

ALONSO
SEPÚLVEDA

PENTAQUARKS

En el siglo vi a. C., tras largos viajes a Mesopotamia y Egipto, el jonio Tales de Mileto inventó el arte de la demostración matemática con el que logró los teoremas que llevan su nombre, iniciando con ello la aventura matemática que aún prosigue.

En el siglo v a. C. Pitágoras imaginó que los números enteros hacen parte de la estructura del mundo y que el movimiento y los orbes de los astros cantan con las mismas reglas que descubrió para la música. Su doctrina se llama *armonía de las esferas*.

En el siglo III a. C. Aristóteles organizó el conocimiento logrado por sus antecesores y creó un sistema intelectual de largo vuelo que incluye la lógica y la botánica, la filosofía y la retórica, la cosmología y la estética. Este gran sistema contiene en su teoría de los cuatro elementos las bases abstractas de una alquimia que recorrerá la Edad Media de la mano de Paracelso y Trevisán, avanzará hacia el Renacimiento y se extenderá hasta su momento final, en que Lavoisier fundó la química como una ciencia de espíritu galileano, y que recuperó con Dalton la idea de la estructura discreta del mundo propuesta en la Antigüedad por Demócrito y Leucipo. El sistema de Aristóteles contiene también las bases de una física filosófica que temerosa de lo matemático no alcanzará a explicar con suficiencia y alcance predictivo los detalles del movimiento de las cosas sublunares y celestes y, después de hundirse en vagas especulaciones, será superada y reemplazada por la física galileana, cuyo método podría rastrearse también hasta la Antigüedad griega, donde encontraría sus raíces en Arquímedes.

La física de Galileo, cuyo espíritu anima la ciencia de nuestra época, es un proyecto matemático-experimental que aleja esta ciencia de toda autoridad que no sea la misma naturaleza, lo que le permite hacer propuestas elegantes sobre los principios que gobiernan los avatares del mundo, y que está basada en la observación cuidadosa y la experimentación, a la que concibe como un acto instrumental y matemático.

Esta ciencia necesitó avanzar hasta Newton para culminar los esfuerzos de Galileo con su física basada en el descubrimiento de la inercia; de Copérnico, quien puso la Tierra en los cielos retando con ello antiguas autoridades, y de Kepler, quien descubrió la auténtica armonía de las esferas.

La idea de átomo (*a-tomo*, sin partes), retomada exitosamente por Dalton a comienzos del siglo XIX, permitió descubrir y describir con detalles la estructura de los compuestos químicos y alcanzó su más resonante éxito cuando Mendeleev presentó su propuesta de una tabla de los elementos que abriría el camino a la identificación de nuevos compuestos. Tanto en el pensamiento de Dalton como en el de Mendeleev cada átomo es una esfera dura, impenetrable y

permanente, que no se altera en las reacciones químicas, ni en ningún otro proceso del mundo, y garantiza la permanencia de la materia, propuesta por Lavoisier después de cuidadosos y originales experimentos. Esta idea del átomo fue puesta en duda con el descubrimiento, primero del electrón y luego del núcleo atómico, lo que daría al traste con la idea de la materia formada por pequeños elementos inmutables e indivisibles. El resultado, que aún se conoce con el nombre ahora impropio de átomo, adoptó una nueva descripción proveniente de la mecánica cuántica, una de las dos doctrinas científicas que dominaron el siglo XX; la otra se llama relatividad.

Esta minúscula estructura material se adapta a una teoría que ha abandonado la cómoda y conocida versión clásica, newtoniana, en la que las cosas aceptan descripciones acordes con las imágenes que todos utilizamos para hablar del mundo cotidiano y se ha trasmutado en una visión probabilista en la cual —a nivel microfísico— no contamos ya con las imágenes basadas en las trayectorias visuales de las partículas ni con la posibilidad de su ubicación exacta. El llamado principio de incertidumbre establecido por Heisenberg pone límite a la pretensión de lograr números precisos a la vez para la posición y el movimiento, y los diluye en una nube de probabilidad cuya persistencia irremediable molestó siempre a Einstein.

