

EFEMÉRIDES

PREMIO NOBEL EN FÍSICA DE 1917.
SIR CHARLES GLOVER BARKLA

Este año se cumple el centenario de la entrega del Premio Nobel a Charles Glover Barkla. Me gustaría comenzar este breve artículo reseñando que en el año anterior 1916 no se hizo entrega del premio a nadie. Tras muchas investigaciones no he podido saber si esto se debió a que el comité de los nobel no encontró a nadie digno de recibir tal mención o si este no se entregó debido a la guerra que en esos momentos se estaba dando en toda Europa. Tratando de arrojar algo de luz sobre el asunto (cosa que no es sencilla con las fuentes de información habituales) fui a parar a un pequeño artículo del conocido autor de ciencia ficción Isaac Asimov titulado “El premio nobel que no fue”. En este artículo se comenta que en aquellos años el Premio Nobel estaba dominado por los descubrimientos que se hacían sobre los rayos X. Así en 1914 el premio nobel se concedió a von Laue, en 1915 a los Bragg y en 1917 al personaje del que nos ocuparemos en este artículo Charles Glover Barkla. Es por ello por lo que en el artículo se indica que en 1916



Figura 1. Charles Glover Barkla, ganador del premio nobel de Física en 1916. Fuente: https://www.nobelprize.org/nobel_prizes/physics/laureates/1917/barkla-bio.html.

el nobel habría sido concedido al Físico y Químico inglés Henry Moseley quien hizo también notables avances en el entendimiento de los rayos X. Sin embargo este premio nunca le fue concedido debido a su fallecimiento en la tristemente famosa batalla de Galipoli. Este fallecimiento es el que hizo que la academia dejase el premio desierto en 1916.

De hecho algunas otras fuentes indican que debido a la situación de guerra en Europa los miembros de la comisión del Premio Nobel pensaron dejar desierto el premio en el año 1917. Sin embargo, decidieron no hacerlo con la idea de no dejarlo desierto durante dos años seguidos. De hecho Charles Glover no recibió el premio correspondiente a 1917 hasta la entrega de los premios del año siguiente; es decir, que lo recibió en 1918.

Este premio tiene alguna sorpresa más. En el título de concesión del premio el jurado de los Nobel indicó que este se otorgaba por el descubrimiento de la radiación Röntgen característica de los elementos; cuando en realidad lo que se quería hacer referencia es a la huella característica electrónica que tiene cada uno de los elementos de la tabla y que viene determinada por su estructura electrónica.

Para entender de forma adecuada debemos empezar nuestra explicación sobre el premio de 1917 algo más de 20 años antes, en el año 1895. En este año se publicó un artículo revolucionario debido a Wilhelm Röntgen que se titulaba “Über eine neue Art von Strahlen” que no es sino “Sobre un nuevo tipo de rayos”.

Apenas dos años después el físico francés Georges Sagnac demostró que al hacer incidir rayos X sobre diferentes sustancias esta reaccionaba emitiendo dos tipos de rayos a los que denominó radiación primaria y radiación secundaria. Aunque ambos tipos de radiación se debían a la iluminación de la sustancia por los rayos X uno de ellos (el haz primario) correlacionaba más con el haz de rayos incidente que el otro (haz secundario). Este efecto recibió el nombre de efecto Sagnac [1]. Lo más llamativo de este efecto es que se producía en todas las sustancias sin importar si su estado era sólido, líquido o gaseoso; y se producía de forma especialmente importante en sustancias formadas por átomos pesados. De hecho Sagnac demostró algo más: la radiación se-

cundaria parecía estar formada por distintos tipos de radiación y no solo por uno como cabía prever de acuerdo a las leyes físicas conocidas en ese momento. Parece obvio que este problema despertó la curiosidad de muchos científicos por lo que hubo una gran cantidad de gente que se puso a investigarlo.

Al poco tiempo se descubrió que dicha radiación secundaria estaba formada por electrones: es decir, que al hacer incidir rayos X sobre la materia de esta se eyectaba un haz de electrones. El efecto que se producía se entiende de forma muy sencilla hoy en día: cuando los rayos X inciden sobre la substancia algunos de los electrones que la forman absorben su energía y pasan a tener una energía cinética tan grande que les permite romper los enlaces que tienen con los iones que los rodean. Si la energía es lo suficientemente grande algunos (por no decir muchos) de ellos son capaces de liberarse de la materia que les rodea y escapan. Escapar en este contexto significa que son emitidos y que forman haces que viajan por el espacio que rodea a la materia de la cual fueron emitidos.

Como hemos dicho antes en este artículo además se observaba otro tipo de radiación: la radiación secundaria cuyo origen fue explicado por Charles G. Barkla.

