

Universo

N.º 131

20 de julio a 20 de agosto de 2021

SUMARIO

- **Presentación**
- **Actualidad científica**
 - Breves
- **En profundidad**
 - ¿Es necesaria una agencia espacial española?
- **En desarrollo**
 - El hidrógeno, ¿un combustible alternativo?
 - Presentados los mayores mapas de la materia del universo
- **De cerca**
 - “El vacío no es la nada y tampoco está vacío”. Entrevista al físico teórico Álvaro de Rújula
- **Libros**
- **Grandes nombres**
 - Kelvin: el caballero británico que inventó una escala

Presentación

Contar con una agencia espacial española ha sido durante mucho tiempo una reivindicación de buena parte del sector aeroespacial de nuestro país y, recientemente, el Gobierno del PSOE anunció por sorpresa la creación de una entidad de esta naturaleza. Pero ¿es realmente necesaria una agencia espacial en España? Tratamos de responder a esta pregunta en un amplio reportaje.

Se lleva investigando mucho tiempo si el hidrógeno, el elemento más abundante del universo, podría ser utilizado como fuente de energía y como combustible alternativo al petróleo y al gas natural, ya que estos desaparecerán en las próximas décadas, debido especialmente a las ingentes cantidades de dióxido de carbono que liberan a la atmósfera. Analizamos si el hidrógeno podría ser una alternativa real a esos combustibles fósiles.

Los mayores mapas de la materia del universo presentados hasta la fecha, una entrevista al físico teórico Álvaro de Rújula y la biografía de Kelvin, inventor de la escala termométrica que lleva su nombre, son otros contenidos que te ofrecemos en este nuevo número de *Universo*.

Actualidad científica

Breves

Crean un artilugio para analizar drogas usando el teléfono móvil

Un equipo de científicos de la Universidad de Texas asegura que es posible analizar sustancias químicas, como drogas, utilizando la cámara del teléfono móvil, para lo cual solo será necesario acoplar un montaje muy asequible.

Según informa el diario *La Razón*, los científicos han aprovechado la alta sensibilidad de los teléfonos móviles para poder desarrollar un espectrómetro utilizando su cámara. Los espectrómetros son herramientas científicas capaces de medir la intensidad y tipo de luz que reciben, siendo muy utilizados por los químicos para poder identificar determinados componentes.

Mediante la toma de varias fotos del compuesto químico tras ser excitado por un láser, es posible analizar las emisiones de luz y reconocer la firma química de un compuesto, logrando un espectrómetro de bajo coste. Los investigadores probaron el sistema con diferentes productos, como etanol, acetona, cultivos de bacterias y zanahorias. En este último caso, el artilugio era suficientemente preciso como para poder distinguir la traza química del pigmento caroteno.

Aunque utilice la cámara del teléfono móvil, es necesario acoplar un láser en el ángulo adecuado para excitar los compuestos químicos. Los componentes para montarlo, incluyendo el láser, cuestan unos 50 euros, y el montaje puede acoplarse y quitarse con facilidad en cualquier móvil. Esta solución tendrá implicaciones tanto en el día a día —para detectar, por ejemplo, la composición química de varias drogas y alimentos— como en el mundo de la investigación, permitiendo que laboratorios con escasos recursos puedan realizar mejores investigaciones.

Destapan múltiples ilegalidades en el mercado chino donde pudo originarse la pandemia

Científicos chinos han desvelado que la mayoría de mercados de Wuhan, la ciudad en la que comenzó la pandemia de la covid, vendían animales salvajes vivos de forma ilegal, lo que refuerza la teoría de que el virus pudo saltar de animales a humanos en los puestos de venta de productos frescos de este tipo.

Según informa el diario *El País*, los científicos analizaron los mercados de Wuhan en los que se venden animales salvajes para comida o como mascotas en busca del origen del brote de la covid. Sus datos, publicados en la revista *Scientific Reports*, demuestran que en el mercado de marisco de Huanan y en muchos otros de la ciudad se vendían animales salvajes, incluidas especies protegidas por las leyes chinas.

“Casi todos los animales se vendían vivos, enjaulados”, estaban “amontonados” y en “malas condiciones”, relata el estudio. Muchos tenían heridas de bala o marcas de cepos. “En la mayoría de los puestos se ofrecía sacrificar y despiezar

la compra con las implicaciones que eso tiene para la higiene y el bienestar animal”, detalla el trabajo. Ninguno de los puestos analizados aclaraba adecuadamente el origen de la carne o de los animales que allí se vendían. “Casi toda la venta de animales salvajes era ilegal”, añaden los investigadores.

En los mercados de Wuhan se vendían estorninos muy preciados, que saben imitar la voz humana, por unos 300 euros; víboras venenosas a unos 70 euros el kilo, y perros mapache a 25 euros el kilo. Estos últimos están entre los mamíferos que pueden infectarse de SARS-CoV-2 y transmitirlo. Algunas de las especies son también reservorio de otras enfermedades peligrosas, como la rabia y la gripe aviar H5N1. Sin embargo, entre todas las criaturas a la venta no había ni murciélagos ni pangolines, considerados hasta ahora los reservorios más probables desde los que el coronavirus pudo llegar hasta los humanos.

Los nuevos datos cuestionan el trabajo del equipo de expertos independientes que la Organización Mundial de la Salud (OMS) trasladó a China el pasado invierno para intentar averiguar cómo empezó la pandemia. En su informe señalaron que los responsables del mercado de Huanan les aseguraron que “todos los animales a la venta eran de granjas legales” y que no había animales salvajes vivos. Pero el mismo trabajo advertía de que de las casi mil muestras tomadas entre enero y marzo de 2020 de los diferentes puestos en el mercado de Huanan y otros similares, 73 tenían SARS-CoV-2.

Encuentran en Teruel la columna vertebral de un dinosaurio de más de 25 metros

Paleontólogos del grupo Aragosaurus-IUCA de la Universidad de Zaragoza y del Instituto Catalán de Paleontología Miquel Crusafont han recuperado en el yacimiento de Camarillas (Teruel) la serie vertebral articulada más completa de un dinosaurio saurópodo gigante en España.

Según informa el diario *El Mundo*, los fósiles, de unos 145 millones de años, incluyen parte de una columna vertebral de más de cinco metros, con al menos 15 vértebras articuladas del cuello y de la espalda de un dinosaurio gigante, perteneciente a una nueva especie sin describir.

El paleontólogo Diego Castanera, investigador posdoctoral que ha liderado este trabajo junto a José Ignacio Canudo, investigador principal del grupo Aragosaurus de la Universidad de Zaragoza, explica que “las vértebras tienen una dimensión de más de 30 centímetros de largo y, a falta de su restauración, se estima que podrían tener unas dimensiones cercanas a un metro de altura cada una de ellas”.

Añade que “se trataría de un dinosaurio que bien podría alcanzar una longitud superior a los 25 metros y, posiblemente, sea uno de los más grandes a nivel europeo”. En opinión de los expertos, el hallazgo aportará nuevos datos sobre los dinosaurios gigantes, ya que posiblemente se trate de una nueva especie de dinosaurio.

