

NOVEDADES CIENTÍFICAS EN 2017

EN FÍSICA

EL UNIVERSO

Deberíamos comenzar nuestra revisión del año 2017 mencionando el premio Nobel de física para Kip Thorne, Rainer Weiss y Barry Barish por el descubrimiento de las ondas gravitacionales en LIGO (*Laser Interferometer Gravitational-wave Observatory*) el pasado año. Todo parte de la relatividad general, descrita por Albert Einstein en 1915, que explica la gravitación asumiendo que la materia curva el propio espacio-tiempo. Desde el principio la teoría predijo la existencia de ondas de curvatura, creadas fundamentalmente en los eventos astrofísicos más violentos. LIGO comenzó su operación en 2002, constituyendo una de las colaboraciones científicas a mayor escala de la historia. En 2016 finalmente anunciaron su primer éxito: la detección de la fusión de dos agujeros negros. Desde entonces ha habido otras tres detecciones de estallidos de ondas gravitacionales, abriéndose así la puerta a una nueva rama de la astrofísica.

Hace unas semanas se confirmaba la primera observación de la contraparte electromagnética de una señal de ondas gravitatorias a través de lo que se conoce como una *kilonova*, que es una corta pero potente emisión de rayos gamma producida tras la fusión de dos estrellas de neutrones, o una estrella de neutrones y un agujero negro. [doi:10.1038/nature24303]

El observatorio Pierre Auger, en Argentina, ha recopilado datos sobre rayos cósmicos ultra-energéticos (aprox. 10^{19} eV, 1 julio por partícula) durante 12 años en un área de 3000 km², y este año han publicado un resultado impactante: no provienen del núcleo de nuestra galaxia, como creíamos. De hecho, ni siquiera parecen proceder de la Vía Láctea. Su origen resulta, por tanto, un fascinante misterio. [doi:10.1126/science.aan4338]

La relatividad general predice ciertos fenómenos fascinantes, como la desviación de la luz por campos gravitatorios. En 2017 el telescopio espacial Hubble (HST)

ha observado por primera vez a una estrella deflectar la luz de otra al pasar por detrás de ella, a una enorme distancia [doi:10.1126/science.aal2879].

Las fluctuaciones en la temperatura de la radiación cósmica de fondo de microondas (CMB) presentan unos patrones cuya explicación aún nos elude. La Mancha Fría (ver figura), una región de 1,8 mil millones de años luz de ancho con una temperatura sensiblemente inferior a lo esperado, ha atraído una gran atención. Las hipótesis más plausibles hasta el momento, tales como un “súper-vacío” (una relativa ausencia de materia) o un mero truco luminoso, han sido recientemente refutadas. [ArXiv:1704.03814] ¿Qué nos queda, entonces? Se ha puesto sobre la mesa la posibilidad de que la Mancha Fría resulte un punto de vecindad a un universo paralelo, dentro de los esquemas del multiverso. ¿Quién sabe?

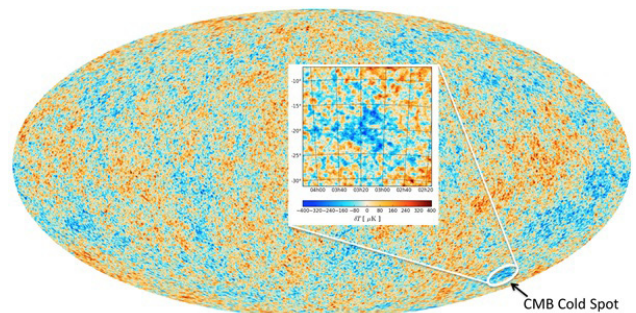


Figura 1. Mapa de la temperatura de la radiación de fondo de microondas (CMB), destacando la misteriosa Gran Mancha Fría.. Fuente: ESA y Durham University.

