

Interacción de los rayos X con la materia

Cuando los rayos X interactúan con la materia, estos pueden ser en parte absorbidos y en parte transmitidos. Esta característica es aprovechada en medicina al realizar radiografías.

La absorción de **rayos X** va a depender de la distancia que estos atraviesan y de su intensidad.



ISSN 1988-6047 DEP. LEGAL: GR 2922/2007 Nº 26 – ENERO 2010

Riesgos a la salud

La manera como la radiación afecta la salud depende del tamaño de la dosis de radiación. La exposición a las dosis bajas de rayos X a las que el ser humano se expone diariamente no es perjudicial. En cambio, sí se sabe que la exposición a cantidades masivas puede producir daños graves. Por lo tanto, es aconsejable no exponerse a más radiación ionizante que la necesaria.

La exposición a cantidades altas de rayos X puede producir efectos tales como quemaduras de la piel, caída del cabello, defectos de nacimiento, cáncer, retardo mental y la muerte. La dosis determina si un efecto se manifiesta y con qué severidad. La manifestación de efectos como quemaduras de la piel, caída del cabello, esterilidad, náuseas y cataratas, requiere que se exponga a una dosis mínima (la dosis umbral). Si se aumenta la dosis por encima de la dosis umbral el efecto es más grave. En grupos de personas expuestas a dosis bajas de radiación se ha observado un aumento de la presión psicológica. También se ha documentado alteración de las facultades mentales (síndrome del sistema nervioso central) en personas expuestas a miles de rads de radiación ionizante.

Aplicaciones

Médicas

Desde que Röntgen descubrió que los rayos X permiten captar estructuras óseas, se ha desarrollado la tecnología necesaria para su uso en medicina. La **radiología** es la especialidad médica que emplea la radiografía como ayuda de diagnóstico, en la práctica, el uso más extendido de los rayos X.

Los rayos X son especialmente útiles en la detección de enfermedades del esqueleto, aunque también se utilizan para diagnosticar enfermedades de los tejidos blandos, como la neumonía, cáncer de pulmón, edema pulmonar, abscesos.

En otros casos, el uso de rayos X resulta inútil, como por ejemplo en la observación del cerebro o los músculos. Las alternativas en estos casos incluyen la tomografía axial computarizada, la resonancia magnética o los ultrasonidos.

Los rayos X también se usan en procedimientos *en tiempo real*, tales como la angiografía, o en estudios de contraste.

Otras

Los rayos X pueden ser utilizados para explorar la estructura de la materia cristalina mediante experimentos de difracción de rayos X por ser su longitud de onda similar a la distancia entre los átomos de la red cristalina. La difracción de rayos X es una de las herramientas más útiles en el campo de la cristalografía.



ISSN 1988-6047 DEP. LEGAL: GR 2922/2007 Nº 26 – ENERO 2010

También puede utilizarse para determinar defectos en componentes técnicos, como tuberías, turbinas, motores, paredes, vigas, y en general casi cualquier elemento estructural. Aprovechando la característica de absorción/transmisión de los Rayos X, si aplicamos una fuente de Rayos X a uno de estos elementos, y este es completamente perfecto, el patrón de absorción/transmisión, será el mismo a lo largo de todo el componente, pero si tenemos defectos, tales como fisuras, pérdidas de espesor, inclusiones de material tendremos un patrón desigual.

Esta posibilidad permite tratar con todo tipo de materiales, incluso con compuestos, remitiéndonos a las fórmulas que tratan el coeficiente de absorción másico. La única limitación reside en la densidad del material a examinar. Para materiales más densos que el plomo no vamos a tener transmisión.

3. BIBLIOGRAFÍA.

- V.V.A.A. (2006). *Enciclopedia universal Larousse*. Barcelona: edit. Larousse.
- Norell, Elisabeth. (1999). *Los más grandes científicos e inventores*. Madrid: ediciones rueda.
- Cruz, Celso. (1943). *Los grandes inventores (Cadmio, Gutenberg, Galileo, Fulton, Stephenson, Morse, Montgolfier, Franklin, Daguerre, Watt, Volta, Graham Bell, Edison, Marconi, Roentgen, Tellier, Diesel, Lumiere, Otros Inventores)*. Buenos aires: atlántida.
 - Llano, Alberto. (1948). *Los heroes del progreso. Inventores e inventos*. Barcelona: ed. Seix barral.
 - R. Rovira. (1947). *Los grandes inventores modernos*. Barcelona: editorial difusion 2ª edic
 - Sprague de Camp (L.). (1967). *Grandes inventos y grandes inventores*. Buenos aires: editorial hobbs.
- V.V.A.A. (1983). *Inventos que cambiaron el mundo. El genio práctico del hombre a través de los tiempos*. Madrid: selecciones reader's digest.
 - Giménez, Manuel. (1989). *Grandes inventos y sus creadores*. Barcelona: edicomunicación.
 - Davies, Eryl. (1996). *Inventos*. Madrid: tiempo -gr. Enc.bols.
 - Morales, Juan José. (1977). *Ciencia realidad o imaginación. Hallazgos e inventos que desafían a la imaginación*. Argentina: ed. Dronte.

Autoría

- Nombre y Apellidos: Francisco M. Porcel Granados
- Centro, localidad, provincia: Málaga
- E-mail: fmporcel00@gmail.com