



El electrón y su familia

J. J. Thomson, G. P. Thomson y el paso de la física clásica a la cuántica

En 1927, el joven catedrático de filosofía natural de la Universidad de Aberdeen, en Escocia, George Paget Thomson, publicaba las primeras fotografías en las que se visualizaba la difracción de electrones, demostrando así el principio de dualidad onda-corpúsculo. Treinta años antes había sido su padre, Joseph John Thomson, quien había mostrado que un fenómeno aparentemente ondulatorio, los rayos catódicos, eran el resultado de un flujo de corpúsculos diminutos: los electrones. En una primera lectura irónica se podría pensar que, al devolver a los electrones parte de su condición ondulatoria, el hijo estaba socavando la teoría corpuscular de la materia que su padre había construido. Nada más lejos de la realidad.

El programa de J. J. Thomson

Nacido en Manchester en 1856, J. J. Thomson pertenece a lo que un historiador de la ciencia llamó la segunda generación de maxwellianos en Cambridge: gente cuya educación se basaba en la aplicación y el desarrollo de los principios establecidos por Maxwell en su *Tratado de electricidad y magnetismo* de 1873. Su misión no era la

de criticar o poner en duda dichos principios, sino la de llevarlos a la práctica y sacar todas sus consecuencias, para llegar donde Maxwell no había podido, dada su temprana muerte.

Uno de los elementos básicos de la física del siglo XIX, no solo de la de Maxwell, era la necesidad de un medio físico, el éter, que llenaba todo el espacio y cuya principal misión era explicar la acción a distancia. Sus propiedades eran con frecuencia contradictorias, pues debía tener una rigidez suficiente para transportar las fuerzas electromagnéticas pero, a la vez, ser muy flexible para no ofrecer ninguna resistencia al movimiento de los cuerpos sólidos. Esta indefinición propició que el éter se convirtiera en una sustancia omnipresente que podía sugerir conexiones con el mundo de los espíritus o la telepatía, o ideas sobre la naturaleza última de la materia, entre otros muchos usos.

El estudio de la relación entre el éter y la materia fue un tema recurrente en la carrera de J. J. Thomson. Uno de sus primeros trabajos como recién graduado de Cambridge, y con el que ganaría el prestigioso premio Adams de matemáti-

ca aplicada en 1882, fue un estudio sobre la interacción dinámica entre anillos de vórtices en un fluido. Ya hacía un par de décadas que William Thomson (posteriormente Lord Kelvin) había jugado con la idea de que, quizá, los átomos no eran más que estructuras del éter. La hipótesis había encontrado un hueco en el imaginario victoriano, y J. J. Thomson contribuyó a esta especulación demostrando matemáticamente la estabilidad de determinadas configuraciones de vórtices; una estabilidad análoga a la del enlace químico entre átomos al formar moléculas. Al cabo de una década, J. J. Thomson había abandonado los anillos, pero no la idea subyacente de que la materia era algún tipo de epifenómeno del éter.

La carrera de J. J. Thomson dio un salto cualitativo al ser nombrado, a los 28 años de edad, profesor de física experimental y director del Laboratorio Cavendish de Cambridge. Esta institución contaba con apenas una década de existencia; sus primeros directores habían sido Maxwell y Lord Rayleigh. Todo un reto para el joven Thomson, quien decidió centrar su carrera en un punto que Maxwell había



J. J. Thomson
y su hijo G. P.
alrededor de 1910.

CORTESÍA DE SCIENCE PICTURE LIBRARY

dejado abierto en su *Tratado*: el estudio de las descargas eléctricas en tubos llenos de gases como probable trampolín para entender mejor la relación entre electricidad, éter y materia.

De hecho, J. J. Thomson nunca abandonó el trabajo con dichos tubos. Primero, hasta los primeros años del siglo xx, para establecer una teoría general de la conducción de la electricidad en gases, un trabajo por el cual se le concedió el premio Nobel en 1906. Es importante recordar aquí que el famoso experimento con rayos catódicos que le condujo a postular la existencia de corpúsculos mucho más pequeños que el más pequeño de los átomos, lo que se conocería como electrones, fue solo un elemento dentro de su búsqueda de una teoría de la conducción de la electricidad. Aunque pueda sorprender al lector contemporáneo, el electrón solo se convirtió en una partícula elemental de la materia una vez demostrado su papel central en la conducción eléctrica.

A partir de 1906 siguió trabajando con descargas en tubos, pero esta vez para estudiar las propiedades de la electrificación positiva. Este proyecto tuvo dos consecuencias inesperadas. La primera sucedió durante la Gran Guerra, cuando Francis Aston, quien había sido asistente de J. J. Thomson en los años anteriores al conflicto, transformó el dispositivo experimental en un método para demostrar la existencia de isótopos. La segunda tuvo por protagonista al hijo de J. J. Thomson: George Paget.