Uno de los aspectos más controvertidos del modelo estándar cosmológico (conocido como *Lambda Cold Dark Matter, Lambda-CDM*) es la necesidad de suponer una energía oscura que dirige la expansión del universo sin poder ser detectada. Un trabajo teórico publicado este año pone en duda la necesidad de dicha energía oscura, considerando un modelo para la estructura a gran escala del Universo formado por burbujas que se expanden a velocidades diferentes, con las galaxias concentrándose en las fronteras entre ellas. Sus cálculos teóricos corresponden bastante bien con las observaciones, quizás estemos ante una revolución en nuestra comprensión del Universo. [ArXiv:1607.08797]

Sabemos que la Vía Láctea, nuestra galaxia, se mueve en el Universo. Pero, ¿por qué? No parece haber ninguna concentración grande de materia que pueda atraerla en la dirección hacia la que nos movemos. La solución al misterio parece ser mirar hacia atrás: en la dirección de la que provenimos parece haber un gran vacío. De esta manera, el tirón gravitatorio no necesita ser fuerte en la dirección hacia la que nos movemos, tan sólo estar descompensado por un tirón similar en dirección opuesta. [doi:10.1038/s41550-016-0036]

Otra de las áreas de exploración del Universo más fascinantes es la búsqueda de exo-planetas, y GJ 1132b es un ejemplo muy relevante. A 39 años-luz de nosotros (es decir, un vecino), tiene una masa cercana a la de la Tierra y es el primer exo-planeta de este tipo del que podemos afirmar que tiene una atmósfera. Desafortunadamente, está su temperatura es demasiado alta, debido a un enorme efecto invernadero y su anclaje a su Sol por fuerzas de marea (como Mercurio). Aun así, es un paso más en la dirección de encontrar un exo-planeta que pueda contener vida. [AJ 153 191]

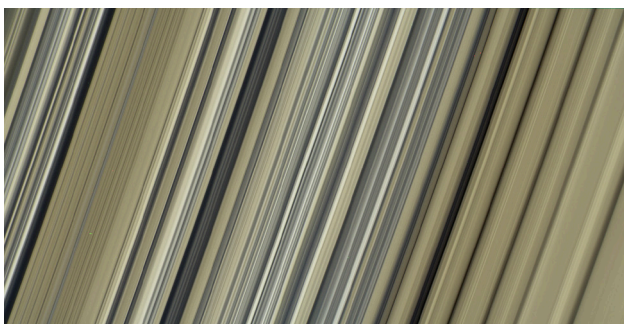
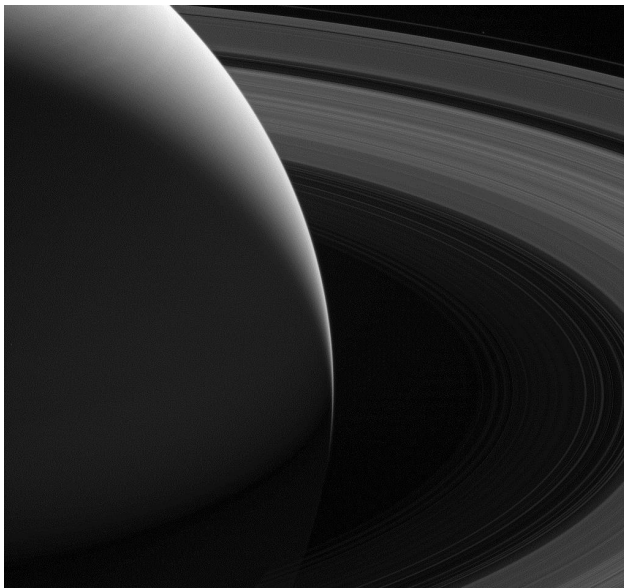


Figura 2. Dos de las últimas fotografías de Saturno tomadas por Cassini. Fuente: Jet Propulsion Laboratory, NASA.

La sonda Cassini de la NASA, lanzada hace veinte años, ha realizado en 2017 su última misión, que consistió en atravesar el espacio entre Saturno y sus anillos para regalarnos unas maravillosas últimas imágenes, como la que vemos en esta figura. Tras obtenerlas, Cassini se ha sumergido en Saturno para desaparecer en él. ¿Por qué ha sido necesario destruir Cassini, en lugar de dejarle orbitar indefinidamente? El entorno de Saturno es muy complejo gravitatoriamente, con sus 62 satélites. La probabilidad de que, una vez abandonado, pudiera colisionar con alguno de los satélites es muy alta, y algunos de ellos, como Titán o Encelado, podrían contener vida que pondríamos en riesgo. Cassini ha hecho su servicio final. [<http://saturn.jpl.nasa.gov>]