Barkla nació en el seno de una familia acomodada en Lancashire, Inglaterra y fue discípulo de J. J. Thompson tras haberse licenciado en Matemáticas y Física por el Colegio Universitario de Liverpool. Tras esta etapa pasó por la bien reconocida institución londinense del King's College y después regresó a su alma mater en Liverpool en 1902. Hasta ese momento la labor investigadora de Barkla fue buena, de hecho estaba trabajando en el transporte de ondas eléctricas a lo largo de cables. Una vez que volvió a Liverpool y, quizá, siendo presionado por el que había sido su mentor J. J. Thompson, decidió abordar el problema de la radiación secundaria emitida por la materia en su interacción con los rayos X. Su aproximación al problema se basó en suponer que la radiación secundaria tenía la misma naturaleza que la primaria por lo que supuso que no era corpuscular.

Su primer descubrimiento fue que en la interacción con los rayos X los cuerpos no emitían un solo tipo de radiación secundaria sino dos y que esto se producía siempre. En primer lugar se observaba un haz de radiación cuya frecuencia era la misma que la de los rayos X incidentes pero que tenía siempre una intensidad menor que el haz incidente. Este resultado era conocido ya por muchos investigadores y, además, no era en absoluto

sorprendente. Al fin y al cabo, parece normal que cuando se ilumina un objeto este refleja parte de la luz que incide sobre él. De hecho y con el objeto de determinar de forma inequívoca el origen de estos rayos Barkla determinó que su intensidad era máxima para un ángulo de reflexión que coincidía con el ángulo de incidencia. La doble coincidencia (frecuencia y la correspondencia del ángulo de incidencia) no dejaban lugar a dudas sobre la procedencia de este haz.

El haz secundario, sin embargo, era muy distinto al primario. En primer lugar no existía una dirección de salida en la que el haz tuviese una intensidad máxima; la intensidad era la misma en todas las direcciones. Igualmente, la frecuencia de esta radiación no dependía en absoluto de la frecuencia del haz de rayos X que incidía en la muestra. La única dependencia que se observaba entre los dos haces de rayos era la de causalidad: el haz secundario solo existía en presencia del haz primario. Eso sí, en el momento en el que aparecía la radiación secundaria bajo la iluminación de la muestra su frecuencia era independiente de la del haz incidente.

Esta última propiedad fue uno de los más importantes hallazgos de Barkla: la radiación secundaria era la que permitía reconocer cual era la substancia que estaba siendo bañada en rayos X ya que en ningún caso sus propiedades dependían de cual fuese la radiación que incide sobre la muestra.

Barkla encontró algo más: la radiación secundaria no solo dependía de los constituyentes de la materia que está siendo iluminada sino que dependía también de la forma en la que esos constituyentes se asociasen entre

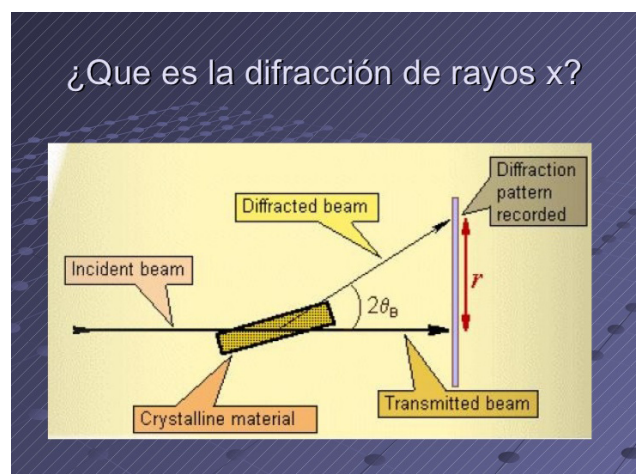


Figura 2. Esquema sinóptico de la difracción de rayos X con sus principales componentes. Fuente: <https://es.slideshare.net/maoxro/difraccion-rayos-x>. (c) Sebastián Hernández, Lina Gómer Solorazno y Leonardo Pérez.

sí. Dicho de otro modo: sustancias compuestas por los mismos átomos darán lugar a radiaciones secundarias diferentes si los átomos se enlazan entre sí de formas diferentes.

Para enfatizar el trabajo de Charles Barkla diremos que si bien en átomos pesados (con peso atómico superior a 27) la identificación de la radiación secundaria puede decirse que es sencilla para átomos cuyo peso sea inferior es muy complicado identificarla. Esto se debe a que en los átomos ligeros esta radiación es muy tenue y casi se confunde con la radiación difusa que se refleja en la sustancia.

