

alguna. La nueva teoría de la mecánica cuántica resolvió esta dificultad, al revelar que un electrón en órbita alrededor del núcleo puede ser interpretado como una onda, cuya longitud de onda sólo dependería de su velocidad. Imaginemos que la onda da la vuelta al núcleo a ciertas distancias específicas, como Bohr había postulado. Para algunas órbitas, su circunferencia correspondería a un número entero de longitudes de onda. Para estas órbitas, las crestas de la onda estarían en la misma posición cada vez que se diera una vuelta completa, de manera que las ondas se sumarían entre sí. Estas órbitas corresponderían a las órbitas permitidas de Bohr. Sin embargo, para órbitas cuyas longitudes no fueran un número entero de longitudes de onda, cada cresta de la onda acabaría por ser cancelada por un valle a medida que los electrones giraran, de manera que estas órbitas no serían permitidas. La ley de Bohr de órbitas permitidas y prohibidas tenía ahora una explicación.

Una manera especialmente elegante de visualizar la dualidad onda-partícula es la llamada idea de las múltiples historias introducida por el científico americano Richard Feynman. En su visión, se supone que una partícula no tiene una sola historia o camino en el espacio-tiempo, como ocurría en la teoría clásica (no cuántica), sino que se supone que se desplaza de A a B por todos los caminos posibles. A cada camino entre A y B, Feynman asoció un par de números. Uno representa la amplitud, o tamaño, de una onda y el otro la fase, o posición en el ciclo (es decir, si estamos en una cresta o un valle). La probabilidad de que una partícula vaya de A a B se calcula por adición de todas las ondas para todos los caminos que conectan A con B. En general, si se compara un conjunto de caminos contiguos, sus fases difieren considerablemente, lo que significa que las ondas asociadas con ellos casi se anularán entre sí. Sin embargo, para algunos conjuntos de caminos contiguos, la fase no variará mucho y las ondas correspondientes a ellos no se anularán. Tales caminos corresponden a las órbitas permitidas de Bohr.

Con la formulación matemática concreta de estas ideas resultó relativamente fácil calcular las órbitas permitidas en átomos más complejos e incluso en moléculas, que están constituidas por un gran número de átomos enlazados por electrones en órbitas que giran alrededor de más de un núcleo. Como la estructura de las moléculas y sus reacciones entre sí están en la base de toda la química y toda la biología, la mecánica cuántica nos permite en principio predecir casi todo lo que vemos a nuestro alrededor, dentro de los límites impuestos por el principio de incertidumbre. (En la práctica, sin embargo, no podemos resolver exactamente las ecuaciones para ningún átomo más allá del más simple, el hidrógeno, que sólo tiene un electrón, y debemos utilizar aproximaciones y ordenadores para analizar átomos más complejos y para moléculas).

La teoría cuántica es una teoría muy satisfactoria e importante que constituye la base de casi toda la ciencia y tecnología modernas. Gobierna el comportamiento de los transistores y circuitos integrados, que son los componentes esenciales de dispositivos electrónicos como los de los televisores y ordenadores, y es también la