



Las fuerzas de la naturaleza (y V)

La Teoría Supercuerdas

La última frontera de la comprensión de las fuerzas de la naturaleza está, por el momento, en las llamadas teorías de Supercuerdas, y más en concreto en su última formulación, la denominada Teoría M, donde la M tiene un significado diverso según quien lo diga, y puede hacer referencia a "membrana", "mágica", "misteriosa" o, con menos glamour, "matriz". Explicar esta teoría está más allá de los conocimientos del autor, y mucho más de las posibilidades de hacerlo de un modo comprensible para el lector común de las acogedoras páginas de este periódico, pero creo posible dar una idea de cual es su encaje lógico e histórico.

Hemos comentado ya en otros artículos que las teorías vigentes de la interacción gravitatoria, la Teoría General de la Relatividad, y de la otra gran teoría del siglo XX, la Mecánica Cuántica, que ha permitido unificar parcialmente en el Modelo Standard las otras tres fuerzas de la naturaleza, se muestran irreconciliables: no parece existir ninguna forma de eliminar las incongruencias que surgen al aplicar la gravedad a un mundo descrito por partículas elementales. Dicho brevemente, no existe una teoría cuántica de la gravedad. Sin embargo, existen algunos enfoques que se remontan a los tiempos del origen de ambas teorías (Relatividad General y Mecánica Cuántica) que han abierto otros caminos que, como casi siempre en Física, están estrechamente ligados con las Matemáticas.

La Teoría de Kaluza-Klein

En 1919, apenas cuatro años después de la formulación de la Teoría General de la Relatividad, Theodor Kaluza, un matemático alemán, conjeturó que del mismo modo que las ideas de Einstein mostraban que la gravedad era una consecuencia de la curvatura del espacio en cuatro dimensiones (las tres direcciones del espacio más el tiempo), sería posible derivar las ecuaciones del electromagnetismo de un efecto similar de un espacio de más dimensiones. Postulando un espacio de cinco dimensiones (cuatro espaciales y el tiempo), Kaluza encuentra una ecuación de la que se derivan las ecuaciones de campo de Einstein por un lado y las ecuaciones de Maxwell por otro. Dicho de otro modo, lo que Kaluza consigue es presentar el electromagnetismo, también, como un efecto geométrico. Pero ¿qué significaba esa quinta dimensión? Al fin y al cabo, para pasar de tres a cuatro dimensiones lo que se hacía era adoptar el tiempo como una dimensión, pero el tiempo es una magnitud medible. La quinta dimensión de Kaluza no tenía, en cambio, significado alguno.

En 1926 el sueco Oskar Klein por entonces en Gotinga casi en el mismo momento en que nacía la Mecánica Cuántica, retoma las ideas de Kaluza e introduce una nueva: la quinta dimensión no es una dimensión lineal infinita, sino que es un pequeño círculo que se enrolla sobre sí mismo. Su cálculo muestra que el radio del círculo para que esto fuera posible sería del orden de la llamada longitud de Planck, una cantidad inimaginablemente pequeña (cien millones de billones de veces más pequeño que un núcleo atómico). Eso explicaría que no pudiésemos ver (ni ahora ni nunca) esa dimensión. Según esta teoría, en definitiva, a cada punto del espacio tridimensional se le puede asignar un pequeño bucle, de modo que las partículas pueden estar, en ese punto del espacio, en cualquier lugar del círculo. Junto con el tiempo, tenemos pues cinco dimensiones. Cuesta un poco habituarse a la idea de Klein.

Parte del problema reside en que no podemos imaginar dónde se enrollan esos bucles. No están dentro del espacio, extienden el espacio. La analogía más frecuente que se usa es imaginar que vemos una manguera desde gran distancia. La percibimos como una línea, es decir, una única dimensión. Si nos acercamos, podremos que esa dimensión en realidad se desdobra en dos (la antigua longitud y una nueva dimensión que da cuenta de la posición sobre la circunferencia de la manguera). Por cierto, para los amantes de la ciencia ficción, el tamaño de la quinta dimensión es tan pequeño que en ella no se puede ir a ningún lado.