Si bien esto puede verse como un problema (ya que la radiación secundaria no permite la identificación de hidrógeno en una muestra, por ejemplo) tiene su lado bueno. Puesto que el patrón de rayos secundarios solo depende de cuales sean los constituyentes de la materia que estamos iluminando podemos usar la radiación secundaria para entender su estructura. El propio Barkla descubrió que se podía ir incluso más lejos: puesto que podemos detectar varias frecuencias características para cada tipo de átomo es como si estuviésemos obteniendo sus huellas dactilares. Además cada uno de los espectros que se obtuvieron tenía siempre la misma peculiaridad: todos y cada uno de los picos observados era doble y presentaba, en realidad, dos máximos. Esto es, cada pico (independientemente del átomo o sustancia que se ilumina) tenía dos líneas espectrales una más energética y otra menos energética. Barkla denominó a la línea más energética como serie K y a la de menor frecuencia como línea L. Como es bien sabido posteriormente se estableció con toda precisión el origen de estas dos líneas y se dedujo cuál es su relación con la estructura de los átomos; sin embargo se mantuvieron sus denominaciones.

Debemos decir aquí que la importancia de los descubrimientos de Barkla radica también en la aplicación que se les dio después. Son de especial relevancia los descubrimientos hechos en la aplicación de esta teoría por Henry Moseley (del que ya hemos hablado) ya que usó para corroborar de forma empírica algunas de las propiedades de los modelos atómicos de la época (en especial el de Niels Bohr). Para indicar la relevancia de dichos modelos debemos recordar aquí que el propio Bohr consiguió, por su modelo, el premio nobel.

Para terminar esta breve aproximación al premio nobel ganado por Barkla diremos que en 1918 (cuando lo recibió) ya no trabajaba en el College de Liverpool; a partir de 1909 había sido catedrático de Física en la Uni-



Figura 3. Observatorio especial de rayos X Chandra. Fuente: https://es.wikipedia.org/wiki/Observatorio_Chandra_de_Rayos_X.

versidad de Londres y en 1913 se convirtió en catedrático de Filosofía Natural en Edimburgo ciudad en la que permaneció hasta su muerte en 1944.

Merece la pena terminar esta efeméride al permio de Charles Glover Barkla recordando las palabras que pronunció el Secretario del comité de Física de la Real Academia sueca de las ciencias en el momento del anuncio del galardón:

“Cuando los rayos X inciden sobre cualquier sustancia, ya sea sólida, líquida o gaseosa, causan una radiación secundaria. Esto fue descubierto por Sagnac en 1897 y ha sido estudiado desde entonces por una larga lista de investigadores. El profesor Barkla, de Edimburgo, sin embargo, ha llevado a cabo las investigaciones más fundamentales y exhaustivas sobre la naturaleza de esta radiación, y al hacerlo ha descubierto un fenómeno nuevo e inesperado que ha resultado ser de la máxima importancia para la investigación física.

La radiación secundaria consiste en dos tipos de radiación completamente diferentes el uno del otro. Uno es una radiación corpuscular del mismo carácter que los rayos catódicos y es, como los rayos beta de las sustancias radioactivas, una emisión de electrones. La otra, por el contrario, es del mismo carácter que los rayos X.

Barkla ha realizado una larga serie de cuidadosas investigaciones sobre la naturaleza de la segunda de estas dos variedades de radiación. En primer lugar

descubrió que hay dos tipos diferentes de rayos X en la radiación secundaria. Los coeficientes de absorción de una de estas dos variedades son los mismos que los de los rayos X incidentes. Así, los rayos tienen la misma capacidad de penetración que los rayos originales y, dado que demuestran en otras características las mismas propiedades que los rayos primarios, deben ser considerados una forma difusa de la radiación primaria.

La intensidad de esta radiación difusa varía con la dirección respecto a la de la radiación primaria incidente. Al medir la distribución de intensidades de la radiación difusa Barkla pudo determinar la emisión total de una serie de sustancias bajo condiciones variables. Uno de los resultados más importantes al que llevaron sus investigaciones, entre otros, permitió a Barkla desde muy pronto estimar aproximadamente el número de electrones contenidos en un átomo.

La otra variedad de rayos X es completamente independiente del carácter de la radiación incidente. Barkla demostró que esta radiación es homogénea, que su coeficiente de absorción no depende de la radiación incidente sino que viene determinada por la sustancia irradiada. Además realizó el importante descubrimiento de que el carácter de los rayos sólo depende de las cualidades de los átomos que constituyen la sustancia, sin depender de su agrupamiento e influencia unos sobre otros, es decir, independientemente de la composición química de la sustancia. Todo elemento químico proporciona una radiación secundaria que es característica de ese elemento. Así, Barkla dio a esta variedad de radiación el nombre de "radiación X característica".

