

INTRODUCCIÓN

STEPHEN HAWKING

El objetivo de la ciencia física es explicar de qué está hecho el universo y cómo funciona. Ya desde Kepler, Galileo y Newton, hemos representado nuestro conocimiento de los fenómenos naturales mediante leyes físicas. Estas han evolucionado con el tiempo, a medida que hemos ampliado el dominio de nuestras observaciones. Cuando, a comienzos del siglo xx, los físicos desarrollaron las herramientas para investigar la estructura de los átomos y su interacción con la radiación, descubrieron que su imagen de la Naturaleza, que estaba basada en observaciones de objetos de la vida cotidiana, era en esencia inadecuada. Este fascinante volumen utiliza textos originales para seguir el desarrollo de los nuevos y revolucionarios conceptos necesarios para explicar la Naturaleza en y por debajo de la escala atómica. Es una historia apasionante, llena de observaciones desconcertantes y profundos destellos de inspiración, que lleva a una nueva visión del mundo en la que propiedades familiares tales como posición y momento adquieren un nuevo significado, ideas tales como la trayectoria de una partícula deben ser abandonadas, y hay que redefinir la idea misma de lo que se entiende por predicción.

Fueron las observaciones de la luz emitida por objetos resplandecientes, llamada «radiación de cuerpo negro», las que desafiaron inicialmente la credibilidad de la vieja imagen «clásica». La teoría basada en dicha imagen no solo no encajaba las observaciones experimentales sino que también predecía que tales cuerpos deberían emitir una cantidad de radiación infinita. Este es un resultado absurdo. En 1899 Max Planck demostró que podía derivar la descripción matemática correcta

si introducía lo que en ese momento parecía una hipótesis limitada y ad hoc: que, para cualquier frecuencia dada de la luz, hay una unidad fundamental de energía. Como resultado, la energía radiada por el cuerpo negro a una frecuencia dada debe ser un múltiplo entero de dicho «cuanto» fundamental.

Más o menos en esa misma época, la imagen clásica tampoco podía explicar la naturaleza de otro fenómeno, el efecto fotoeléctrico, la producción de una corriente eléctrica cuando incide luz sobre metales. En 1905 Albert Einstein utilizó la idea de Planck para explicar el misterio. Pero la explicación de Einstein iba mucho más allá del efecto fotoeléctrico. Al utilizar el cuanto para explicar un fenómeno no relacionado con la radiación de cuerpo negro, Einstein había mostrado que la idea de Planck tenía una trascendencia fundamental, y no era solamente una misteriosa propiedad de la radiación de cuerpo negro. Había nacido la física cuántica.

En las dos décadas siguientes, observaciones experimentales revelaron nuevos misterios, y el cuanto siempre aparecía como la idea necesaria para resolver el rompecabezas. Ernest Rutherford y Hans Geiger, por ejemplo, realizaron experimentos que parecían mostrar que los protones en un átomo están amontonados en su centro, el núcleo, mientras los electrones orbitan a su alrededor. Pero según la teoría clásica, las partículas cargadas que se mueven de esta forma deberían radiar su energía y caer en espiral hacia el centro. Entonces, ¿por qué los átomos son estables?

Niels Bohr utilizó la idea cuántica para explicarlo. Propuso que, como la energía, el radio de las órbitas electrónicas está cuantizado. Eso significaría que los electrones solo pueden estar a ciertas distancias discretas del núcleo, y por consiguiente no pueden caer en espiral. En el modelo de Bohr, cuando un electrón salta de una órbita permitida a otra, emite o absorbe energía. De este modo, él explicó el espectro del hidrógeno atómico.

La idea de distancias y niveles de energía cuantizados en un átomo era otro indicio de la universalidad del principio cuántico, pero la teoría cuántica no llegó a ser una teoría plenamente desarrollada hasta que Werner Heisenberg y Erwin Schrödinger desarrollaron sus ecuaciones en 1926, que describen cómo un sistema cuántico evolucionará en el tiempo bajo la influencia de cualquier fuerza. Pocos

años más tarde Paul Dirac mostró cómo se podía modificar dicha teoría para incluir la relatividad especial. La teoría de Dirac requería la existencia de un nuevo tipo de materia, la antimateria. La teoría cuántica había predicho la existencia del positrón, que fue descubierto en experimentos realizados muy poco después.

El éxito de la teoría cuántica, y su interpretación, planteaban muchas cuestiones filosóficas porque la teoría cuántica es no-determinista, lo que significa que cuando un sistema parte de un estado dado, los resultados de medidas sobre su estado futuro no pueden, en general, predecirse con precisión. Se puede calcular la probabilidad de obtener diversos resultados, pero experimentos repetidos que parten del mismo estado inicial pueden dar resultados diferentes. El desarrollo de la teoría cuántica significó el final de la idea de que la ciencia podía en principio predecir todos los sucesos futuros si se disponía de suficiente información sobre el estado presente del sistema. Eso molestó a muchos físicos, tales como Einstein y Schrödinger, quienes adujeron argumentos en contra de la teoría cuántica, aunque con el tiempo se demostró que sus objeciones concretas no eran válidas.

Hoy día, gracias a Richard Feynman, sabemos que la teoría cuántica significa que un sistema físico no tiene una única historia sino muchas, cada una de las cuales tiene asociada una probabilidad diferente. Esta imagen se utilizó para crear una teoría de la electrodinámica cuántica, la teoría que explica cómo las partículas cuánticas interactúan con los campos electromagnéticos, y cómo emiten y absorben radiación. Las predicciones de la electrodinámica cuántica encajan con las observaciones experimentales con un grado de precisión inigualado en la historia de la ciencia.

Mientras seguimos todos estos desarrollos nos vienen a la mente las palabras de Bertrand Russell: «Todos partimos del “realismo ingenuo”, es decir, la doctrina de que las cosas son lo que parecen. Creemos que la hierba es verde, que las piedras son duras y que la nieve es fría. Pero la física nos asegura que el verdor de la hierba, la dureza de las piedras y la frialdad de la nieve no son el verdor, dureza y frialdad que conocemos de nuestra experiencia, sino algo muy diferente...». Son los sueños de los que está hecha la materia.