

Escuela de Atenas (1509). Rafael Sanzio.

tio justo en el que la bolita de pintura lo habría hecho. \odot el detector no se activa, evidenciando su paso por la otra ranura y, en efecto, el impacto se produce en el otro segmento vertical. ¡Ahora los electrones se comportan como partículas! El sólo hecho de observar por qué rendija pasan modifica su comportamiento. ¿Extraño? ¡Bienvenidos al universo cuántico!

José Edelestein, egresado de la 34ª promoción de licenciados en Física, es profesor titular de Física Teórica de la Universidad de Santiago de Compostela (España), donde trabaja en el Departamento de Física de Partículas procurando encontrar una teoría cuántica de la gravitación. Ha publicado recientemente *Antimateria, magia y poesía*.



Tragedias griegas en la historia de la ciencia

Por Miguel Hoyuelos

Conocer algunos aspectos sobre la historia de los protagonistas de la ciencia sirve para valorar mejor el conocimiento que tanto tiempo y esfuerzos costaron. Analizar la evolución del conocimiento científico también sirve para su mejor comprensión. La charla se enfocó en un período notable de la historia de la ciencia: la Antigüedad griega. Los filósofos-científicos de la Antigüedad generaron una renovación de ideas a un ritmo sin precedentes usando una herramienta simple: el pensamiento crítico. Las historias o leyendas asociadas a sus vidas son, en general, trágicas. Por razones de espacio, aquí me voy a restringir a sólo unos pocos temas: el teorema de Pitágoras y los números irracionales, y el atomismo.

El nombre de Pitágoras (c. 570 – c. 495 a. C.) está asociado al teorema que dice que la suma de los cuadrados de los lados menores de un triángulo rectángulo es igual al cuadrado del lado mayor, llamado hipotenusa. En la Antigüedad, sin embargo, Pitágoras era conocido por otras razones. Era considerado un conecedor del destino del alma luego de la muerte. Enseñaba que el alma inmortal atravesaba una serie de reencarnaciones y decía tener la capacidad de recordar sus vidas pasadas. Era visto como un experto en rituales religiosos y como el fundador de un estricto estilo de vida que enfatizaba una dieta vegetariana y una auto-disciplina rigurosa. Durante el siglo III los logros de Pitágoras fueron bastante exagerados. Se lo consideraba la fuente de toda filosofía verdadera, cuyas ideas fueron copiadas por Platón, Aristóteles y todos los filósofos griegos que siguieron. Porfirio (c. 232

- 304) enfatizó los aspectos divinos de Pitágoras hasta ponerlo como un posible rival de Jesús. Diógenes Laercio (s. III) cuenta que era tan admirado que sus sentencias eran llamadas “palabras de Dios”. Según Jámblico (c. 245 - 325), los pitagóricos enseñaban que, de los seres racionales, un tipo es divino, otro es humano, y otro es como Pitágoras. Pero no todos tenían tan buen concepto y algunas historias lo presentan como un farsante. Según Diógenes Laercio, Pitágoras se hizo construir una habitación subterránea, se refugió allí e hizo que su madre le contara lo que acontecía en su pueblo, Crotona. Pasado un tiempo, emergió, flaco y macilento, diciendo que venía del Hades y contando lo que los muertos le habían dicho.

Según algunos relatos, el grupo de los pitagóricos fue responsable del asesinato de uno de sus integrantes, Hipaso de Metaponto (entre s. VI y V a. C.). Pitágoras sacó a los números de la esfera práctica del comercio para enfatizar las correspondencias entre el comportamiento de los números y el de las cosas. Los números permitían el reconocimiento y la comprensión del estado de las cosas. Nada de lo que existe podía estar claro, tanto en sí mismo como en su relación con otras cosas, si no fuera por los números que las hacen reconocibles y comparables entre sí. Se referían a los números naturales (1, 2, 3, 4...) o a las fracciones o números racionales. Entonces Hipaso demostró que la simple diagonal de un cuadrado de lado 1, que es igual a la raíz de 2, no encaja en este esquema. No es un número natural ni una fracción. Es irracional, o alogos como lo llamaban los griegos. Dicen que la reacción de los pitagóricos fue arrojar a Hipaso por la borda del barco donde navegaban en ese momento. Hipaso murió ahogado y se transformó en el mártir de los números irracionales.