Unos organismos microscópicos resucitan tras pasar 24000 años congelados en Siberia

Investigadores rusos han descubierto unos rotíferos, unos pequeños animales multicelulares que solo son visibles al microscopio, que han vuelto a la vida después de pasar 24000 años congelados en el permafrost siberiano. El estudio, publicado en la revista *Current Biology*, demuestra que algunos microorganismos pueden soportar largos períodos de tiempo en criptobiosis, un estado en el que los procesos metabólicos están casi completamente detenidos.

Los rotíferos bdelloideos, que se encuentran en el agua dulce y en la tierra húmeda, son conocidos por ser extremadamente resistentes. Son capaces de sobrevivir al secado, la congelación, la inanición y la falta de oxígeno.

Investigaciones anteriores habían demostrado que estas criaturas podían sobrevivir hasta diez años congeladas. Pero el nuevo trabajo, en el que se ha utilizado la datación por radiocarbono, “es la prueba más dura a día de hoy de que los animales multicelulares podrían soportar decenas de miles de años en criptobiosis”, afirma Stas Malavin, del laboratorio de Criología del Suelo del Instituto de Problemas Físicoquímicos y Biológicos en Ciencias del Suelo en Pushchino, Rusia.

Según informa el diario *ABC*, los científicos congelaron y, posteriormente, descongelaron docenas de antiguos rotíferos en el laboratorio. Los experimentos mostraron que los ejemplares podían resistir la formación de cristales de hielo cuando se congelan, lo que sugiere que tienen algún mecanismo para proteger sus células y órganos del daño a temperaturas extremadamente bajas. Una vez descongelados, pudieron reproducirse en un proceso clonal conocido como partenogénesis, que consiste en la división de un óvulo hasta formar un preembrión, sin necesidad de un espermatozoide.

Los investigadores quieren aprender más sobre los mecanismos biológicos que permiten que los rotíferos sobrevivan y tienen la esperanza de que los conocimientos sobre estos pequeños animales ofrezcan pistas de cómo crioconservar mejor las células, tejidos y órganos de otros animales, incluidos los humanos.

La NASA enviará su primer robot a la Luna a finales de 2023

La NASA planea enviar su primer robot a la Luna a finales de 2023 para buscar hielo y otros recursos. El rover que llegará al satélite, llamado Viper, se centrará en explorar las regiones que se encuentran en sombra permanente. Estas áreas no han visto la luz del Sol en miles de millones de años y son algunos de los puntos más fríos del sistema solar.

Para realizar el análisis, el robot utilizará unas ruedas especiales y un sistema de suspensión que le permitirá desplazarse por todos los tipos de suelo. El diseño del rover mejora significativamente un antiguo concepto robótico que servía para prospectar la Luna llamado Resource Prospector, que la NASA canceló a principios de 2018.

Según informa el diario *El Mundo*, Viper llevará cuatro instrumentos fundamentales para realizar la expedición lunar: el taladro de percusión, un espectrómetro de masas, un espectrómetro de infrarrojos y un espectrómetro de neutrones. Antes de que el robot llegue a la Luna, el equipo probará las versiones anteriores de estos instrumentos para constatar que no existe ningún tipo de riesgo.

"Los datos recibidos de Viper tienen el potencial de ayudar a nuestros científicos a determinar ubicaciones y concentraciones de hielo en la Luna que nos ayudarán a evaluar el medio ambiente y los recursos potenciales en el polo sur lunar en preparación para los astronautas de Artemisa", dice en un comunicado Lori Glaze, directora de la División de Ciencias Planetarias de la NASA.

Constatan que la leche materna genera anticuerpos y protege de la covid-19

Investigadoras valencianas han constatado la ausencia del virus SARS-CoV-2 en muestras de leche materna de mujeres infectadas por coronavirus, en la mayoría de las cuales, sin embargo, sí había anticuerpos para defender de él al recién nacido. Se trata de los primeros estudios de este tipo en España, y primeros a nivel mundial en comparar los efectos de las vacunas en la leche materna.

En una primera aproximación, las investigadoras analizaron en muestras de leche materna de mujeres infectadas por SARS-CoV-2 la presencia de RNA viral y de anticuerpos específicos, no detectándose el virus en ninguna de ellas. Sin embargo, en la mayoría sí había anticuerpos específicos IgA, IgG e IgM frente a proteínas estructurales del SARS-CoV-2, como el denominado Receptor Binding Domain (RBD), así como frente a proteínas no estructurales, como la proteasa principal (MPro), analizada por primera vez en la leche materna.

"Estos resultados sustentan de forma evidente la importancia de recomendar la lactancia materna de forma sistemática en todos los casos en los que la madre tenga poca o nula sintomatología", indica la doctora Cecilia Martínez Costa, jefa del Servicio de Pediatría del Hospital Clínico e investigadora principal del Grupo de Nutrición Pediátrica del Incliva.

En una segunda fase, el grupo de investigación estudió los efectos de la vacunación en mujeres lactantes, analizando la presencia de anticuerpos anti-SARS-CoV-2 en 75 vacunadas. Se demostró la presencia de anticuerpos específicos (IgA e IgG) frente a SARS-CoV-2, que variaron, además, en función de la vacuna recibida y de si las madres habían padecido previamente la infección.

Se estudiaron muestras de 30 mujeres con vacunación completa de Pfizer, 21 con la pauta completa de Moderna y 24 con la primera dosis de AstraZeneca, produciéndose en todos los casos una respuesta a la vacunación con elevación de anticuerpos frente al SARS-CoV-2, mucho más intensa tras la segunda dosis. En mujeres que habían pasado la infección, los niveles de anticuerpos tras la

primera dosis de vacuna fueron tan altos como en los casos de mujeres sanas con las dos dosis.

En profundidad

¿Es necesaria una agencia espacial española?

Por César Mestre

Recientemente, el Gobierno de Pedro Sánchez anunció por sorpresa la creación de una agencia espacial española, algo que el ministro de Ciencia, Pedro Duque, había descartado, al menos por el momento, el pasado mes de marzo. Disponer de una entidad de esta naturaleza ha sido durante muchos años una reivindicación de buena parte del sector aeroespacial español, ya que, a pesar de que nuestro país pertenece a la Agencia Espacial Europea (ESA), las empresas entienden que contar con un organismo nacional les daría una mayor seguridad jurídica, así como la posibilidad de canalizar de una manera más adecuada las competencias espaciales, actualmente dispersas en varios ministerios, y de tener acceso a más contratos internacionales.

La antigua demanda de tener en España una agencia espacial propia dejó de ser una simple esperanza –cuando un astronauta se hizo cargo del Ministerio de Ciencia– para convertirse en una posibilidad más que tangible, acrecentada por el hecho de que el nuevo titular de esa cartera había defendido públicamente los beneficios que brindaría un organismo de esas características que ejerciese de interlocutor único. Sin embargo, a lo largo de su trayectoria como ministro de Ciencia, Pedro Duque no se ha mostrado favorable a crear una agencia espacial nacional, al igual que la tienen otros países europeos que también son integrantes de la ESA, como Francia, Italia, Portugal, Alemania, Bélgica, Luxemburgo o Reino Unido.