Las ideas de Klein y Kaluza fueron algunas de las guías que siguió Einstein en su búsqueda de una teoría unificada de la Física. Pero los avances en las teorías cuánticas de campos sepultaron este campo de investigación. Pese a su evidente ingenio, su teoría fue poco más que una curiosidad matemática durante más de cincuenta años.

A finales de los años 70 del siglo pasado, con el atasco teórico derivado de la imposibilidad de reconciliar la gravedad con las otras fuerzas, alguien recordó los trabajos de Kaluza-Klein. Rápidamente, la teoría fue sacada de entre la naftalina, desempolvada y remodelada para acomodarse al nuevo paquete de fuerzas conocidas.

La situación había cambiado, y ahora no eran dos las fuerzas a reconciliar como para la Kaluza y Klein, sino cuatro. Rápidamente se llegó a la conclusión de que era neces-



Oskar Klein./ EL DÍA

sario trabajar en un espacio no ya de cinco dimensiones, sino de once; las supercuerdas son aquí los entes fundamentales y las vibraciones de las cuerdas (¡su sonido!) se corresponden con nuestras familiares partículas. Aquello parecía funcionar. Durante unos pocos años se vivió la euforia de que el final de la carrera de la unificación estaba cerca. Pronto las esperanzas se vieron frustradas: había al menos cinco teorías distintas matemáticamente lógicas que eran indistinguibles, y lo que es peor, no comprobables, desde el punto de vista físico.

A partir de 1994, principalmente a partir de los trabajos de Edward Witten, Juan Maldacena y Joseph Polchinski se encuentra que las cinco teorías de cuerdas disponibles podrían ser casos

particulares de una única teoría, la M, que las englobaría. Esta teoría predeciría correctamente la gravedad y mucho de lo que sabemos de las restantes fuerzas. Pero aún hay muchos problemas para verificar todo esto. Algunos de ellos se relacionan con el hecho de que las matemáticas que se involucran están por desarrollar, otros, con la necesidad de evidencias experimentales que muestren la veracidad de las afirmaciones que se hacen. Estos son los retos.

No quiero acabar esta serie sin una reflexión que viene al caso. Para entender la correspondencia entre las Matemáticas y la Física hay dos paradigmas diametralmente opuestos, en una dicotomía que se remonta a Aristóteles y Platón. Para el primero la realidad física es lo fundamental y el lenguaje matemático una aproximación útil. Para el segundo, la estructura matemática es la verdadera realidad, que los observadores perciben (la Física) de forma imperfecta. A la gente se la educa en el paradigma aristotélico, pero la mayor parte de los físicos teóricos razonan como platónicos. Así y todo, también ellos aceptan que la belleza de las teorías físicas, su propia coherencia, no basta para aceptarlas: necesitamos que nos digan algo del mundo que percibimos.

Luis Vega
Universidad de La Laguna

Edward Witten

Existe un ranking entre los científicos más importantes del mundo. Las publicaciones especializadas, por su difusión y el número de citas que reciben, permiten hacer clasificaciones con cierto nivel de objetividad al respecto.

Si se atiende a esto, el número uno en la lista de los 1.000 primeros físicos de los últimos veinticinco años, a gran distancia del segundo, es Edward Witten, nacido en Nueva York en 1951 y miembro del Instituto de Estudios Avanzados de Princeton, en New Jersey (EE.UU), el mismo en el que trabajó Einstein los últimos veintidós años de su vida.

Witten recibió en 1990 la Medalla Fields, galardón equivalente en Matemáticas (en los aspectos honoríficos, no en el dinero) a los premios Nobel, con la singularidad de que se otorga cada cuatro años y a científicos de menos de cuarenta años. Es el gran líder mundial de la Teoría M, el más reciente avance en la Física Teórica y la gran esperanza actual de encontrar una teoría que unifique las interacciones de la naturaleza.