Este tipo de radiación puede ser estudiada del modo más conveniente en los elementos de gran peso atómico relativo, ya que en ellos es más intensa que la radiación difusa. La radiación característica, sin embargo, al ser perfectamente homogénea en contraste con la radiación difusa, puede distinguirse de la otra, y así Barkla pudo estudiar la radiación característica de elementos tan ligeros como los de peso atómico 27.

La radiación característica, en contraste con la radiación difusa, carece además totalmente de polarización y es simétrica respecto a la dirección de incidencia de la radiación primaria, de modo que se expande uniformemente en todas direcciones.

Dado que la radiación característica se origina a partir de rayos X, la emisión de esta radiación debe estar acompañada por una absorción de rayos X. Por esta razón Barkla realizó una cuidadosísima investigación de la absorción de rayos X por parte de diversas sustancias. El resultado fue que todos los factores como la densidad, temperatura, estado de agregación y composición química carecían de una importancia esencial. El grado de absorción venía determinado únicamente por las propiedades atómicas. La absorción es además selectiva y, de igual modo que sucede con la luz, los rayos que son absorbidos preferentemente son los que la sustancia emitiría a la misma temperatura.

Otra similitud notable entre la luz y los rayos X ha sido descubierta por Barkla. De igual modo que, de acuerdo con la ley de Stokes, la fluorescencia sólo puede ser generada por luz de alta frecuencia, la radiación característica requiere para producirse una mayor capacidad de penetración de los rayos primarios.

El descubrimiento de Barkla de que deben distinguirse dos dominios de diferente "dureza" [las comillas son mías] en la radiación característica es de una importancia fundamental en su contribución a la concepción moderna de la estructura de los átomos. Barkla ha denominado a los dos dominios serie K y serie L respectivamente. Así, todo elemento químico, al ser irradiado con rayos X, emite dos rayos de diferente capacidad de penetración, es decir, todo elemento puede emitir por fluorescencia un espectro de rayos X de dos líneas o grupos de líneas, las denominadas serie K y serie L. De las dos, la serie K tiene mayor capacidad de penetración. Barkla consiguió identificar la serie K desde el calcio hasta el cerio, y la serie L desde la plata hasta el bismuto.

Si se definen estos rayos, por ejemplo, en términos de su absorción por parte del aluminio, la absorción de rayos de una misma serie es una función lineal del peso atómico del elemento que emite la radiación. Al llegar a esta conclusión, Barkla por un lado nos proporcionó la prueba más irrefutable de que cada elemento químico posee un espectro de rayos X característico propio, mientras que por otro lado se hizo evidente a través estas investigaciones que estos espectros característicos, a diferencia de los conocidos hasta ahora, no tienen propiedades perió-

dicas en conexión con la posición de los elementos en el sistema periódico.

El descubrimiento de la radiación de rayos X característica de Barkla ha demostrado ser un fenómeno de importancia extraordinaria en lo que respecta a la investigación física, un hecho que se ha puesto más y más de manifiesto a través del trabajo de otros investigadores.

El descubrimiento de la difracción de rayos X en cristales permitió medir sus longitudes de onda, y desde entonces la investigación sobre la serie K y la serie L ha proporcionado resultados de máxima importancia sobre nuestra concepción de la estructura interna de los átomos. Sin embargo, nos llevaría demasiado lejos entrar en este asunto aquí. Baste decir que estas investigaciones han demostrado que lo que determina la posición de un elemento en el sistema periódico es la carga eléctrica del núcleo del átomo y no, como se había pensado antes, su peso atómico.

La primera suele ser la mitad del segundo, pero las divergencias de esta regla se deben a irregularidades en la distribución del peso atómico entre los elementos, ya que es la carga del núcleo la que determina las propiedades químicas del átomo. Ha sido además posible establecer el hecho de que, de los elementos químicos, no hay más de seis desconoci-

dos. El descubrimiento de Barkla de la radiación característica de los elementos revela un fenómeno de la máxima importancia en el estudio de la estructura interna de los átomos, y ha producido ya conclusiones de gran alcance y muy significativas; tanto es así que puede decirse con justicia que no se ha producido un descubrimiento comparable en espectroscopía desde el de los espectros discontinuos de llamas y chispas eléctricas, y la diferenciación posterior de estos espectros en series, líneas y bandas.

En consideración con este hecho la Real Academia Sueca de las Ciencias ha decidido otorgar el Premio Nobel de Física de 1917 al profesor Barkla por su descubrimiento de la radiación X característica de los elementos.”

REFERENCIAS

- [1] https://es.wikipedia.org/wiki/Efecto_Sagnac.
- [2] <https://eltamiz.com>.
- [3] https://es.wikipedia.org/wiki/Charles_Glover_Barkla.
- [4] https://www.ecured.cu/Charles_G._Barkla.

Julio J. Fernández Sánchez
Dpto. de Física Fundamental