George Paget Thomson

G. P. Thomson nació en Cambridge en 1892 y su vida, como la de su padre, está íntimamente ligada a esa institución. Hijo de «Sir J. J.», su infancia y adolescencia estuvieron fuertemente influenciadas por su padre, quien hizo todo lo posible para que G. P. tuviese también una carrera en física. Ya de pequeño, las puertas del Cavendish estaban abiertas para él; allí conseguía los materiales para una de sus aficiones: la construcción de pequeñas maquetas de barcos. Antes de entrar en la universidad, su padre ya se había encargado de que recibiera clases particulares de matemáticas y física avanzada por parte de graduados de Cambridge. Así, G. P. Thomson fue capaz de obtener dos grados, el de matemática y el de ciencias experimentales, en los tres años que habitualmente duraban los estudios en Cambridge.

La estrecha relación entre padre e hijo se mantuvo después de la graduación,

cuando G. P. Thomson decidió seguir su carrera, no solo en el laboratorio Cavendish, sino en el proyecto de su padre sobre rayos positivos. La separación llegó con la Gran Guerra, cuando J. J. se convirtió en el director del departamento de investigación y desarrollo para la coordinación y selección de ideas útiles para la guerra y G. P. fue destinado a la fábrica de aviones en Farnborough. Pero al terminar la guerra, y a pesar de que J. J. Thomson había sido sustituido por Ernst Rutherford como director del Cavendish, padre e hijo volvieron a trabajar juntos en el mismo proyecto en las dependencias que J. J. mantuvo en el laboratorio.

En 1922, G. P. Thomson consiguió la cátedra de filosofía natural en la Universidad de Aberdeen, la misma que años atrás había ocupado el joven Maxwell. A pesar de la distancia y de la libertad para iniciar el proyecto de investigación que quisiera, G. P. replicó en Aberdeen el aparataje experimental de su padre en el Cavendish para el estudio de los rayos positivos. Hay que señalar que, para entonces, la física se había movido hacia los problemas de la relatividad y de la teoría cuántica, y que el proyecto de los Thomson se hallaba, cuando menos, alejado de los temas más candentes del momento.

En 1925, G. P. Thomson leyó y comentó el principio de dualidad onda-corpúsculo que Louis de Broglie había formulado en fecha reciente. Su interpretación demuestra lo lejos que estaba de entender la radicalidad de la propuesta de De Broglie. Como tantos otros físicos británicos, G. P. entendió las ondas asociadas a los electrones solo como una limitación física de las posibles órbitas electrónicas dentro del átomo y no como una propiedad de los electrones libres.

Fue en el verano de 1926 cuando, tras la explicación del físico alemán Max Born en Oxford sobre los últimos desarrollos de la mecánica cuántica, G. P. Thomson advirtió algo importante: con apenas algunas modificaciones, su dispositivo experimental en Aberdeen era el adecuado para comprobar el comportamiento ondulatorio de los electrones libres que predicaba De Broglie. Fue así como, a principios de 1927, G. P. Thomson obtuvo y publicó las primeras fotografías de la historia de la difracción de los electrones al atravesar finas láminas de diversos metales.

De la física clásica a la cuántica

Fácilmente podría pensarse que la demostración experimental de la difracción

de electrones, uno de los elementos más radicales de la emergente mecánica cuántica del momento, debería haber actuado como un *experimentum crucis* para que J. J. y G. P. Thomson se convirtieran a la nueva física. Pero no fue así. J. J. Thomson se alegró de que, por fin, se demostrara algo que él había apuntado una y otra vez: que los electrones, a pesar de ser una buena explicación del comportamiento de la electricidad y de la materia, no constituían la última palabra sobre el tema; que, en realidad, los electrones eran un epifenómeno de un éter dinámico, parecido a un fluido, lo cual explicaría el comportamiento ondulatorio que su hijo acababa de demostrar.

Tampoco G. P. Thomson utilizó ese experimento para romper los lazos con la física de su padre. En una mentalidad clásica, las ondas asociadas al electrón podían ser explicadas manteniendo una cierta idea del éter, «al que ahora suele llamarse simplemente “el espacio”», solía argumentar. Es más: frente a la insistencia de la teoría cuántica en que todos los intercambios de energía se daban en unidades discretas múltiples de la constante de Planck, G. P. Thomson defendía una y otra vez que las ondas asociadas a los electrones eran una manera de reintroducir una física del continuo, aunque fuera por la puerta de atrás.

El caso de J. J. y G. P. Thomson y su incapacidad para formar parte activa en los desarrollos de la naciente física cuántica tiene las particularidades propias de una historia familiar y concreta. Estudios recientes muestran, sin embargo, que gran parte de los problemas que ambos encontraron para aceptar la nueva física son generalizables a la mayoría de los miembros de sus respectivas generaciones, educados en el *ethos* de Cambridge previo a la Gran Guerra. No es, pues, de extrañar que el primer gran físico británico en la historia de la mecánica cuántica fuera alguien formado como ingeniero en una universidad ajena al sistema tradicional de Cambridge: P. A. M. Dirac.

PARA SABER MÁS

Masters of theory. Cambridge and the rise of mathematical physics. Chicago University Press, Chicago, 2003.

Representing electrons. A biographical approach to theoretical entities. T. Arabatzis. Chicago University Press, Chicago, 2006.

La teoría del electrón cumple 120 años. F. Wilczek. *Investigación y Ciencia* n.º 429, junio de 2012.

A history of the electron. J. J. and G. P. Thomson. J. Navarro. Cambridge University Press, Cambridge, 2012.