FÍSICA DE ALTAS ENERGÍAS Y GRAVITACIÓN

La materia de la que estamos constituidos está formada por sólo la primera familia de quarks (*up* y *down*), de tres que existen. Todas las partículas que hemos encontrado en laboratorio contenían sólo un quark “pesado”, de una de las otras dos familias. Por primera vez, en 2017 se ha detectado en el LHC (*Large Hadron Collider*) del CERN una partícula con dos quarks pesados. En la terminología imaginativa de los físicos de altas energías, es una partícula “doblemente encantada”, por contener dos quarks tipo “*charm*”. Estas disposiciones extrañas de quarks nos pueden hacer comprender mejor los misterios de la cromodinámica cuántica, la interacción que los mantiene unidos. [Phys. Rev. Lett. 119, 112001]

El modelo estándar de las interacciones fundamentales (excluyendo la gravitatoria) está realmente bien asentado. Es por ello que cualquier vulneración de sus principios resulta tremendamente llamativa. Así, uno de dichas hipótesis básicas es que los leptones (las partículas ligeras, electrón, muón, tauón y los neutrinos) sólo difieren en su interacción a través de sus diferentes masas. Análisis de experimentos en el LHC muestran que esta hipótesis de universalidad leptónica podría fallar. Quizá este resultado apunte a la existencia de nuevas interacciones desconocidas hasta el momento. [Nature 546, 227–233]

¿Pueden los fotones colisionar entre sí? Sí, de acuerdo con la electrodinámica cuántica, pero hasta este año no se había logrado una observación directa de dicho fenómeno, que ha tenido lugar por primera vez a través de la colaboración ATLAS en el LHC (*Large Hadron Collider*) del CERN. [ArXiv:1702.01625]

Tras más de un siglo de teoría general de la relatividad y de mecánica cuántica aún carecemos de una teoría consistente que las unifique, pero vamos acumulando pistas interesantes. Teóricos de la Universidad de Viena han mostrado que, si ambas teorías son consistentes, una medida precisa en un reloj necesariamente afecta a la métrica del espacio-tiempo, que a su vez empeorará la precisión alcanzable mediante otros relojes vecinos. El tiempo físico cada vez nos resulta más misterioso. [doi:10.1073/pnas.1616427114]

FÍSICA Y COMPUTACIÓN

Los seres vivos almacenan su información más valiosa, su código genético, en macromoléculas tales como el ADN. ¿Podríamos usar nosotros la misma tecnología? En efecto. Por primera vez, se ha almacenado un archivo conteniendo un vídeo corto en hebras de ADN, recuperando después la información sin error alguno. [doi:10.1126/science.aaj2038]

¿Cómo de pequeño puede ser un bit de información? En IBM han logrado reducir aún más la cota: un solo átomo de Holmio puede almacenar dos bits de información en el espín de sus electrones exteriores de manera estable, y ser leída con un microscopio de efecto túnel (STM). [Nature 543, 226]

Es conocido que las propiedades de entrelazamiento cuántico entre distintas partículas (p.ej. fotones) pueden mejorar sensiblemente nuestra tecnología de comunicación y de cómputo. En el Max Planck de Erlangen, Alemania, han logrado comunicar estados cuánticos por primera vez entre un satélite geostacionario a 38.000 km sobre la Tierra y una estación de superficie en el Observatorio del Teide en Tenerife. Con este logro se abre la posibilidad de comunicaciones cuánticas por satélite. [10.1364/OPTICA.4.000611]

Pero, ¿está cerca el computador cuántico universal? Un equipo de la Universidad de Sussex (Reino Unido) ha creado los planos del que podría ser el primer ejemplar en funcionamiento, basado en tecnología de iones atrapados y con puertas lógicas construidas mediante radiación de onda larga. Sería un computador escalable (aumentable de tamaño) y con un sistema de control de errores. Quizá esté más cerca de lo que pensamos. [doi:10.1126/sciadv.1601540]