Pero el Ejecutivo de Pedro Sánchez ha enmendado la plana a su ministro al anunciar, recientemente y por sorpresa, la creación de una agencia espacial española a través del director del Gabinete del presidente, Iván Redondo. Una noticia que ha cogido por sorpresa al sector aeroespacial, como aseguraba al diario *El Mundo* Isabel Vera, presidenta del Comité del Espacio del Instituto de la Ingeniería de España: "El anuncio me ha sorprendido y lo acojo con ilusión, porque esperamos que sea un primer paso para organizar y coordinar mejor el sector. Lo que nosotros reclamábamos era un organismo supraministerial porque, actualmente, las competencias del espacio están repartidas entre muchos ministerios: Defensa, Ciencia e Innovación, Fomento, Industria... Ahora lo que nos preocupa es cómo se va a estructurar esta agencia para que de verdad sea efectiva".

Una iniciativa sesentera

España contó durante dos décadas con un organismo similar a una agencia espacial, siendo, de hecho, uno de los primeros países europeos en tenerlo, ya que, en los albores de la década de los 60, solo Francia disponía de una entidad nacional, el CNES, que se encargara de las cuestiones espaciales. La denominada Comisión Nacional de Investigación del Espacio (Conie) española fue creada en 1963 y, aunque estaba adscrita al Ministerio de Defensa, era

gestionada por el Instituto Nacional de Técnica Aeroespacial (INTA). Este organismo fue suprimido en 1986 y sus funciones fueron transferidas a la Comisión Interministerial de Ciencia y Tecnología (Cicyt), que delegó en el Centro para el Desarrollo Tecnológico e Industrial (CDTI), dependiente del Ministerio de Industria, la gestión y el seguimiento de los programas de la ESA.

Días después de realizarse el anuncio de la creación de la nueva agencia espacial española, Pedro Duque se congratuló de ello y dijo que servirá para impulsar nuevos "proyectos nacionales" y para coordinar diferentes actividades aeroespaciales de una manera más "eficiente". "Venga de donde venga el requisito, imágenes, telecomunicaciones, lanzadores... Es bueno tener un cuerpo técnico que sea capaz de responder a todo. Es lo más eficiente", declaró el titular de Ciencia y exastronauta.

Además, dijo que "está demostrado en todos los países y organizaciones del mundo que el conocimiento transversal de hacer cosas en el espacio, la ingeniería básica, es necesario para todo", y la futura agencia española servirá para coordinar esas actividades y también para impulsar "proyectos nacionales españoles" con "un cuerpo técnico para poder darle soporte". En su opinión, ahora se dan ciertos "requisitos" que la hacen viable, como el "impulso" que brindará el plan de recuperación pospandemia. Añadió que esa nueva agencia continuará con el "medio siglo de relación" entre España y la ESA, tiempo en el que han nacido diferentes empresas que "se han posicionado en diversos nichos de tecnología a un nivel comparable a cualquier otra empresa de Europa".

"Ahora todo se está acelerando bastante, y también están surgiendo empresas españolas que se están aprovechando. Tenemos proyectos de pequeños lanzadores al espacio, proyectos de tecnología enormemente miniaturizada para nanosatélites, con empresas que han salido de las universidades, por ejemplo, en Galicia, y muchos otros. Pero no solo es eso, sino que se ve que en los diversos estamentos ministeriales hay interés por facilitar su trabajo con datos y servicios obtenidos del espacio y, por lo tanto, es posible que tengamos una serie de proyectos espaciales en los fondos de recuperación que sean adicionales a los que normalmente hacemos en la ESA", explicó Duque.

E insistía: "El momento es positivo. En los últimos 20 años siempre he dicho que habiendo solo una única financiación para temas del espacio y no teniendo programas espaciales, lo que hacíamos era contribuciones a la ESA, así que no tenía sentido; ahora, al incrementarse la actividad y al haber en ciernes proyectos nacionales, tenemos que estudiar la creación de una agencia".

Según el ministro, las circunstancias para pensar en la creación de un organismo nacional dedicado al ámbito espacial son actualmente muy diferentes a las de hace apenas dos décadas. "Siempre he dicho que serviría la creación de una institución como esta en el caso de que hubiese diferentes fuentes de financiación que hubiese que coordinar, y también de requisitos y peticiones para programas del espacio, y yo creo que, en este momento, estamos ahí", reitera.

Duque reveló que la idea de crear esta agencia se empezó a gestar a comienzos de 2021 y que lo que se hará a partir de ahora es crear una hoja de ruta donde

se recoja el mínimo trastorno posible de las cuentas públicas, para posteriormente debatir sobre la estructura del nuevo organismo.

Reacciones

Desde el anuncio del Ejecutivo, los expertos en ciencias espaciales han especulado mucho sobre cuál sería la mejor estructura de agencia para España. El exdirector de Crisa/Airbus Defence & Space, Víctor Rodrigo, considera que los modelos francés y alemán “son los ideales, al defender los intereses y al desarrollar tecnología al mismo tiempo”. Pero Rodrigo cree que, aunque lo idílico fuera eso, en España lo más sensato sería disponer de una agencia pequeña, sin más ambiciones.

Por su parte, Alejandro Sánchez, astrofísico de la Universidad de Exeter (Reino Unido), señala al periódico digital *Vozpópuli* que “muchas gente asocia agencia espacial a astronautas, pero no es lo principal, hay otras prioridades”, y considera que, además de para la astrofísica, contar en el caso de España con una agencia espacial propia podría ser útil, por ejemplo, para la prevención de incendios, la lucha contra el cambio climático o el control de fronteras.

Sánchez incide en que también podría ser útil para competir con los restantes países europeos. “Si quieres desarrollar algo y no eres competitivo, no puedes rivalizar a nivel europeo. Qué mejor que una agencia espacial de tu propio país para gastarte el dinero en tu país”, apunta el experto.

En cualquier caso, para que la futura entidad sea considerada una agencia, han de darse tres condiciones: una ley que le dé la función, que gestione todo el programa espacial en España y que sea la única voz en organismos internacionales y en programas bilaterales con otros países.

Muchos profesionales del sector aeroespacial coinciden en que es un paso necesario, porque, aunque en España ya se hacen muchas cosas, todo mejoraría si se desarrollaran bajo un mismo organismo dedicado exclusivamente a ello. Según el director general de Espacio de GMV, Jorge Potti, “el anuncio del Gobierno sobre la creación de la agencia espacial española es una excelente noticia que recoge una aspiración del sector de muchos años. Confiamos en que la agencia suponga un considerable impulso a la industria espacial española en un momento, además, en el que existen grandes oportunidades en el contexto europeo y global”.

Por su parte, la Asociación Española de Empresas Tecnológicas de Defensa, Seguridad, Aeronáutica y Espacio (Tedaee) indica que “el espacio es un sector altamente estratégico, al que le corresponde una política de Estado, que simbolizaría la agencia espacial española y facilitaría la definición e implementación de una verdadera política nacional en materia espacial. Asimismo, la gestión y defensa de los intereses nacionales en materia espacial y, muy particularmente, de los intereses industriales se desarrolla en un entorno internacional complejo, competitivo y muy exigente que incluye un buen número de organizaciones y agencias internacionales. La agencia espacial española

dotaría de mayor coherencia a la interlocución exterior y a la acción del conjunto de las administraciones públicas en materia espacial”.

