

The background of the entire image is a deep space scene filled with stars, galaxies, and nebulae. The colors range from dark blues and purples to bright oranges and reds, creating a rich, multi-colored cosmic landscape. The stars are scattered throughout, some appearing as bright points of light while others are part of larger, diffuse structures.

Un paseo por el
COSMOS

**De lo infinitamente
pequeño
a lo infinitamente
grande**

Los secretos del Cosmos al alcance de tu mano

Durante milenios, la contemplación del Cosmos nos ha despertado interrogantes que sólo ahora, gracias a la física moderna y a herramientas como los aceleradores de partículas, empezamos a poder responder.

- El universo se compone en un 95% de materia y energía indetectables y oscuras.
- Todo lo que existe es fruto de la interacción de unas pocas partículas elementales, entre ellas el bosón de Higgs.
- Muchas galaxias se mantienen unidas gracias a enormes agujeros negros situados en su centro.

«Confinar nuestra atención a cuestiones puramente terrenales sería limitar el espíritu humano.»

Stephen Hawking

«Hasta la más breve contemplación del Cosmos nos conmueve. Un escalofrío nos recorre la espalda y la voz se nos queda atrapada en la garganta. Sabemos que nos aproximamos al mayor de los misterios.»

Carl Sagan

Del origen del Cosmos a su probable final y de los quarks a las galaxias, todos los misterios del universo a tu alcance.

Una biblioteca para explorar los confines del universo

De lo infinitamente pequeño a lo infinitamente grande en un recorrido completo:

Las partículas elementales: el bosón de Higgs, los neutrinos, el modelo estándar...

Los objetos cósmicos más asombrosos: agujeros negros, cúmulos galácticos...

El origen de la materia y la energía: el Big Bang, la materia oscura, el vacío y la nada...

Las teorías más audaces: el espacio-tiempo cuántico, los universos múltiples, la teoría de cuerdas...

Una obra rigurosa y al alcance de todos, de gran claridad expositiva y apoyada en multitud de imágenes, dibujos y gráficos.



Un comité científico de prestigio mundial

Director científico

Manuel Lozano Leyva

Uno de los físicos españoles más reconocidos internacionalmente, es, además, un reconocido divulgador con numerosos títulos publicados y colaborador de medios escritos y radiofónicos. Actualmente es catedrático de Física Atómica, Molecular y Nuclear de la Universidad de Sevilla.

Manuel Aguilar Benítez de Lugo

Antiguo representante de España en el Consejo del CERN. Fue director del Departamento de Fusión y Física de Partículas Elementales del Centro de Investigaciones Energéticas, Medioambientales y Tecnológicas, adscrito al Ministerio de Economía español.

Roberto Battiston

Profesor en la universidad de Trento y presidente de la Agencia Espacial Italiana. A su labor científica suma la divulgativa plasmada en libros, apariciones en los medios e incluso el comisariado de exposiciones.

Juan Ignacio Cirac

Director de la división teórica del Instituto Max Planck de Óptica Cuántica. En 2013 se le concedió el premio Wolf en Física, y en 2006, el Príncipe de Asturias de Investigación Científica y Técnica.

Bernard Frois

Profesor en las Universidades de Utrecht e Illinois, investigador asociado en el CERN y director de investigación en el CNRS, además de secretario general de energía, transportes, medio ambiente y recursos naturales del gobierno francés durante la presidencia de Jacques Chirac.

Sheldon Lee Glashow

Considerado una de las grandes figuras mundiales de la física, ocupa en la actualidad la cátedra Metcalf de Ciencia en la Universidad de Boston. En 1979 compartió el premio Nobel con Steven Weinberg y Abdus Salam por sus contribuciones a la teoría unificada de las interacciones débiles y electromagnéticas.

Francesco Iachello

Profesor de física y química en la Universidad de Yale, ha sido candidato en varias ocasiones al premio Nobel de física por sus estudios sobre las simetrías fundamentales en la física nuclear.

