

EFEMÉRIDES

100 AÑOS DE LA CONCENSIÓN DEL PREMIO NOBEL EN FÍSICA A MAX VON LAUE

Quizá una de las frases más importantes que se hayan pronunciado a lo largo de la Historia de los trabajos que condujeron a merecer un galardón tan importante como es el Premio Nobel sea la que podemos encontrar en el artículo publicado en abril de 1953 por J. Watson y F. Crick, quienes recibieron el Premio Nobel en 1962, al presentar la estructura helicoidal del ADN, la molécula que transmite la información genética de una generación a otra: “Deseamos sugerir una estructura para la sal del ácido desoxirribonucleico (ADN). Esta estructura posee nuevas características que son de considerable interés biológico” [1]. Sin embargo, una pequeña reflexión nos hace ver que detrás de frases como ésta hay siempre una historia apasionante de alguien que, en ocasiones con mucha anterioridad, fue el responsable de que esta frase pudiera ser pronunciada puesto que creó alguna técnica experimental que hizo posible la realización de este ulterior experimento.

Esta frase nos viene a la cabeza al darnos cuenta de que este año, 2014, se cumple el centenario de la consecución del Premio Nobel por parte del físico alemán Max von Laue en 1914 y que le fue concedido por su descubrimiento de la técnica de la difracción de rayos-X para el estudio de las propiedades estructurales de los materiales y que es la técnica que se utilizaría varias décadas después para estudiar la estructura del ADN.

Max von Laue obtuvo el Premio Nobel en 1914 por su descubrimiento de los patrones de interferencia que se producen en la difracción de rayos X por los sólidos cristalinos y, como consecuencia, de la posibilidad que existía para utilizar esta técnica experimental con la finalidad de estudiar sus estructuras cristalinas. Es necesario indicar aquí que la trayectoria científica de von Laue fue de muy alta envergadura ya que desarrolló también una labor muy importante en otras áreas de la Física como son la óptica, la teoría cuántica, la teoría de la relatividad o la superconductividad. Así mismo, este científico fue uno de los encargados de conducir la acti-

vidad científica de una nación tan importante como lo es Alemania durante casi cuatro décadas (entre 1920 y 1960).

Si bien sería posible extenderse ampliamente sobre la trayectoria científica del Premio Nobel de 1914 nos centraremos ahora en detallar la técnica que le hizo merecedor del premio. El nombre de “espectroscopia de rayos X” se utiliza para denominar aquella técnica experimental con la que se determinan las estructuras cristalinas de los materiales (especialmente de aquellos que se encuentran en fase sólida) mediante la excitación de rayos X [2]. Se denomina rayos X a aquella radiación electromagnética que, siendo invisible a los ojos humanos, es capaz de atravesar cuerpos opacos y puede imprimir películas fotográficas. La longitud de onda de la radiación electromagnética que compone los rayos X se encuentra entre los 0,01 y los 10 nanómetros (es decir, entre los 10^{-11} y 10^{-8} metros) o lo que es lo mismo, se encuentra en el rango de frecuencias que abarca entre los 30 y los 30.000 hertzios. Su nombre, rayos X, se debió a que se desconocía su procedencia.

La aplicación de esta radiación al estudio de las estructuras cristalinas por medio del efecto de la difracción



Figura 1. Imagen de Max von Laue tomada de la página de los Premios Nobel galardonados en 1914 (Fuente: http://www.nobelprize.org/nobel_prizes/physics/laureates/1914/).

que se produce en la interacción mutua es lo que se conoce hoy en día como espectroscopia de rayos X.

Si bien esta técnica fue descubierta en 1908 por von Laue debemos indicar aquí que se sigue aplicando en numerosos experimentos en la actualidad y a la que incluso hoy en día se le encuentran aplicaciones novedosas.

La técnica descubierta por von Laue se fundamenta en el Principio de propagación de la luz enunciado por Huygens tres siglos antes. Huygens proporcionó un método geométrico para explicar el avance de las ondas: cada punto de un frente de ondas es un nuevo centro emisor de ondas esféricas secundarias, que se extienden en todas las direcciones con la misma velocidad, frecuencia y longitud de onda de la que proceden. Al cabo de un cierto tiempo, la envolvente de todas las ondas secundarias constituye el nuevo frente de ondas (ver esquema de la Figura 2).

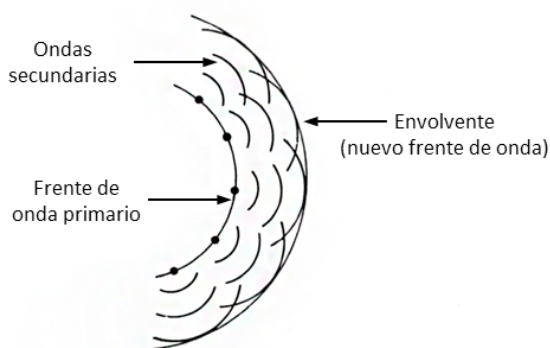


Figura 2. Representación geométrica del Principio de propagación de Huygens.