Aunque el anuncio de la creación de esta agencia nacional se espera desde hace muchos años, la verdad es que ya existen organismos en España que gestionan la actividad espacial y con mucho éxito. Desde el INTA o desde el CDTI se han logrado gestionar numerosas misiones, creando muchas sinergias con la industria, la comunidad científica y el Gobierno central. Además, la contribución de España a la ESA hace que sea un miembro importante y con mucha actividad en Europa. Por tanto, el hecho de que no exista una agencia espacial en España no significa que se carezca de programa espacial.

Una buena prueba de esto es la facturación de la industria espacial española, que alcanzó los 863 millones de euros en 2019. De acuerdo con las cifras facilitadas por la Tedaee cada año, las exportaciones representaron el 81 por ciento de la facturación total, es decir, 700 millones de euros. Asimismo, el empleo vinculado al sector aumentó un 8,2 por ciento, hasta los 4230 trabajadores, situando a España como el cuarto país europeo en número de puestos de trabajo. Además, España fue en 2020 el quinto país que más contribuyó al programa espacial europeo, con 249,5 millones de euros, lo que supone un 5,1 por ciento del presupuesto para las actividades y programas de la ESA.

“Una agencia espacial no es una mala idea por sí misma”, subraya el divulgador científico Ignacio Crespo. “Es un paso necesario y evidente si ponemos la vista en lo que está sucediendo en otros países. Claro que, como con todo, lo realmente importante es lo que vaya a hacerse con ello. Porque, por decirlo en una sola y rotunda frase, en el siglo XXI quedarse en la Tierra es quedarse atrás”.

En desarrollo

El hidrógeno, ¿un combustible alternativo?

Por César Mestre

El 60 por ciento de la materia existente en el universo está formada por hidrógeno, lo que significa que es el elemento más abundante. Este es el motivo por el que se lleva investigando tanto tiempo si es posible su utilización como fuente de energía. Es bien sabido que el modelo energético basado en los combustibles fósiles –principalmente petróleo y gas natural– habrá de desaparecer en las próximas décadas, debido, sobre todo, a las grandes cantidades de dióxido de carbono que liberan a la atmósfera. Y uno de los caminos para su sustitución es precisamente el hidrógeno. Pero ¿es una alternativa real?

Desde los tiempos más remotos, el ser humano se ha servido de los diferentes recursos que ha hallado en la naturaleza para mejorar su nivel de vida. Una de las principales necesidades y, además, aspecto fundamental para el desarrollo socioeconómico, ha sido contar con fuentes de energía abundantes y eficaces. En épocas pasadas, la principal fuente de energía provenía de la madera y del carbón vegetal, y, ya en los siglos XVIII y XIX, la Revolución Industrial se abrió camino vinculada al uso y la explotación masiva del carbón mineral. Posteriormente, el desarrollo de la tecnología eléctrica convirtió a la electricidad en una de las principales fuerzas motoras de la segunda revolución industrial, junto con el gas y el petróleo.

El modelo energético actual, heredado de esta segunda revolución industrial, está basado, en gran parte, en el uso de combustibles de origen fósil, esencialmente obtenidos a partir del petróleo y el gas natural. En ambos casos se trata de materias primas no renovables cuya utilización masiva derivará inevitablemente en el agotamiento de las fuentes naturales.

Además, el uso de estos combustibles supone la liberación de ingentes cantidades de dióxido de carbono, que se acumula en las capas bajas de la atmósfera produciendo un notable aumento del efecto invernadero sobre la superficie terrestre. Ello está generando un incremento de la temperatura sobre la corteza, dando lugar a preocupantes desequilibrios medioambientales.

Un modelo caro

El hidrógeno es un combustible sobresaliente porque ofrece una densidad energética muy elevada (hasta tres veces más que la gasolina) sin que se difundan gases de efecto invernadero (solo se produce agua). Su combinación con el oxígeno atmosférico produce una gran cantidad de energía por unidad de masa, aproximadamente tres veces más que la gasolina. Y, a pesar de estas circunstancias, no se apuesta decididamente por él debido a su producción, ya que el hidrógeno no se encuentra en la corteza terrestre de manera natural, sino que debe ser generado, lo que frena su utilización.

Desde el punto de vista económico, el modo más competitivo de hacerlo pasa por emplear hidrocarburos o carbón, lo que supone producir dióxido de carbono, y resulta incoherente generar una fuente de energía limpia contaminando en el proceso. Por tanto, la manera más adecuada de producir hidrógeno es emplear otras energías limpias (hidráulica, eólica, fotovoltaica), pero, en este caso, el problema estriba en que el sistema es tan caro que no parece rentable.

Otro inconveniente radica en la naturaleza gaseosa y altamente inflamable del hidrógeno. En condiciones normales (presión y temperatura ambiental), un depósito de 50 litros lleno de hidrógeno (gas) solo contiene unos cuatro gramos de combustible, por lo que produce unas 3000 veces menos energía que un depósito similar lleno de gasolina. Así, para la utilización eficaz del hidrógeno, este ha de ser almacenado en elevada concentración (de manera comprimida a alta presión), lo que conlleva importantes riesgos de seguridad. Esto supone una gran dificultad de cara a su implementación como combustible de uso doméstico.

LOHC

Una de las soluciones que se proponen para minimizar riesgos de seguridad es el empleo de los denominados líquidos orgánicos portadores de hidrógeno (Liquid Organic Hydrogen Carriers, LOHC). Se trata de compuestos químicos de naturaleza orgánica y líquida que actúan como almacén de hidrógeno durante largos períodos de tiempo en condiciones seguras. Por tanto, pueden ser transportados fácilmente y sin peligro, y, en las condiciones adecuadas, son capaces de liberar hidrógeno de manera rápida y eficaz para su uso inmediato. El compuesto deshidrogenado producido puede ser recuperado e hidrogenado de nuevo, lo que permite su reutilización.

Un líquido orgánico portador de hidrógeno eficiente debe cumplir varios requisitos: ha de almacenar una gran cantidad de hidrógeno por unidad de masa, y tiene que hidrogenarse y deshidrogenarse de manera reversible. Esto supone que ambos procesos deben ocurrir en condiciones suaves y de modo eficiente, lo que garantiza la utilización del líquido orgánico portador de hidrógeno como generador del mismo y su recuperación posterior sin emitir subproductos contaminantes al medio ambiente.

Los investigadores no han dejado de trabajar en el desarrollo del hidrógeno debido al enorme potencial que ofrece como fuente de energía, apreciándose los mayores avances en el sector automovilístico. Algunas de las principales empresas fabricantes ya disponen de modelos que funcionan con hidrógeno. Estos son muy semejantes a los coches eléctricos –poseen la misma estructura– con la excepción de que sus baterías no son de litio, sino de hidrógeno. Estas funcionan a través de electrólisis y se cargan más rápidamente que las de los automóviles eléctricos convencionales.

El inconveniente para su popularización vuelve a ser el precio, ya que, en la actualidad, un automóvil eléctrico convencional, que ya de por sí es más costoso que uno de gasolina o diésel, cuesta la mitad que uno con batería de hidrógeno. A esto hay que sumarle la poquísima infraestructura existente para la carga de la pila.