Mariano Moles

Director del Centro de Estudios de Física del Cosmos de Aragón y profesor del CSIC. Fue investigador principal del proyecto ALHAMBRA de cartografiado cósmico.

Rafael Rebolo

Director del Instituto de Astrofísica de Canarias y profesor del CSIC y del Instituto Max Planck de Astronomía. En 1995 lideró el equipo que detectó la primera estrella enana marrón.

Álvaro de Rújula

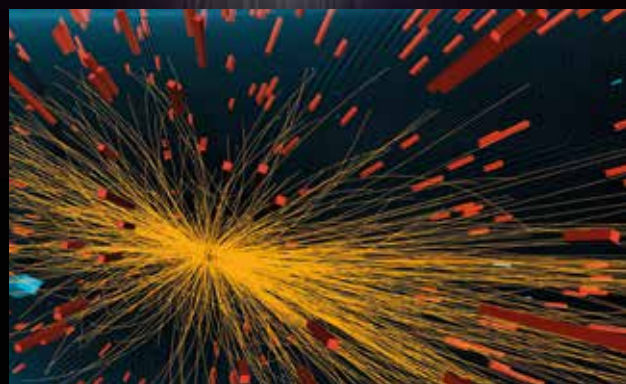
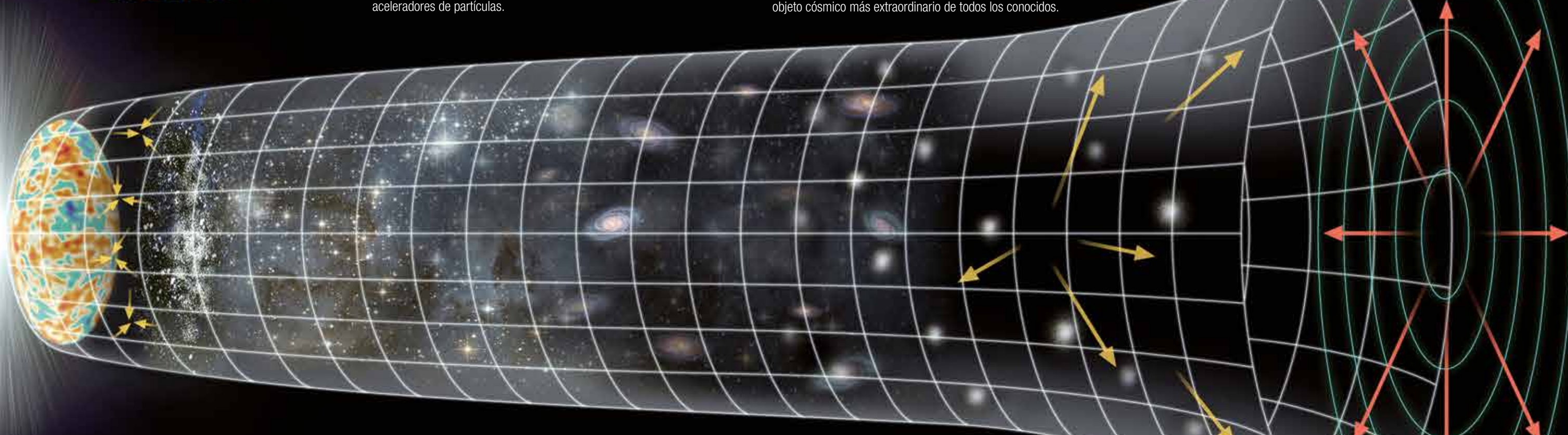
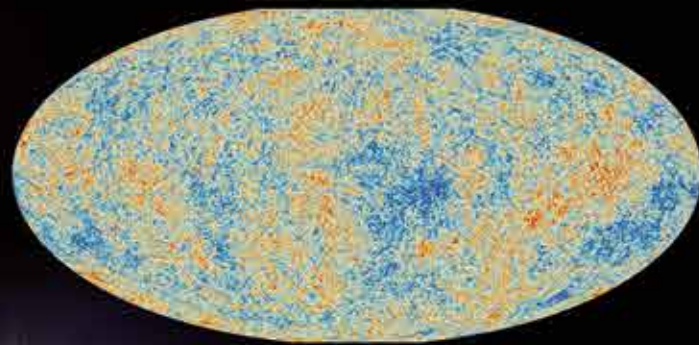
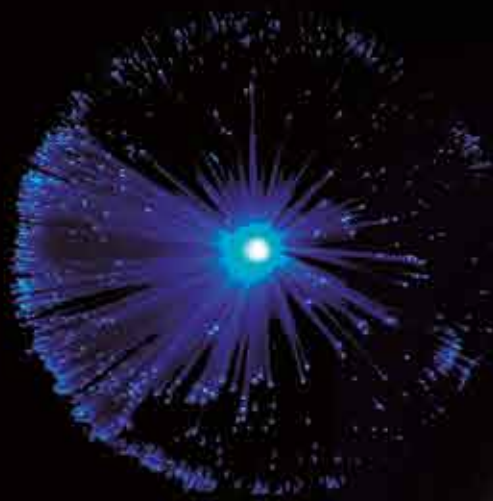
Doctor en física teórica por la Universidad Complutense de Madrid y profesor de la Universidad de Boston. Fue director de la división de Teoría (TH) del CERN.