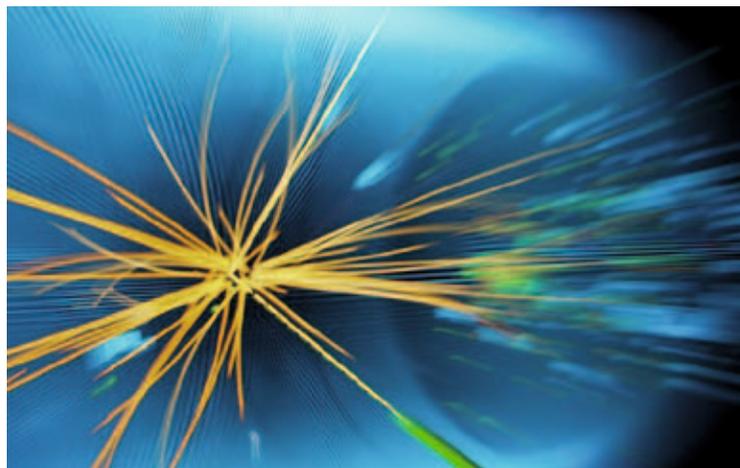
Lo que ocurrió fue que la nueva versión probabilista demostró ser la única posibilidad. Los físicos lograron armonizar la relatividad y la mecánica cuántica, generando una versión del mundo de alta coherencia matemática y experimental que resultó siendo la base para la descripción del mundo de las partículas elementales que, en profusión, comenzaron a aparecer en los reactores nucleares y los aceleradores de partículas. Cada elemento químico resultó ser una estructura con un número definido e igual de protones y electrones y un número variable de neutrones, lo que da lugar a una inmensa variedad de isótopos. La tabla de los elementos químicos se enriqueció con un creciente contenido de isótopos que sigue en aumento, en la medida en que se sofisticaba la tecnología nuclear. Lo sorprendente es que tal variedad de isótopos solo contiene tres partículas: protón y neutrón —que conforman el núcleo— y

una nube de electrones regida por las difusas leyes de la probabilidad.

Frente a los noventa y dos elementos químicos naturales que aparecen en la tabla de Mendeleev, incrementados por otros veintiséis sintetizados por la técnica y amplificadas por la presencia de sus isótopos, surgieron en los años sesenta del siglo pasado más de cuatrocientas partículas supuestamente elementales, diferentes a las tres que componen el átomo. La palabra átomo se había tornado un fósil lingüístico desde los años diez del siglo xx, y con mayor razón en el momento en que se creyó que tal vez lo elemental es cada una de las nuevas cuatrocientas partículas. En este grupo se encontraban algunas que parecían ser hermanas del protón, del neutrón y del electrón, de mayor masa y propiedades singulares, que exigieron la introducción de conceptos radicales y novedosos; partículas con curiosas formas de desintegración que al fin de cuentas trastornaron en forma irreversible la cotidiana noción de partícula. Frente a la idea del siglo xix de que los constituyentes esenciales de la materia son permanentes e inmutables, se estableció la noción de que la materia está formada por unidades, por lo general efímeras, asociadas a extrañas formas de transmutación que preservan ciertos números conocidos como cuánticos, dotados de ciertas resonancias pitagóricas. El mundo cotidiano pareció finalmente estar constituido por unidades que son los resultados más estables de transmutaciones que no pueden conducir a otros estados más simples.

El mundo de las partículas es en verdad doble en número a lo que hemos anunciado, porque, de acuerdo con Dirac, a cada espécimen le corresponde otro con valor opuesto de sus cargas y al que se conoce como antipartícula.

Los nombres terminados en *ones* como fue costumbre desde el descubrimiento del electrón —*elektron* significa ámbar, sustancia fácilmente electrificable cuyo frotamiento revela la presencia de estas partículas— llenaron los textos de física: protones, neutrones, kaones, piones, mesones, hiperones, bosones, fermiones, leptones, bariones..., nomenclatura que se mantuvo como un vocabulario exclusivo de la física de las partículas, como una clave secreta, hasta 1964, en el momento en que Murray Gell-mann, representante



Las reglas de la teoría de los quarks permiten más de lo que constriñen y de ese modo admiten que se filtren otras opciones razonables pero no conocidas por los experimentos.

de la nueva generación de físicos que sucedió a los creadores de la física del siglo xx, introdujo la palabra *quark*. Sonora, explosiva y enigmática, esta palabra inventada por el escritor irlandés James Joyce y consignada en su intraducible *Finnegan's wake*, cambiaría —con sus novedosas implicaciones— no solo la nomenclatura de las partículas sino también la estructura pensada del mundo subatómico.