Demócrito (c. 460 - c. 370 a. C.) decía que los principios de todas las cosas son los átomos y el vacío, todo lo demás es dudoso y opinable. Si un objeto se

DESDE LA PATAGONIA

Imagen: gentileza Dr. C. Aldao, INTEMA

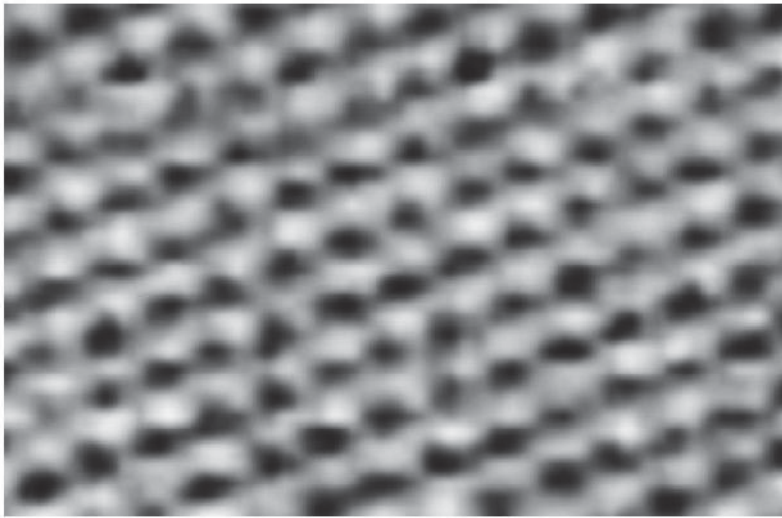


Figura 2. Imagen de una superficie de grafito, hecha con un microscopio de efecto túnel. Cada lóbulo representa dos átomos de carbono.

2 nm

divide una y otra vez en partes cada vez más pequeñas, se alcanza un punto en que ya no es posible continuar. Se llega a la mínima porción de materia: el átomo, es decir, lo que no puede cortarse. El atomismo moderno conserva una idea fundamental del atomismo clásico: es posible comprender propiedades del mundo a nivel macroscópico, lo que Demócrito llamaba propiedades secundarias, en función de las propiedades primarias de los átomos. Por ejemplo, los sólidos están formados por átomos que vibran en torno a posiciones fijas pues se mantienen unidos entre sí por ganchos. El fuego, en cambio, está hecho de átomos esféricos, pues no se adhiere a nada. Algunas anécdotas presentan a Demócrito como alguien abstraído en sus pensamientos, que buscaba la soledad recorriendo tumbas, que creía ver imágenes que solo estaban en su mente y que reía sin motivo. Demócrito es recordado como “el filósofo risueño”. Pero esa risa podía tener algo de ironía o sarcasmo. Decía que no conocemos nada en realidad, pues la verdad yace en un abismo, refiriéndose al abismo de lo infinitamente pequeño. Para Demócrito no había manera de confirmar la teoría pues las propiedades primarias de los átomos eran inobservables.

Los átomos ya no son lo que eran. Lo que hoy llamamos átomo puede dividirse. Según el modelo estándar, los verdaderos indivisibles son los quarks, los electrones y algunas otras partículas más raras. Los quarks forman los neutrones y protones en el núcleo del átomo. La idea de vacío también ha cambiado. No está tan vacío como se creía. Según la mecánica cuántica, existen fluctuaciones que, por tiempos muy breves, producen la creación y aniquilación de partículas en el vacío, en una efervescencia permanente. Desde 1981, los átomos han dejado de ser inobservables gracias al microscopio de efecto túnel (ver Figura 2).

tearon y para las que aún no ha sido posible hallar una respuesta definitiva. Por ejemplo, Zenón (c. 490 – c. 430 a. C.) planteó en sus paradojas la posibilidad de dividir el espacio y el tiempo en intervalos infinitamente pequeños. Casi todas las teorías físicas consideran espacio y tiempo continuos, es decir, infinitamente divisibles, en concordancia con Zenón. Es una hipótesis que funciona bien, pero que no está probada. Se especula que, a escalas más pequeñas de lo imaginable, mucho más pequeñas para un átomo de lo que es un átomo para nosotros, la división del espacio ya no tendría sentido, pues daría lugar a porciones indistinguibles entre sí. No es posible en la actualidad realizar una medición a esa escala, conocida como escala de Planck. Otra cuestión es si el universo es finito o infinito. Para Aristóteles el universo es finito y llega hasta la esfera de estrellas fijas, luego se pasa a la inexistencia. Para los pitagóricos, en cambio, es infinito. Hoy sabemos que el universo visible tiene el inimaginable tamaño de 46 mil millones de años luz, sin embargo seguimos sin saber si es finito o infinito. Como decía Aristóteles: “Ir en busca de una explicación y admirarse, es reconocer que se ignora”.

Miguel Hoyuelos, egresado de la 32^a promoción de licenciados en Física en 1989, es profesor de la Universidad Nacional de Mar del Plata e investigador del CONICET. Trabaja en Física Teórica en el área de la Mecánica Estadística, en el Instituto de Investigaciones Físicas de Mar del Plata. Es autor de obras de divulgación científica (*Física Manifiesta* y *Ciencia y tragedia*, Eudem), así como de *Siccus* (Letra Sudaca), una notable novela sobre el futuro de la inteligencia artificial.