Una historia completa del tiempo y el espacio

Del Big Bang hasta el final del universo

El Big Bang

En el primer instante surgió, espontáneamente, un universo minúsculo. Muy poco después de que también se generara el tiempo, el universo entró en una época inflacionaria, durante la cual esa pequeña región espacial multiplicó su tamaño de forma exponencial en una pequeñísima fracción de segundo. Al terminar la inflación el universo se llenó de materia y radiación. La temperatura en aquel momento era extraordinariamente alta y fue descendiendo a medida que el universo seguía expandiéndose. El conjunto de fenómenos acaecidos en esta época inicial se denomina Big Bang.



El nacimiento de los átomos

Cuando el universo tenía 380 000 años los electrones fueron capturados por los núcleos atómicos, formándose los primeros átomos. La luz que fue liberada en ese instante ha seguido viajando por el espacio hasta hoy, constituyendo la radiación de fondo de microondas (en la imagen). Esta radiación nos permite esbozar un mapa del universo primitivo.

Las partículas elementales

Las partículas llamadas «elementales» se dividen en dos grandes familias: los bosones, responsables de transmitir las fuerzas de la naturaleza, y los fermiones, que son los integrantes de la materia. Son bosones, entre otros, el fotón y el bosón de Higgs (en la imagen), y son fermiones el electrón, los neutrinos y los quarks. Las primeras partículas surgieron ya en las primeras fracciones de segundo de vida del universo. La física de partículas en ocasiones se conoce como de «altas energías», porque muchas de aquellas se crean solo en eventos muy energéticos como los que tuvieron lugar en el universo primitivo y en las colisiones inducidas en los aceleradores de partículas.

La evolución estelar

Las primeras estrellas se formaron a los 560 millones de años. Los astros pueden tener muchos tamaños, desde una décima parte a sesenta veces la masa del Sol. Cuanto más masiva sea una estrella, más rápidamente se extingue y más espectacular es su muerte. Para el caso de una estrella de masa superior a tres veces nuestro sol, como podría ser una gigante azul (primera imagen por la izquierda), el colapso gravitatorio de su núcleo causaría una supernova; una explosión de tal magnitud que genera más luz que toda la galaxia junta. La masa superviviente, caso de no detenerse el colapso gravitatorio, acabaría concentrada en un espacio tan pequeño que se crearía un agujero negro (segunda imagen), acaso el objeto cósmico más extraordinario de todos los conocidos.