La teoría de Gell-mann sugirió que, a excepción de los electrones y los elusivos neutrinos, las más de cuatrocientas partículas tenían a su vez —como alguna vez pasó con los átomos— su propia estructura, como si a un nivel más elemental que la tabla periódica y que las cuatrocientas partículas, hubiese una capa más profunda que revelaría la más secreta sustancia del mundo. Los *quarks*, en número de seis, y en diversas combinaciones de a tres, conforman los protones, los neutrones y cada uno de los cuatrocientos ones. De una segunda familia, los *leptones*, hacen parte seis, uno de ellos es el electrón. Son dos familias de

propiedades disímiles que al parecer son el elemental sustrato del mundo. Una familia adicional contiene las partículas intercambiadas —*intermediarias*— entre quarks, entre quarks y leptones, y entre leptones, lo que define las cuatro fuerzas naturales conocidas: electromagnetismo, gravitación y fuerza nuclear fuerte y débil.

Un estudio cuidadoso revela que las cuatrocientas partículas pertenecen a dos grupos, los que contienen un quark y un antiquark, llamadas *mesones*, y los que contienen tres quarks, llamadas *bariones*.

He ahí el mundo: quarks, leptones y partículas intermediarias.

La experimentación atestigua la existencia de estas estructuras llamadas mesones y bariones, provee las reglas exactas de su estructura y sus interacciones y confirma que las propiedades medidas de estas partículas concuerdan con lo que predice la teoría.

Solo que las reglas de la teoría de los quarks permiten más de lo que constriñen y de ese modo admiten que se filtren otras opciones razonables pero no conocidas por los experimentos. Los físicos de los años sesenta propusieron, como un principio metódico, como un reto a las teorías, que lo que no esté prohibido por las reglas generales de las teorías (como lo son en primer lugar las leyes de conservación) es obligatorio.

Durante cuarenta años la teoría permitió, sugirió otras estructuras exóticas no prohibidas, pero no encontró para ellas testimonios experimentales. Entre ellas se cuentan sistemas de dos quarks y dos antiquarks, o de cuatro quarks y un antiquark, a los que se llamó, por su número de componentes, *tetraquarks* y *pentaquarks*.

• Sonora, explosiva y enigmática, esta palabra [*quark*] inventada por el escritor irlandés James Joyce y consignada en su intraducible *Finnegan's wake*, cambiaría [...] no solo la nomenclatura de las partículas sino también la estructura pensada del mundo subatómico. •

Después de una mejora del acelerador del CERN, que requirió algo más de dos años y aumentó en dos veces su potencia, apareció el primer pentaquark, anunciado el trece de julio de 2015. Es una estructura material nueva, minúscula y exótica cuya importancia pública estuvo cerca de cero, cuyo descubrimiento pasó casi desapercibido y de hecho fue opacado por la llegada a Plutón de la nave espacial *New Horizons*, pero cuyo hallazgo anticipa otros posibles sobre el comportamiento secreto de protones y neutrones en los núcleos atómicos, sobre los fenómenos que ocurren en el corazón de los púlsares, estrellas conformadas por neutrones; pero sobre todo exhibe la capacidad y la previsiva imaginación del intelecto del hombre. Confirma la potencia del método galileano, nos convence de que instrumentar el mundo, experimentar con él, provee formas de conocerlo. Y, por lo demás, nos convence de que la física de nuestra época contiene, altamente desarrollada, la idea de un mundo gobernado por los números, como creía Pitágoras.

Epílogo

Bajo el suelo del cantón de Ginebra hay un anillo de veintisiete kilómetros de circunferencia por el que viajan y colisionan partículas subatómicas a velocidades muy cercanas a la de la luz, que es la máxima conocida, buscando reproducir las condiciones físicas existentes en los primeros instantes del universo. En ese templo subterráneo se ofician, por parte de físicos del todo el planeta —sin distinciones de país, raza o religión— ritos exóticos que convocan al conocimiento de la materia, basados en la colisión de los más pequeños de sus componentes. A los oficiantes en este laboratorio, el mayor y más sofisticado del planeta, los une un solo propósito: entender, bajo la alianza de experimentación y pensamiento matemático, los sorprendentes secretos de nuestro mundo. ■

Alonso Sepúlveda (Colombia)

Físico de la Universidad de Antioquia, con estudios de posgrado en el Hunter College de la Universidad de Nueva York. Ha publicado: *Los conceptos de la física*, *Electromagnetismo*, *Física matemática* y *Estética y simetrías*. Ha participado en proyectos de investigación sobre dinámica de galaxias con el grupo de astrofísica de la Universidad de Roma.