El Instituto de Estudios Avanzados de Princeton es el templo sagrado de la Física-Matemática actual. Desde que lo fundaran en 1930 los millonarios Louis Bam-

berger y su hermana Felix Bamberger-Fuld, ha contado en su plantel de investigadores con 21 premios Nobel y nada menos que 32 de los 44 galardonados con la Medalla Fields.

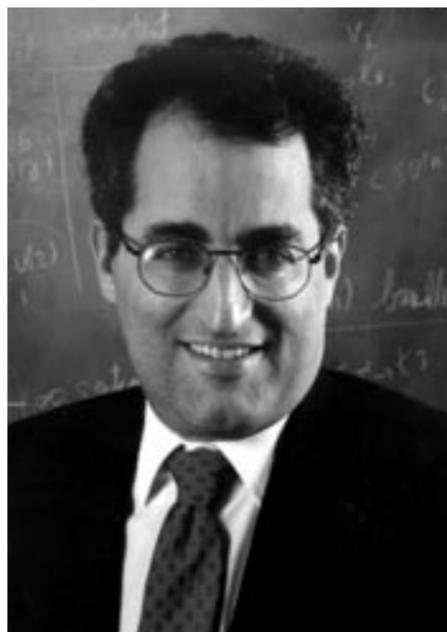
En esos números no se incluyen otros muy destacados personajes de la ciencia, como John Von Neumann, Kurt Gödel, o Julius Robert Oppenheimer, por citar algunos de los más conocidos.

Witten afirma que "lo que hace que la teoría de supercuerdas sea tan interesante es que el marco estándar mediante el cual conocemos la mayor parte de la física es la teoría cuántica y resulta que ella hace imposible la gravedad.

La relatividad general de Einstein, que es el modelo de la gravedad, no funciona con la teoría cuántica.

Sin embargo, las supercuerdas modifican la teoría cuántica estándar de tal manera que la gravedad no sólo se convierte en posible, sino que forma parte de ella, es inevitable.

Esta teoría tiene implicaciones cuando piensas en cosas muy pequeñas, en el microcosmos; toda la teoría de partículas elementales cambia con las supercuerdas. En cuanto a nuestra comprensión del universo



Edward Witten./ EL DÍA

a gran escala (galaxias, el Big Bang...), creo que afectará a nuestra comprensión del cosmos como un todo, pero todavía no ha alcanzado ese nivel."

Las dificultades de las supercuerdas se explicaba así "es como el caso del vaso de agua en el que das vueltas con una cuchara; conocemos las ecuaciones para este caso

desde el siglo XVIII, pero sólo las podemos solucionar si das vueltas con la cuchara despacio, porque si lo haces rápido surgen turbulencias y entonces no podemos. En supercuerdas estoy seguro de que si solucionásemos todas las ecuaciones, haríamos predicciones consistentes, demostrando que la teoría es correcta."

En una entrevista afirmaba "puedes estudiar el universo de muchas maneras: observar con un telescopio o salir y mirar al cielo... Y también puedes, o podrás algún día, utilizar las supercuerdas para tener una visión más profunda.

Puedes sentir la maravilla del universo sin una preparación científica, pero el nivel de apreciación de la naturaleza, la fascinación, viene de comprender mejor."

Fuera de su dedicación a la Física sus inquietudes son pocas "Juego al tenis, aunque no soy muy bueno. Tengo tres hijos a los que dedico tiempo.

Y soy miembro del comité de dirección de la asociación América For Peace Now, que se ocupa de la paz en Oriente Medio. Como tal, desearía decir a los países europeos que se mantengan firmes en defensa del proceso de paz para impedir que colapse, como está sucediendo." De alguna manera Witten encarna la esperanza mostrada en la inscripción del anverso de la medalla Fields "Transire suum pectus mundoque potiri", que significa: "Trascender el espíritu y domeñar el mundo".