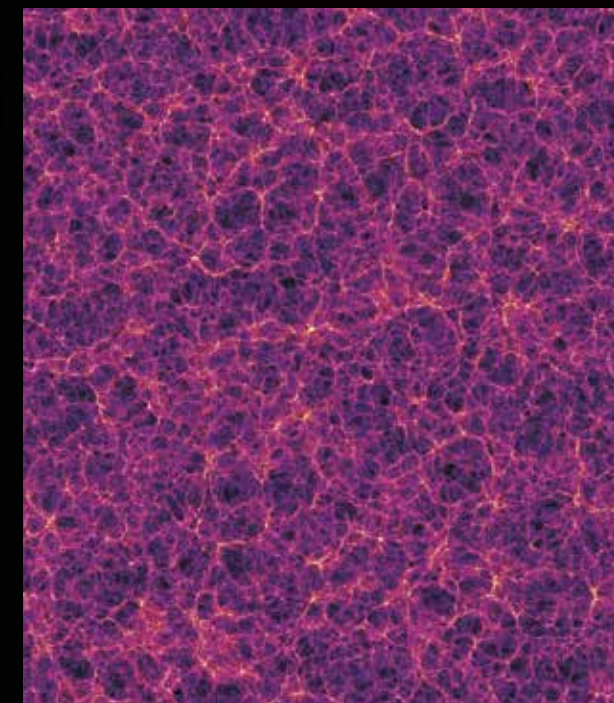


Las galaxias y el universo a gran escala

Las primeras galaxias surgieron aproximadamente unos 750 millones de años después del Big Bang. Estos conjuntos de centenares de miles de millones de estrellas, nubes de gas, planetas, polvo cósmico y materia oscura pueden superar los 300 000 años-luz de diámetro. Suelen clasificarse de acuerdo con su forma, que puede ser de cuatro tipos: espiral, como la Vía Láctea; espiral barrada (en la imagen); elíptica o, cuando interviene la gravedad de otras galaxias, irregular. Las galaxias se agrupan a su vez en estructuras aún mayores como los cúmulos o los supercúmulos. Se calcula que estos contienen en total un número de galaxias parecido al de estrellas en cada una: centenares de miles de millones que forman nuestro universo.

El final del universo

El 95% del universo está en forma de materia y energía «oscureas», así llamadas por la dificultad que ofrece su detección directa. La materia oscura estaría distribuida de forma desigual, en forma de halos o filamentos (en la imagen), mientras que la energía oscura lo estaría de manera uniforme por todo el universo. Si la energía oscura mantiene su presencia, como hasta ahora, el destino del Cosmos está sellado: la actual expansión acelerada continuará, y llegará un momento en que los grupos de galaxias se desgajarán unos de otros hasta perder todo contacto. Las estrellas y la vida se irán apagando gradualmente.



Una obra rigurosa abierta a todos

Un paseo por el Cosmos pone al alcance de un público no especialista la ciencia más avanzada. Se sirve para ello de textos claros y directos y de un amplio abanico de imágenes y gráficos. En su conjunto constituye uno de los proyectos de divulgación científica más ambiciosos de las últimas décadas.

Dibujos aclaratorios de mecanismos o fenómenos de la naturaleza.



Cuando el universo tenía unos pocos minutos, parte de los protones y neutrones se agruparon, formando núcleos de átomos complejos ligeros, como los de deuterio, helio-3 o helio. Aquel proceso se conoce con el nombre de nucleosíntesis, y es semejante al que tiene lugar en el interior de las estrellas.