Water splitting

Si se dispusiera, por ejemplo, de un coche de líquidos orgánicos portadores de hidrógeno, no habría riesgo alguno en que su conductor parase a repostar, pues el combustible es un LOHC que actúa como almacén de este elemento. Ya en el depósito del vehículo tiene lugar, de manera controlada, el proceso de deshidrogenación de este líquido y se obtiene un subproducto, y, por supuesto, el hidrógeno gas, que es inmediatamente utilizado como combustible, produciendo energía motriz y liberando vapor de agua a través del tubo de escape. Consumir directamente el hidrógeno nada más generarlo, sin acumularlo, es una garantía de seguridad.

La próxima vez que tenga que repostar, el usuario del vehículo descargará en la estación de servicio el subproducto generado y llenará otra vez el depósito con el combustible LOHC. El subproducto derivado de la operación se envía a planta desde las estaciones de servicio para su hidrogenación y recuperación del LOHC, que será otra vez distribuido para su empleo como combustible en un nuevo ciclo.

La implementación de los LOHC resolvería los problemas derivados del uso práctico de hidrógeno como combustible, facilitando su utilización doméstica, pero quedaría por solucionar otro aspecto esencial: la producción sostenible de hidrógeno. Actualmente, la mayor parte del hidrógeno se genera mediante procesos termoquímicos y a partir de gas natural, carbón o biomasa, métodos de producción no sostenibles.

Los investigadores químicos se afanan por conseguir la división del agua (*water splitting*) en los elementos que la integran: hidrógeno y oxígeno. En la fotosíntesis, una serie de procesos químicos concatenados transforman finalmente el dióxido de carbono y el agua en azúcares y oxígeno que se libera a la atmósfera. Destacados grupos de investigación trabajan en el diseño de catalizadores que faciliten la división del agua, reduciendo el sobre coste energético asociado. La complejidad de los procesos implicados en la transformación y la importancia del objetivo de fondo hacen de este uno de los grandes retos de la ciencia actual.

Presentados los mayores mapas de la materia del universo

Agencia SINC

La colaboración internacional Dark Energy Survey (DES) ha creado los mapas de distribución espacial de la materia, tanto ordinaria como oscura, más grandes y precisos de la historia, una “película” de cómo ha evolucionado el cosmos a lo largo de los últimos 7000 millones de años.

Los miembros de la colaboración DES (Dark Energy Survey, o cartografiado de la energía oscura) han presentado en un seminario virtual y a través de 29 artículos científicos las medidas de la composición y del crecimiento del universo más precisas obtenidas hasta ahora. Los nuevos resultados, que utilizan la muestra de galaxias más grande jamás analizada en cosmología y cubren una enorme región del cielo, muestran que, en general, la manera en que la materia se distribuye en el espacio es consistente con las predicciones del modelo cosmológico estándar.

A lo largo de seis años, DES observó 5000 grados cuadrados (casi un octavo de la esfera celeste) en 758 noches, catalogando cientos de millones de objetos. De momento, los resultados presentados ahora se han obtenido de los datos tomados durante los tres primeros años del proyecto (226 millones de galaxias observadas en 345 noches) para crear los mayores y más precisos mapas jamás construidos de la distribución de materia en el universo reciente.

Puesto que DES estudia tanto galaxias cercanas como aquellas que están a miles de millones de años-luz de distancia, sus mapas proporcionan una imagen panorámica a gran escala del universo y, a la vez, una película de cómo ha evolucionado esa estructura a lo largo del periodo analizado: los últimos 7000 millones de años. Para poner a prueba el modelo actual del universo, los científicos de DES han comparado sus resultados con las medidas realizadas por el observatorio espacial Planck de la Agencia Espacial Europea (ESA).

Planck utilizó las señales luminosas conocidas, como la radiación de fondo de microondas, para observar el universo temprano, tan solo unos 380000 años después del *big bang*. Los datos de Planck ofrecen una visión también muy precisa de cómo era el universo hace 13000 millones de años, y el modelo cosmológico estándar predice cómo debería haber evolucionado la distribución de la materia oscura y la ordinaria hasta la actualidad.

Indicios que no se ajustan a la teoría

Si las observaciones de DES no se ajustaran a esta predicción, es muy posible que hubiera aspectos del universo todavía no descubiertos. Aunque los resultados publicados son consistentes con la predicción, sigue habiendo indicios, tanto en DES como en otros experimentos previos, de que la materia en el universo actual se distribuye, en un pequeño porcentaje, de manera más uniforme de lo predicho, un hallazgo intrigante que merece más investigación.

La materia ordinaria constituye tan solo un cinco por ciento del universo. La energía oscura, que, según los cosmólogos, produce la expansión acelerada del universo contrarrestando la fuerza de la gravedad, da cuenta de casi un 70 por ciento. El restante 25 por ciento es materia oscura, cuya influencia gravitatoria mantiene las galaxias unidas. Tanto la materia oscura como la energía oscura permanecen invisibles y misteriosas, pero DES trata de revelar su naturaleza estudiando cómo la competición entre las dos da forma a la estructura a gran escala del universo a lo largo de la historia cósmica.

“DES ha conseguido restringir las propiedades de la energía oscura a un nivel de precisión que rivaliza con el obtenido mediante el estudio de la radiación de fondo de microondas y, además, lo complementa”, dice Ignacio Sevilla, científico del Centro de Investigaciones Energéticas, Medioambientales y Tecnológicas (Ciemat), “y es emocionante haber conseguido una de las medidas más precisas jamás obtenidas de las propiedades fundamentales del universo”. El Ciemat es una de las instituciones españolas que participa en DES, junto al Instituto de Ciencias del Espacio (IEEC-CSIC), el Instituto de Física de Altas Energías (IFAE) y el Instituto de Física Teórica (IFT, CSIC-UAM).

El análisis y fotografiado del cielo nocturno se ha realizado utilizando la Dark Energy Camera (DECam), de 570 megapíxeles, instalada en el telescopio Víctor Manuel Blanco de 4 m de diámetro, situado en el Observatorio Interamericano de Cerro Tololo, en Chile. DECam, una de las cámaras digitales más potentes del mundo, se diseñó específicamente para DES y fue ensamblada y verificada en Fermilab (Estados Unidos), con importante contribución española.

“El desafío fue de una complejidad sin precedentes, involucró a un equipo multidisciplinar de cientos de personas, una inversión en millones de horas en superordenadores y necesitó del desarrollo de técnicas que marcarán el futuro del campo en casi todos los aspectos del análisis”, comenta Martín Crocce, investigador del Instituto de Ciencias del Espacio (ICE, IEEC-CSIC). “Entramos en una nueva era de nuestra comprensión global del universo –añade–, con observaciones directas, que van desde el universo temprano, con 380000 años, hasta el universo reciente, 13 mil millones de años más tarde”.