En el caso de los rayos X, debido a su longitud de onda, este fenómeno de difracción se produce cuando se da la interacción de éstos con las nubes electrónicas de los átomos que componen los materiales, ya que la longitud de onda de los rayos X es del mismo orden de magnitud (ångström) que el tamaño de las nubes electrónicas que rodean a cada uno de los átomos que componen el cristal. Una consecuencia del proceso de la difracción de los rayos X por los átomos de la red cristalina es que se producirá un determinado patrón de difracción que será característico y único para cada cristal. Es decir, que el resultado de la interferencia es un “dibujo” en forma de patrón de difracción de la estructura del cristal que haya sido analizado del que podremos deducir información (parámetro de red, posiciones atómicas, tamaño de cada uno de los átomos que com-

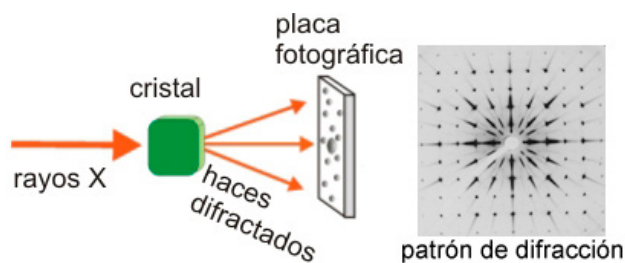


Figura 3. Esquema de la difracción de rayos X por una muestra cristalina (Fuente: http://www.xtal.iqfr.csic.es/Cristalografia/parte_02.html).

ponen la red,...) que nos permita saber cómo es el material por dentro.

De hecho, fueron los experimentos realizados por von Laue en 1912, tras refinar su técnica, los que confirmaron por primera vez el supuesto de que los átomos en los sólidos formaban parte de una estructura cristalina y que, por tanto, se colocaban formando un patrón definido en forma de una estructura regular y periódica. La importancia de este descubrimiento puede verse en que incluso hoy en día existe una rama completa de estudios en Física que es consecuencia de este descubrimiento: la Física del Estado Sólido.

Si bien en el inicio de esta técnica el propio von Laue consideró que no era más que una simple extensión a tres dimensiones de la técnica de difracción de Fraunhofer por una rejilla y que no era demasiado novedosa, muy pronto tanto él como otros científicos se dieron cuenta de que las aplicaciones de la técnica si podían ser de gran relevancia en el mundo científico.

De hecho, tan solo unos pocos años después de los primeros experimentos de von Laue, dos científicos (que eran padre e hijo), William Henry Bragg y William Lawrence Bragg [3] avanzaron en la interpretación de los patrones de rayos X obtenidos a través de la dispersión en sólidos, descubrimiento que les condujo a ser la primera dupla padre-hijo de la historia en compartir un Premio Nobel. En esta interpretación del fenómeno de la difracción de los rayos X por los materiales cristalinos se consideró que los patrones de interferencia, de algún modo, se construían a partir de la interacción de haces de rayos X difractados por planos paralelos que se encontraban dentro de los materiales en lugar de por procesos de interferencia más individualizados con cada uno de los átomos que componían el material, tal y como había supuesto von Laue. Obviamente, en el modelo propuesto por William Henry Bragg y William

Lawrence Bragg esos planos solo podían ser los planos que ocupaban los distintos átomos dentro del cristal. Hoy día esta proposición se conoce como “Ley de Bragg”. Aunque este hecho contribuyó, sin duda, al avance del entendimiento de la estructura de los materiales sólidos, entrañaba dificultades a von Laue ya que permitía explicar los resultados de los patrones de difracción de una manera mucho más general a la propuesta por el propio científico. Sin embargo, en 1913 el científico alemán Paul Ewald [4] demostró que las dos interpretaciones de los diagramas de difracción eran equivalentes. Si bien esta demostración debió ser un alivio para von Laue, esto acarreó que la Academia de los Premios Nobel tuviese dificultades a la hora de determinar quién era merecedor del reconocimiento del Premio Nobel que sin duda se merecía del establecimiento de la técnica de difracción de rayos X. Esta disyuntiva se zanjó mediante la concesión de dos Premios Nobel consecutivos al entendimiento del efecto de la difracción en materiales y al establecimiento de la técnica que permitía estudiarlos. El primero de los premios se concedió en 1914 a von Laue por el firme asentamiento de las bases físicas del efecto que permitía desarrollar la técnica experimental y el segundo, se concedió en 1915 a William Henry Bragg y William Lawrence Bragg [5] por su trabajo en las aplicaciones prácticas del fenómeno para la determinación de estructuras cristalinas.