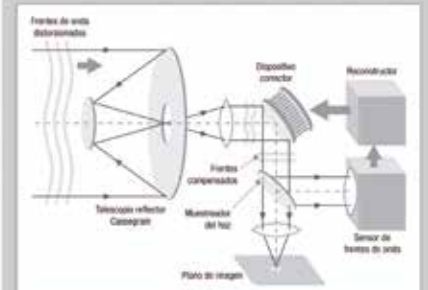
nos (partículas neutras muy ligeras de las que hablaremos más adelante) y posiblemente partículas de otros tipos. El universo era un lugar infernal y no presentaba las estructuras que ahora nos resultan familiares: galaxias, estrellas, planetas. Ni siquiera poseía átomos o núcleos atómicos, con la excepción de núcleos de hidrógeno, o sea protones.

Pero en ese momento se dieron las condiciones adecuadas de densidad y temperatura para que se produjera un fenómeno llamado nucleosíntesis, gracias al cual una parte de los protones y neutrones se fusionaron para formar núcleos atómicos complejos, por ejemplo, de helio. Es el mismo tipo de procesos que tienen lugar en el interior de las estrellas, y en los cuales se libera la luz y el calor que emiten. Son también los procesos que tienen lugar en la explosión de una bomba nuclear de fusión, y los mismos que se espera poder controlar algún día para producir energía limpia y prácticamente inagotable.

Volviendo al universo primitivo, una parte de los neutrones se fusionó con los protones para producir helio y otros núcleos complejos. La figura 3 muestra una cadena de dichos procesos. En ella vemos cómo un neutrón se fusiona con un protón para formar un núcleo de deuterio, el cual puede captar un protón adicional formando un núcleo de helio-3, que a su vez puede cap-

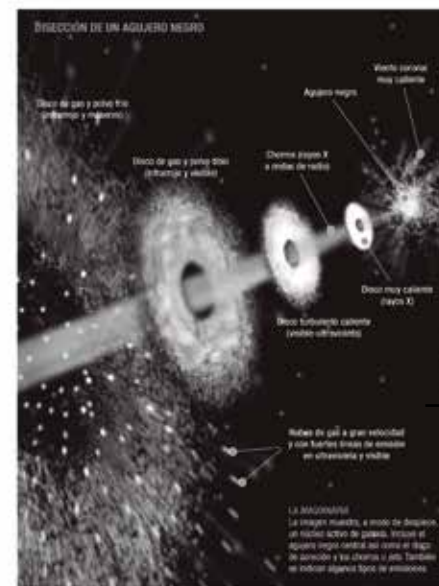
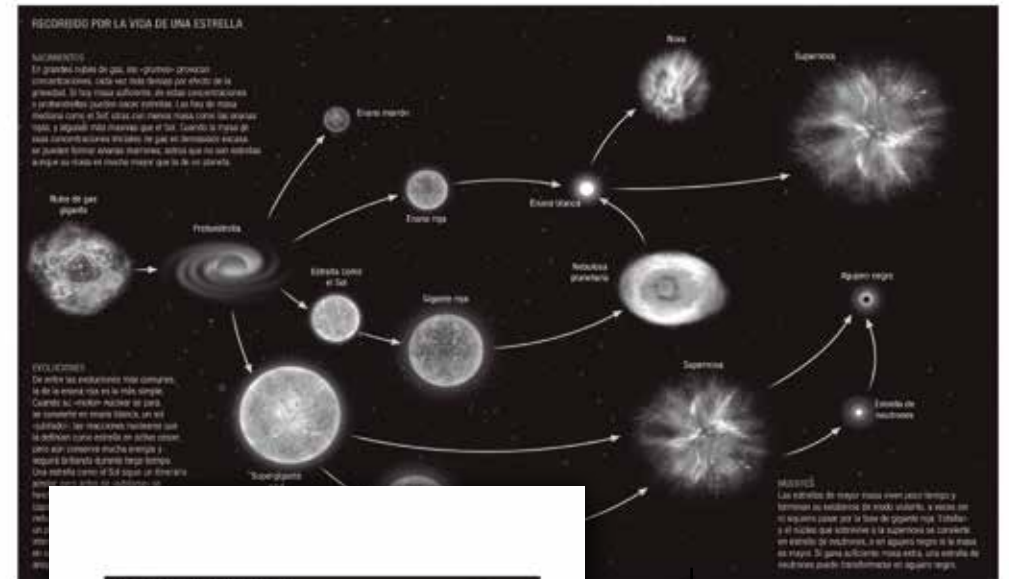
EL RASTRO DE LO INVISIBLE EN LAS RELIQUIAS DEL BIG BANG