Dos fenómenos físicos para estudiar el lado oscuro

Para cuantificar la distribución de la materia oscura y el efecto de la energía oscura, DES se basa principalmente en dos fenómenos físicos. En primer lugar, que, a escalas muy grandes, las galaxias no se distribuyen por el espacio de manera aleatoria, sino que, más bien, adoptan una estructura en forma de telaraña como consecuencia de la atracción gravitatoria de la materia oscura. Los investigadores han medido cómo esta telaraña cósmica ha evolucionado a lo largo de la historia del universo. El agrupamiento de galaxias que forman la telaraña cósmica, a su vez, revela las regiones que contienen una densidad más alta de materia oscura.

En segundo lugar, DES detecta la huella de la materia oscura mediante el efecto de lente gravitacional débil. Cuando una galaxia lejana emite luz, la trayectoria

de los fotones que la componen se perturba por el efecto gravitacional que ejerce la distribución de masas que se encuentran a lo largo de su camino. Como consecuencia, cuando observamos dicha galaxia, su forma es ligerísimamente diferente a la original, y el patrón de esas distorsiones depende de la cantidad y de la distribución de materia a lo largo de la trayectoria de la luz.

“Analizando las sutiles distorsiones de nuestros 100 millones de galaxias, DES ha sido capaz de trazar la distribución de materia que las produce”, explica Marco Gatti, investigador predoctoral en el IFAE (ahora en la Universidad de Pennsylvania). “Estos son los mapas de materia más grandes jamás creados, cubren un octavo del cielo y muestran, sobre todo, la materia oscura, que no emite luz y no se puede detectar mediante los métodos tradicionales”, subraya el investigador.

Este análisis ha sido en parte posible gracias a nuevas técnicas de modelización de mapas de gran campo y grandes simulaciones realizadas por grupos españoles y distribuidas en una plataforma de Big Data (CosmoHub) albergada en el Puerto de Información Científica (PIC), un centro de datos del Ciemat y el IFAE. “Un punto clave ha sido el desarrollo de nuevas metodologías para medir el desplazamiento hacia el rojo de los 100 millones de galaxias, directamente relacionado con sus distancias, lo que permite producir un mapa en 3D del universo”, apunta Giulia Giannini, investigadora en el IFAE.

Este y otros avances han permitido al equipo determinar la densidad y uniformidad del universo con una precisión sin precedentes. “Entre otros muchos factores, hemos corregido el impacto de elementos externos –como estrellas o efectos atmosféricos– en nuestros datos.” dice Martín Rodríguez Monroy, investigador en el Ciemat. Junto con el análisis de las señales del efecto de lente gravitacional débil, DES también mide otros indicadores que restringen el modelo cosmológico de maneras independientes: la distribución de galaxias a escalas muy grandes (las oscilaciones acústicas de los bariones), la cantidad de cúmulos de galaxias masivos y las medidas de alta precisión del brillo y desplazamiento al rojo de las supernovas.

DES terminó de realizar sus observaciones del cielo nocturno en 2019. El equipo está ahora preparado para enfrentarse al conjunto completo de datos, que aumentará al doble el número de galaxias utilizadas en los resultados que se han hecho públicos. Se espera que el análisis final de DES extraiga una visión todavía más precisa de la materia oscura y la energía oscura del universo.

De cerca

“El vacío no es la nada y tampoco está vacío”

Entrevista al físico teórico Álvaro de Rújula

Por Enrique Sacristán/SINC

El nacimiento del cosmos, su gran expansión, la materia ordinaria y oscura que lo compone, las fuerzas que lo mueven, su destino final, el misterio de la constante cosmológica... Hemos hablado con el autor de *Disfruta de tu universo* para que nos ayude a comprenderlo un poco mejor.

El objeto más grande del universo es el propio universo y las partículas más diminutas son las elementales, como los quarks, que funcionan como si no tuvieran partes más pequeñas. Entre esos dos extremos, ambos incluidos, está todo lo que observamos.

Según el veterano físico teórico Álvaro de Rújula (Madrid, 1944), que ha trabajado en numerosas universidades (Complutense y Autónoma de Madrid, Harvard, Boston...) y centros de investigación (como el ICTP en Italia y el CERN en Suiza), los intentos por entender el universo realmente son divertidos. Con ese mismo espíritu, pero sin perder un ápice de rigor, ha escrito *Disfruta de tu universo, no tienes otra opción* (Catarata, dentro de una colección en colaboración con la Real Sociedad Española de Física).

Comencemos por el *big bang*. Si ahí empezó el tiempo y el espacio, ¿tiene sentido preguntarse qué hubo antes?

¿Dónde estaba y qué hora marcaba mi reloj antes de que lo fabricasen? Es la misma pregunta. Más en serio: si el *big bang* es un fenómeno repetitivo en un universo que se hincha y deshincha sucesivamente, la pregunta tiene sentido. Pero si es algo que sucedió una sola vez, no lo tiene. Ambas posibilidades son compatibles con todo aquello que sabemos “a ciencia cierta”.

Justo tras el *big bang* se produce la inflación cósmica. ¿Por qué es importante introducir este concepto?

La inflación es la expansión acelerada y exponencial del universo. Hubo una inflación primordial que se supone tuvo lugar brevemente (en muchísimo menos de un segundo) tras el nacimiento del universo, pero también está la inflación actual que observamos ahora. La antigua teoría del *big bang* no incorporaba la inflación y tenía inconsistencias “mortales de necesidad”, pero la nueva teoría del *big bang* sí la añade, resolviendo problemas como el de la causalidad, además de ser consistente con fenómenos observables, muy en particular la radiación cósmica de fondo (CBR), detectada por satélites como WMAP, COBE, Planck y muchos otros instrumentos.

¿Nos puedes explicar un poco más la relación entre esos conceptos?

La inflación explica cómo el universo visible es una porción causal del universo. Esto quiere decir que, en el pasado, todas sus partes estuvieron en contacto entre ellas (intercambiaron materia y energía a velocidades iguales o inferiores a la de la luz), de modo que pudieron equilibrar sus temperaturas y llegar a tener propiedades muy semejantes. Eso explicaría por qué hoy vemos la radiación cósmica tan uniforme.

La teoría inflacionaria es la relatividad general de Einstein, más un poco de mecánica cuántica, aplicada a un universo que se expande inflacionariamente. Es consistente con lo que se observa y hace predicciones que podrían confirmarla o refutarla. Una de ellas es la existencia de ondas gravitatorias (vibraciones del espacio-tiempo) generadas durante la inflación, que se buscan con ahínco.

¿El principal reto de los físicos teóricos es unificar la relatividad (lo más grande) y lo cuántico (lo más pequeño)? ¿Estáis atascados?

Uno de los éxitos de la teoría inflacionaria es, precisamente, explicar cómo las “cosas” más grandes que hay en el universo –las irregularidades observadas en la radiación de fondo y las consecuentes estructuras, como las galaxias– pudieron tener su origen, durante la inflación, en fluctuaciones cuánticas (breves cambios locales en la densidad de energía (¡debidos al principio de incertidumbre de Heisenberg!). Ergo, lo más grande... es también cuántico. Y ni que decir tiene que no estamos atascados. Hay progreso, tenemos grandes retos, aunque no hay una medida para calificarlos. El principal será el primero que se resuelva.

¿Conocemos ya todas las partículas elementales que predice el modelo estándar? ¿El bosón de Higgs era la última que faltaba?

Sí y sí.

