¡Qué raros son los átomos!

Posted on 1 de junio de 2005 by Antonio Fernández-Rañada

A Amir D. Aczel, profesor del Bentley College de Massachusetts, le atraen los misterios y por eso ha escrito varios libros sobre temas que desafían a nuestra imaginación, por ejemplo *The Mystery of the Aleph,* sobre los esfuerzos por entender el infinito matemático, *God's Equation,* dedicado a la constante cosmológica de Einstein, y *El último teorema de Fermat. Entrelazamiento* examina los aspectos más extraños de la mecánica cuántica.Todos ellos han alcanzado un gran éxito, con traducciones a una docena de idiomas.

La mecánica cuántica es una de las más logradas teorías científicas y un gran triunfo del espíritu humano. Explica con asombrosa eficacia el mundo microscópico de los átomos, sus núcleos, los electrones y las demás partículas elementales y aclara cómo se forman las moléculas mediante el enlace químico. No trata sólo de las cosas pequeñas; también es necesaria para descifrar las propiedades de los cuerpos macroscópicos, desde un trozo de hierro a las estrellas o el *big bang*. Pero es muy difícil de entender. A los componentes íntimos de la materia les asigna propiedades que hacen chirriar las cuadernas de nuestra intuición, como saben bien los alumnos que la han estudiado y los profesores que la hemos explicado alguna vez. Por eso se dice que nunca podremos comprenderla igual que otras ramas de la ciencia. Nos imaginamos con facilidad cómo se mueve una pelota de tenis, pero cuesta mucho aceptar el extraño comportamiento de los electrones. Para ello es necesario crear una nueva intuición que se apoye en la estructura matemática de la teoría. Según Aczel, eso «grava» nuestra idea de lo que constituye la realidad.

Los objetos cuánticos son de verdad muy raros. A causa del principio de incertidumbre de Heisenberg, sólo se pueden ver a través del cristal oscuro de las probabilidades y el azar objetivo. En el mundo clásico, las probabilidades eran un truco epistemológico para entresacar lo más relevante de situaciones complejas cuyos detalles se despreciaban por tener menor interés y exigir mucho cálculo, como ocurre en las encuestas de opinión. Pero en la física cuántica el azar es intrínseco a las cosas, por eso se califica de objetivo y se dice que es un derecho de la naturaleza. Un electrón es, a la vez, un corpúsculo localizado y una onda extendida, dos afirmaciones aparentemente contradictorias, y puede estar por todas partes según una distribución de probabilidades. Más aún, debido a la llamada superposición de estados, eso no significa que estén «aquí *o* allí» como sería propio de lo clásico, sino «aquí *y* allí», las dos cosas simultáneamente. Así, cuando un electrón atraviesa una pantalla que tiene dos agujeros separados por unos centímetros, la afirmación de que ha pasado sólo por uno de ellos lleva a contradicciones insalvables que obligan a admitir que ha pasado por los

dos a la vez. Buscando una explicación de tan extraño comportamiento, el mismo Heisenberg acudió al concepto aristotélico de ser en potencia, asegurando que una red de potencialidades acompaña a todo objeto cuántico. Para navegar por esas aguas tan curiosas, hay que desprenderse de algunas facetas de nuestro modo intuitivo de pensar sobre el mundo alrededor, el que hemos desarrollado desde niños gracias a la experiencia diaria. Ello explica que algunos de los padres fundadores de la nueva teoría, como Planck, Einstein, De Broglie o Schrödinger, la hayan rechazado frontalmente más tarde, abandonando tan honrosa posición para proclamarse grandes heresiarcas. Hoy, sin embargo, es aceptada como teoría estándar.