¿CÓMO SORTEAR LA ATMÓSFERA PARA OBTENER IMÁGENES NITIDAS?
Cuando se observa en el visible o en el infrarrojo cercano, las imágenes de los objetos se emborronan debido a las turbulencias de la atmósfera. Por ello, la identificación de una mínima estrella en épocas diferentes se hace complicado, pero es un requisito básico para poder determinar su movimiento propio. Dos desarrolladas técnicas han contribuido a solucionar el problema del emborronamiento: la tecnología apodica, que consiste en tomar imágenes con tiempos de exposición muy cortos de modo que no están afectadas por la turbulencia atmosférica, y la tecnología de la óptica adaptativa, que consiste en medir en tiempo real la distorsión de las imágenes producida por el vapor de agua presente en la atmósfera con un sensor de frente de onda (onda) y corregirlas haciendo uso de espejos deformables utilizando un reconstructor y un dispositivo corrector (véase la figura). Mediante estas técnicas se mejoró la nitidez de las imágenes hasta el límite de lo que permite la óptica del telescopio. De este modo es posible detectar las estrellas individuales en todas las áreas de observación y medir su movimiento en el plano del cielo.



La imagen deformada que llega al telescopio es dividida en el reconstructor del haz, que realiza dicha distorsión. Un espejo deformable hace las correcciones oportunas y adapta la imagen para que se muestre con nitidez.

Recuadros con los que profundizar en conceptos científicos o en la vida y obra de los grandes genios.

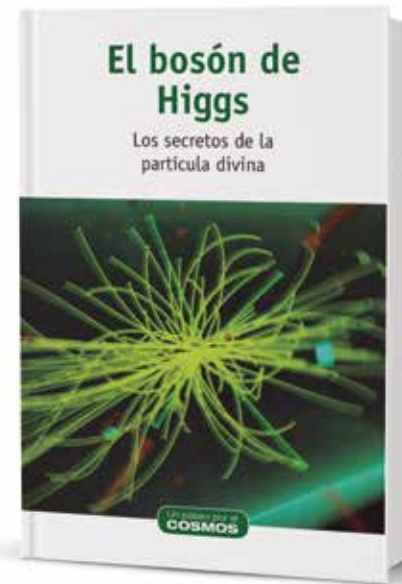


Las infografías más espectaculares, cuidadosamente concebidas, escritas y realizadas.

Las temáticas más apasionantes



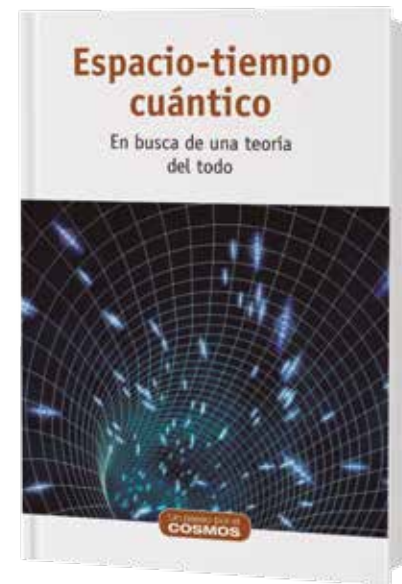
En las últimas décadas se ha constatado que un tipo nuevo de materia, radicalmente distinta a la tradicional, se extiende por todo el universo. Llamada «oscura» por lo difícil que resulta detectarla, es mucho más numerosa que la materia ordinaria. Junto con la no menos misteriosa «energía oscura», constituye el 95% del contenido total del Cosmos. Tal es su densidad que de ellas depende el destino de todo el universo.