A finales de la década de 1910 los dispositivos experimentales que se utilizaban para los fenómenos de difracción se habían ido perfeccionando con bastante rapidez, lo que permitió a los científicos de esa época controlar con mucha mayor precisión la longitud de onda de los rayos X que se usaban en los experimentos y, con ello, obtener patrones de difracción de rayos X más precisos. La consecuencia de esto fue que se podrían determinar mucho mejor las estructuras cristalinas de los compuestos, especialmente de aquellos que tienen un carácter inorgánico. Fue en esta época en la que se produjo un gran asentamiento de las bases teóricas de la técnica más allá de lo ya establecido por Max von Laue. Es necesario mencionar aquí las contribuciones que en este aspecto realizaron científicos como Charles Galton Darwin y Peter Debye.

La gran repercusión que tuvo el premio concedido a von Laue puede verse si tenemos en cuenta que tan solo 10 años después, en el año 1924, otro científico alemán, Karl Manne Georg Siegbahn recibiría un Premio Nobel que puede considerarse consecuencia directa del obteni-

do por Max von Laue en 1914. Este hecho está claramente reflejado en la página de los Premios Nobel mediante la frase que dice: “...el Premio Nobel de Física fue otorgado a Manne Siegbahn por sus descubrimientos en el campo de la espectroscopia de rayos X”. La aparición de esta frase, refleja la importancia que tuvo el trabajo primigenio de von Laue y que le sirvió, como ya se ha indicado, para ganar el Premio Nobel de 1914. Otra idea de la importancia de la técnica establecida por Laue queda reflejada en el hecho de que los trabajos más importantes de Manne Siegbahn se centran en el estudio de los espectros de emisión característicos que se obtienen de cada uno de los diferentes elementos de la tabla periódica.

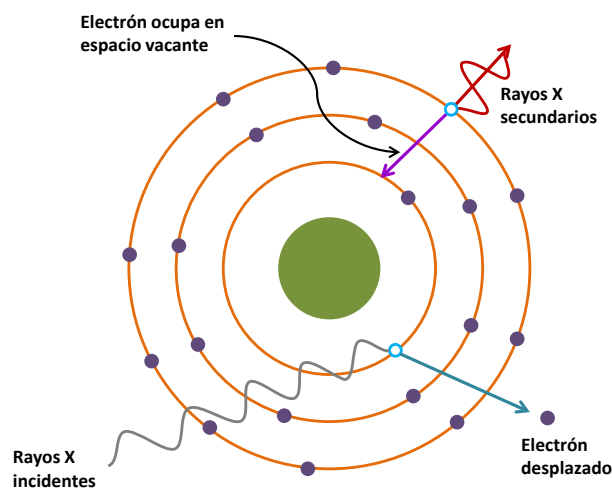


Figura 4. Proceso de excitación de electrones por medio de la técnica espectroscópica XPS.

Posteriormente, otros muchos Premios Nobel han sido obtenidos gracias al uso de la técnica de difracción descubierta por von Laue. Mencionaremos aquí, por ser de especial relevancia en la investigación actual y por sus consecuencias en el área de la medicina y las ciencias de la salud, el obtenido por Watson y Crick en el área de Fisiología y Medicina en 1962, por ser los primeros, con la ayuda de Rosalind Franklin y Maurice Wilkins, en determinar la estructura de la molécula de ADN.

Sin duda, a lo largo del siglo XX y comienzos del XXI otros muchos Premios Nobel concedidos en las áreas de Física, Química o Medicina y Fisiología (como en el caso del premio concedido a Watson y Crick) pueden considerarse consecuencia directa o indirecta del concedido a Max von Laue por el establecimiento de la técnica de la difracción de rayos X. Como curiosidad mencionaremos aquí que el propio hijo de Karl Manne

Georg Siegbahn recibió el Premio Nobel en 1914 (57 años después que su padre) por sus trabajos en el campo de los rayos X. En este caso el premio fue concedido por el desarrollo y el perfeccionamiento de la técnica de espectroscopia fotoelectrónica de rayos X.

BIBLIOGRAFÍA

- [1] J.D. Watson, F.H.C. Crick (1953). *Nature*, 171: 737-738.
- [2] https://es.wikipedia.org/wiki/Cristalograf%C3%ADa_de_rayos_X
- [3] https://es.wikipedia.org/wiki/William_Henry_Bragg; https://es.wikipedia.org/wiki/William_Lawrence_Bragg
- [4] https://en.wikipedia.org/wiki/Paul_Peter_Ewald
- [5] http://www.nobelprize.org/nobel_prizes/physics/laureates/1915/

Julio J. Fernández Sánchez
Dpto. de Física Fundamental