Si todo lo anterior es extraño, lo más raro de todo es el entrelazamiento, que Aczel toma por título de su libro como mejor representación de lo misterioso que hay en lo cuántico. De hecho, Schrödinger, quien lo descubrió en 1926 y lo bautizó en 1935 en alemán *(Verschränkung)* y en inglés (*entanglement*), decía que «no es *un* sino *el* rasgo característico de la mecánica cuántica». ¿En qué consiste? Para entenderlo, imaginemos un sistema clásico con dos partes, por ejemplo la Tierra y la Luna, o un automóvil remolcando a otro, o dos bolas de hierro unidas mediante un muelle. Es evidente que tener el mejor conocimiento posible de tal sistema implica tener también el mejor conocimiento posible de cada una de sus dos partes. Esto parece tan claro que se da por supuesto sin ni siquiera pensar en ello. Sin embargo, en el mundo cuántico las cosas son de otra manera. Tomemos a dos electrones (cada uno con su espín, representado por un vector de longitud un medio) en una disposición en la que esos espines estén colocados de modo antiparalelo. El espín total del sistema de los dos electrones es cero, porque los espines individuales se anulan al restarse el uno al otro. Pues bien, ocurre que en ese estado completamente definido de cuyo espín total tenemos un conocimiento completo –vale cero–, los estados de cada electrón no están definidos. Hay un 50% de probabilidades de que el primero tenga el espín hacia arriba y el segundo hacia abajo, y otro 50% de que el primero esté hacia abajo y el segundo hacia arriba. Pero eso, con serlo bastante, no es lo más raro. Si los dos electrones se mueven en direcciones opuestas y se mide el espín de uno cuando están bien separados, el estado del otro se concreta, de modo que pasa de inmediato a estar bien definido, sin que aparentemente se haya ejercido ninguna acción sobre él. Es como si dos objetos cuánticos que interactúan en un cierto momento, no llegasen a separarse luego, por mucho que se hayan alejado. En palabras de Schrödinger, «cuando dos objetos cuyos estados nos son conocidos entran en interacción física temporal y, tras un tiempo de influencia mutua, se separan otra vez, ya no pueden volver a describirse como antes, esto es, dotando a cada uno de una representación propia». Se dice que un tal sistema, cuyas partes se mantienen inseparables, está entrelazado. Cada una de sus partes está enredada con la otra, de hecho, según varias alternativas posibles.

Una consecuencia de esta extraña inseparabilidad de los sistemas que han interactuado es la refutación del realismo local, es decir, de la existencia de un mundo exterior a nosotros e independiente de nosotros (extrapersonal, según le gustaba decir a Einstein), en el que los sistemas físicos tengan propiedades definidas (elementos de realidad, los denominaba Einstein) y en el que no haya acciones instantáneas a distancia. Ésta era la principal razón por la que Einstein rechazaba la teoría cuántica. La independencia de los elementos de realidad de los sistemas que componen el mundo respecto a los observadores le parecía irrenunciable. En 1935 creyó haber probado que la mecánica cuántica es sólo una teoría provisional, por dar sólo una representación incompleta de ese mundo exterior. Con sus colaboradores Boris Podolsky y Nathan Rosen escribió entonces un artículo planteando el hoy llamado argumento EPR, según el cual la existencia de los estados entrelazados hace que la teoría cuántica sea incompatible con el realismo local. Tenían razón: la necesidad de elegir uno sólo de esos dos términos es un descubrimiento de importancia capital. Pero ante la alternativa, ellos eligieron el realismo local, cuando hoy la práctica totalidad de los físicos piensan que había que optar por la teoría cuántica.

Entrelazamiento es un excelente libro de divulgación científica que se enfrenta a un tema nada fácil, que consigue explicar con claridad presentando el desarrollo histórico como el mejor camino para una introducción gradual de los conceptos. Está bien escrito, de manera clara y con pocos tecnicismos, explicados en todo caso, y la traducción de José Luis Sánchez Gómez es excelente. Esto último merece un comentario. Para traducir de un idioma a otro hay que saber bien el primero, eso es evidente, pero es igual de importante conocer bien el tema tratado, lo que, por desgracia, no siempre ocurre. Con demasiada frecuencia, leemos libros con términos mal traducidos o explicaciones poco claras, debidas a una mala traducción, no a la exposición original del autor. En suma, un libro que debería resultar muy entretenido a los que estén interesados en las ideas científicas o en el pensamiento en general.

Autor: Amir D. Aczel

Edicion: Crítica, Drakontos, Barcelona

Paginas: 320 pp.

Precio: 22,60 €

Titulo: ENTRELAZAMIENTO