Respecto a las fuerzas de la naturaleza, ¿la gravedad es la más desconocida?

Es “la más desconocida” en el sentido de que no la entendemos, como a las demás, a nivel cuántico. Es prácticamente imposible observar los gravitones –los emisarios de la gravedad– uno a uno. En ese sentido, los desconocemos. Eso que te ata a tu asiento es un conjunto “coherente” (desde el punto de vista cuántico) de gravitones, no uno solo. Pero aparte de esto, muchas de las predicciones de la teoría de la gravedad (la relatividad general de Einstein) están comprobadas con una precisión impresionante.

El neutrino es otra de las partículas que acapara titulares. ¿Hay algún tipo más interesante que otro, los cósmicos frente a los solares, por ejemplo? ¿Qué se espera descubrir con los grandes detectores?

¿Los más interesantes? Eso es como la perversa pregunta: “Niño, ¿quieres más a tu mamá o a tu papá?”. Para colmo los neutrinos, viajando, se convierten unos en otros. A la mayoría de los papás y mamás eso no les pasa. Los grandes detectores “podrían” (con el siempre necesario énfasis en el condicional) descubrir, por ejemplo, que los neutrinos conocidos (que son de tres tipos) se pueden transformar en otros por ahora desconocidos. Eso exigiría modificar el modelo estándar.

Y aunque no se haya demostrado su existencia, ¿cómo han evolucionado la materia y energía oscuras?

La existencia de la materia oscura (que no emite ni absorbe luz) está demostrada de modo muy muy difícil –en mi opinión imposible– de refutar. Observamos sus efectos indirectos, colectivos, astronómicos y cosmológicos. Lo de la energía oscura tiene más miga. Es muy plausible que, en el principio, el universo contuviera solo energía oscura, en un estado lo más sencillo posible (con entropía nula, diríamos para los “enteraos”). Pero esa energía oscura se transformó en materia oscura y ordinaria. No es la energía oscura que ahora vemos (alrededor del 70 por ciento del universo actual).

Respecto a la antimateria, ¿queda algo en el universo, aparte de la que producimos artificialmente? ¿Cuál es la teoría más aceptada sobre lo que ocurrió con ella?

Algunos fenómenos naturales, como las colisiones iniciadas por los rayos cósmicos, producen antimateria en cantidades despreciables respecto a la materia que ya hay. La teoría más “aceptada” lo es, como sucede en cuestiones científicas, por ser la más razonable. Érase una vez había tanta materia como antimateria. Este estado inicial evolucionó de tal modo que se generó una pizca más de materia que de antimateria. Después de que se aniquilasen entre sí, solo sobrevivió esa pizca. Todo ello de modo natural y sin que interviniera una varita mágica.

¿Queda algún lugar del universo donde no haya absolutamente nada, el vacío? Aunque no es lo mismo, ¿verdad?

La nada es la ausencia de todo lo que “allí podría haber”. Es un concepto filosófico, característicamente vago. Sin embargo, el vacío es un concepto físico: es algo observable. No es la nada, y, para colmo, no está vacío. Sabemos que el campo de Higgs (un campo cuántico relativista que describe el bosón de Higgs) permea el vacío. Interactuando con este (no) vacío, las partículas elementales adquieren su masa. Pero no es este un asunto que nos permita presumir de entenderlo perfectamente.

El bosón de Higgs se descubrió en 2012 en el CERN, donde trabajaste muchos años. ¿Ese momento fue el más emocionante de tu carrera?

Mucho tenía que haberme aburrido en mi vida profesional para haber tenido que esperar hasta entonces. El experimento CMS, uno de los dos que descubrieron “el Higgs”, lo consiguió gracias al empleo de un método que propusimos cuatro

de mis jóvenes colaboradores y yo, hecho fácilmente comprobable y publicado en la revista *Physical Review D*. Pero casi nadie nos cita por ello. En este sentido, el descubrimiento “ese” es uno de los momentos más decepcionantes de mi carrera. Lo siento por los (no) citados jóvenes.

Libros

Las luces más diminutas del universo

Sara Seager

Paidós, 2021

360 páginas

ISBN: 978-84-493-3828-1

Sara Seager siempre ha estado enamorada de las estrellas: tantas luces en el cielo, tantas posibilidades. Ahora, como científica planetaria pionera, busca exoplanetas, en especial mundos distantes y esquivos que alberguen vida. Pero con la muerte inesperada de su esposo, el propósito de su propia vida se le vuelve difícil de ver. De repente, a los cuarenta, se encuentra viuda y madre soltera de dos niños pequeños. Por primera vez, se siente sola en el universo. Mientras lucha por continuar su vida después de su pérdida, Seager se consuela con la belleza alienígena de los exoplanetas y los desafíos técnicos de la exploración.

Una vida en nuestro planeta

David Attenborough

Crítica, 2021

320 páginas

ISBN: 978-84-9199-311-7

“Cuando era joven, sentía que estaba en la naturaleza, experimentando el mundo natural intacto, pero era una ilusión. La tragedia de nuestro tiempo ha estado sucediendo a nuestro alrededor, apenas perceptible día a día: la pérdida de los lugares salvajes de nuestro planeta, su biodiversidad. He sido testigo de este declive. Una vida en nuestro planeta es mi testimonio y una visión para el futuro. Es la historia de cómo llegamos a cometer esto, nuestro mayor error, y cómo, si actuamos ahora, aún podemos corregirlo. Tenemos una última oportunidad de crear el hogar perfecto para nosotros y restaurar el maravilloso mundo que heredamos. Todo lo que necesitamos es la voluntad para hacerlo”, David Attenborough.

Dioses y mendigos

José María Bermúdez de Castro

Crítica, 2021

456 páginas

ISBN: 978-84-9199-278-3

Necesitamos saber quiénes somos y de dónde venimos para entender las luces y sombras de nuestro presente y, sobre todo, para aproximarnos a las teorías y conjeturas sobre un futuro incierto, marcado por una tecnología cuyo progreso exponencial escapa a menudo a nuestra completa comprensión y al particular ritmo de los cambios biológicos. *Dioses y mendigos* nos propone un fascinante viaje para visitar nuestros orígenes como especie, penetrar en los enigmas del cerebro y la genética y redescubrir el papel central de la cultura en la historia de la humanidad.

Grandes nombres

Kelvin: el caballero británico que inventó una escala

Por César Mestre

El físico y matemático británico William Thomson también es conocido como lord Kelvin, título nobiliario que le fue otorgado en reconocimiento a sus estudios e invenciones. Aunque sus aportaciones a la física (y en particular a la termodinámica) fueron cuantiosas y notables, es especialmente recordado como el creador de la escala termométrica que lleva su nombre (escala de Kelvin).

Nacido en Belfast el 26 de junio de 1824, William Thomson fue el segundo hijo de un profesor de matemáticas. Su madre murió en 1830, cuando él contaba 6 años, y en 1833 se trasladó con su familia a Glasgow, en cuya universidad el padre había encontrado un puesto de profesor el año anterior. En 1841 ingresó en la Universidad de Cambridge, por la que se licenció cuatro años más tarde. Posteriormente, se fue a vivir a París donde trabajó durante un año en el laboratorio de Henri Victor Regnault, quien por aquel entonces realizaba sus clásicas investigaciones sobre el vapor.