Sin embargo, ya existe un ámbito en el que la computación cuántica nos ayuda, y es a través de la simulación cuántica de sistemas cuánticos complejos mediante

otros más sencillos. Así, por ejemplo, el diseño de nuevos materiales o la química cuántica están siendo los primeros beneficiarios de la naciente computación cuántica. La simulación de una molécula compleja lleva una cantidad enorme de tiempo y de recursos computacionales. El simulador cuántico, en cambio, nos está ayudando a responder preguntas sobre ellos en un tiempo muy pequeño. [<https://www.technologyreview.com/s/603794>]

Científicos de la universidad de Manchester (Reino Unido) han creado el primer robot molecular, capaz de llevar a cabo tareas básicas, entre las que se incluye construir otras moléculas. Cada robot individual tiene unos 150 átomos. Pueden ayudar a llevar a cabo reacciones químicas y pueden ser programados. Quizás veamos en pocos años líneas de montaje químicas, igual que en la fabricación de automóviles. [Nature 549, 374–378]

Decía Arthur C. Clarke (autor de “2001, una odisea espacial”) que la tecnología de una civilización avanzada es indistinguible de la magia. Entre los superpoderes que nos ha regalado la ciencia este año está el de leer mentes. La tecnología de realidad virtual (VR) junto al biofeedback han llevado a la compañía Neurable a crear el primer videojuego que se controla directamente con la mente. [www.neurable.com] Asimismo, un equipo de científicos ha logrado comunicarse con un paciente “en-cerrado” (*locked-in*) mediante una novedosa interfaz cerebro-computador. [doi:10.1371/journal.pbio.1002593]

FÍSICA DE LA MATERIA CONDENSADA

Los nuevos materiales ya no se construyen por ensayo y error, sino que obtenemos la receta para fabricarlos de cálculos teóricos previos. Obtener buenos imanes es uno de los objetivos de los físicos de la materia condensada. En la Universidad de Duke (EE.UU.) los teóricos han logrado dar la receta para dos nuevos materiales para crear imanes de muy alta calidad, y que no contienen tierras raras (lantánidos y actínidos, muy raros en la naturaleza y comunes en los imanes de alta potencia). [10.1126/sciadv.1602241]

El grafeno es el material de moda, por sus propiedades electrónicas y estructurales. Consta de una monocapa de átomos de carbono, y los electrones parecen no tener masa al moverse sobre él. La sorpresa fue que también podría servir como cedazo molecular para desalar el agua. Aunque la idea ya había sido expuesta con anterioridad, científicos del Reino Unido han logrado salvar las dificultades técnicas y mostrar que realmente el

proceso puede tener lugar en la práctica. [doi:10.1038/nano.2017.21]

Uno de los griales de la física de la materia condensada, el hidrógeno metálico, ha sido finalmente obtenido este año en la Universidad de Harvard. En 1935 se predijo que sería necesaria una presión de 25 GPa (gigapascas), pero en la práctica han hecho falta más de 450 GPa. El hidrógeno se situó entre dos diamantes especialmente tratados para resistir estas altísimas presiones, y hubo que evitar efectos finos como la minúscula difusión del hidrógeno dentro del propio diamante. [doi:10.1126/science.aal1579]

Otro de los grandes logros de 2017 fue la fabricación en el MIT (EE.UU.) y en Zúrich (Suiza) del primer supersólido, un material que mantiene el orden de un sólido, y aun así disfruta de superfluidez, pudiendo fluir sin viscosidad. Para ello necesitamos un conglomerado de átomos bosónicos, como los átomos de Sodio, que con-

fluyan en un condensado de Bose-Einstein, sistema en el que los átomos se comportan como si fueran uno solo. [Nature 543, 91–94]

Uno de los conceptos más exóticos de la física reciente es el de “cristales temporales”. El espacio vacío es invariante bajo cualquier tipo de traslación, pero los cristales son invariantes sólo bajo traslaciones discretas, dependientes de la distancia entre los átomos. De la misma manera, las fluctuaciones cuánticas pueden inducir a un sistema físico a reducir la simetría bajo cualquier traslación temporal a una simetría bajo traslaciones discretas. En otras palabras: producen un patrón que se repite para siempre, sin disipación alguna. Este año se ha logrado, por primera vez, crear dichos sistemas en el laboratorio. [Nature 543, 221–225]

Javier Rodríguez Laguna
Dpto. de Física Fundamental