El anuncio del descubrimiento del bosón de Higgs, el 4 de julio de 2012, fue recibido por la comunidad científica como la noticia más importante del joven siglo. Y no es de extrañar: su detección no solo confirmaba más allá de toda duda el modelo estándar, pilar de nuestra visión del universo, sino que representaba el triunfo de la apuesta por los grandes aceleradores de partículas. De acuerdo, pero ¿qué hace exactamente el dichoso bosón? Muy simple: dotar de masa al resto de partículas elementales.



Ya en tiempos de Newton los científicos imaginaron «estrellas oscuras» que ejercían una atracción tan fuerte que ni siquiera la luz podía escapar de ellas. Los nuevos radiotelescopios y los adelantos teóricos de genios tales como Wheeler o Hawking han hecho que en tiempos recientes los agujeros negros hayan pasado de divertimento teórico a fascinante, para algunos incluso inquietante, realidad. Todo en ellos es extremo: desde el modo en que distorsionan el espacio y el tiempo hasta las paradojas científicas que nos plantean.



La física moderna se encuentra ante la incómoda posición de obedecer a dos señores que no se hablan entre sí. Cuando se estudia lo microscópico las normas las dicta la teoría cuántica; en el ámbito de lo macroscópico la reina suprema es la relatividad. Los intentos por hallar una teoría subyacente que armonice una y otra, la famosa «teoría del todo», se han topado una vez y otra con obstáculos insalvables. ¿Cuán cerca estamos de una solución?



Una de las hipótesis más sorprendentes de la ciencia actual es la de que nuestro universo es sólo uno de una infinitud de universos posibles. Este «multiverso» adopta diferentes formas: por ejemplo, una interpretación de la mecánica cuántica postula que cada posible estado de una partícula genera una realidad propia; por su parte, la teoría M imagina universos compactados en dimensiones superiores. Por muy extravagante que pueda parecer, la idea de multiverso da respuesta a algunos de los mayores misterios de la cosmología.



Si el Big Bang fue el inicio de todo, ¿tiene sentido hablar de lo que había antes? Esta pregunta nos enfrenta a cuestiones tradicionalmente asociadas a la religión o la filosofía, como por ejemplo, ¿por qué hay algo en lugar de nada? Sin embargo, la revolución cuántica y otros adelantos posteriores han dado un nuevo sentido a nociones tales como «vacío» o «nada», por lo que es posible dar también una respuesta científica a esas cuestiones.



Los neutrinos tienen ninguna o poquísima masa y son neutros eléctricamente. Se trata de una combinación de propiedades literalmente imparables, ya que reaccionan tan poco con otras partículas o campos que nada detiene ni desvía su curso a través del Cosmos. El estudio de estas elusivas partículas nos conduce de las grandes revoluciones de la física moderna hasta las más importantes cuestiones abiertas de la ciencia actual.



Nuestra concepción intuitiva del tiempo es asimétrica: no podemos ir adelante y atrás en el tiempo como sí podemos, en cambio, en el espacio. Sin embargo, las leyes de la física sí pueden. Lo que experimentamos como irreversible es perfectamente reversible para las ecuaciones. ¿Cómo se resuelve la contradicción? ¿Hay que corregir las ecuaciones? ¿O son nuestras intuiciones más elementales acerca del tiempo las que están equivocadas?

Otros títulos

Las grandes estructuras del universo

Las constantes universales

El Big Bang

Simetría y supersimetría

La evolución del universo

El modelo estándar de partículas

La nanotecnología

El final del universo

La teoría del caos

La posibilidad de viajar en el tiempo

El origen de la vida

Cuerdas y supercuerdas

Los exoplanetas

El frío absoluto

La realidad cuántica

Quarks y gluones

La inteligencia artificial

La materia extrema

La evolución estelar

De la simplicidad a la complejidad

Información y entropía

El principio antrópico

...