A los 22 años fue nombrado catedrático de filosofía natural en la Universidad de Glasgow. Aunque en el Reino Unido de aquella época los estudios experimentales no gozaban de un gran éxito, la cátedra de Thomson se convirtió en un púlpito que inspiró a los científicos durante más de medio siglo, hasta el punto de que corresponde principalmente a lord Kelvin el mérito del lugar preeminente que Gran Bretaña había de ocupar en el desarrollo de la física.

La edad terrestre

Uno de sus primeros estudios se refería a la edad de la Tierra. Consideraba que la Tierra había sido inicialmente una esfera de temperatura homogénea, totalmente fundida, y que, desde entonces, se había ido enfriando por la superficie, siendo el calor transportado mediante conducción. La idea era que, con el paso del tiempo, el gradiente térmico en la superficie terrestre iba disminuyendo, con lo que, a partir de los datos experimentales de este, podía calcularse la edad de la Tierra.

A partir de esas presunciones y los datos, halló una edad de entre 24 y 100 millones de años, en gran desacuerdo con las estimaciones de los geólogos, que consideraban necesaria una edad mucho mayor, pero en consonancia con las de los astrónomos, que entendían que el Sol no podía tener más de 100 millones de años. Dado su enorme prestigio, esta determinación de la edad de la Tierra fue muy respetada por los científicos de la época, constituyendo uno de los principales escollos a la credibilidad de la teoría de la evolución de Charles Darwin.

Existe la creencia, ampliamente extendida, de que la discordancia entre la cifra de Kelvin y la actualmente aceptada como real (unos 4.600 millones de años) obedece a que en la época del físico británico se desconocía la existencia de la radiactividad, descubierta por Henri Becquerel en 1896 y que proporciona una fuente de calor adicional. Esta creencia nació cuando Ernest Rutherford mencionó ese hecho en una conferencia en 1904, en la que, por cierto, se encontraba Thomson. Sin embargo, al introducir la radiactividad en el cálculo de la edad terrestre con el método de Kelvin, no se produce prácticamente ningún cambio.

En 1847 conoció a James Prescott Joule en el transcurso de una reunión científica celebrada en Oxford. Por aquel entonces, Joule ya había realizado los experimentos que le habían permitido definir el calor como una forma de energía (y establecer sus equivalencias con la energía eléctrica y mecánica), con lo que se llegaba al primer principio de la termodinámica. Sin embargo, tuvieron que transcurrir varios años antes de que los físicos más insignes se mostraran de acuerdo con él. Kelvin fue uno de los primeros y, a causa de ello, fue criticado por el filósofo George Stokes.

La escala termodinámica

Las ideas de Joule sobre la naturaleza del calor ejercieron, efectivamente, una considerable influencia en Kelvin, y llevaron a este, en 1848, a la creación de una escala termodinámica para la temperatura de carácter absoluto y, por lo tanto, independiente de los aparatos y las sustancias utilizados. La escala de Kelvin empieza en el cero absoluto (0 K), temperatura que equivale a $-273,15\text{ }^{\circ}\text{C}$ en la escala de Celsius y a $-459,67\text{ }^{\circ}\text{F}$ en la de Fahrenheit. Mientras las escalas de Celsius y Fahrenheit son de uso cotidiano, la de Kelvin se emplea preferentemente en el ámbito científico.

Thomson prosiguió el camino iniciado, y en 1851 presentó a la Royal Society de Edimburgo una memoria titulada *Dynamical theory of heat (Teoría dinámica del calor)*. En este célebre texto figura el principio de la disipación de la energía que, junto con el enunciado equivalente de Rudolf Clausius del año anterior, integra la base del segundo principio de la termodinámica. De este modo, Kelvin demostró que las conclusiones de Sadi Carnot no se oponían a la obra de Benjamin Thompson de Rumford, Julius von Mayer y James Joule; la teoría dinámica del calor, juntamente con el principio de la conservación de la energía, fue aceptada por todo el mundo.

Además, el científico realizó diversas investigaciones en el campo de los sistemas de unidades de medida. En 1851, Wilhelm Eduard Weber había propuesto la aplicación del sistema absoluto de unidades de Gauss al electromagnetismo, y Kelvin renovó dicho planteamiento, hasta que en 1861 logró constituir, en el seno de la British Association, el famoso comité destinado a la determinación de las unidades eléctricas.

Otras aportaciones

Aunque actualmente es recordado por la creación de la escala termodinámica absoluta, la notoriedad que William Thomson alcanzó en su época se debió, principalmente, al perfeccionamiento de las transmisiones por cables submarinos. En 1855 abordó la teoría matemática de las señales enviadas a través de ellos y estudió los factores que dificultaban las transmisiones. Sus investigaciones culminaron con la invención del galvanómetro de imán móvil que lleva su nombre y del *siphon recorder*, un sifón registrador que fue patentado en 1861.

Kelvin también contribuyó a la teoría de la elasticidad e investigó los circuitos oscilantes, las propiedades electrodinámicas de los metales y el tratamiento matemático del magnetismo. Junto con el fisiólogo y físico alemán Hermann Ludwig von Helmholtz realizó una estimación de la edad del Sol y calculó la energía irradiada desde su superficie. Hizo, asimismo, valiosas contribuciones a la navegación e inventó diversos instrumentos, entre los que se encuentran un dispositivo para predecir mareas, un analizador armónico y un aparato para grabar sonidos en aguas más o menos profundas. También mejoró aspectos de la brújula marina o compás náutico.

En 1866 y, especialmente, en reconocimiento a los servicios prestados a la telegrafía transatlántica por medio de cables, Thomson recibió el título de caballero, y en 1892 fue elevado a la dignidad de par en calidad de barón Kelvin de Largs. En 1900 propuso el primer modelo atómico, en el que sostuvo que el átomo estaba compuesto por electrones de carga negativa en un átomo positivo, incrustados en este al igual que las pasas en un pudín, por lo que se le denominó “modelo del pudín de pasas”.

Hombre modesto, hasta el punto de parecer a veces retraído, mostró siempre una gran afabilidad con sus alumnos, y se sentía muy dichoso cuando podía ayudar y documentar al más humilde investigador. Recibió muchos otros honores y reconocimientos, y en 1904 fue nombrado rector de la Universidad de Glasgow. Retirado de la cátedra, empleó casi todo su tiempo en la ordenación de las conferencias celebradas en los Estados Unidos sobre la teoría ondulatoria de la luz. Murió el 17 de diciembre de 1907.

HASTA EL PRÓXIMO NÚMERO...

Aquí termina este número de *Universo*. Ya estamos preparando el siguiente, en el que te pondremos al día de la actualidad científica y paracientífica. Y ya sabes que puedes proponernos temas que sean de tu interés, así como enviarnos tus comentarios, dudas y sugerencias.

Puedes escribirnos:

- A través de correo electrónico a la dirección: publicaciones@ilunion.com.
- En tinta o en braille, a la siguiente dirección postal:

Revista UNIVERSO
Ilunion Comunicación Social
C/ Albacete, 3
Torre Ilunion – 7.ª planta
28027 Madrid