

Reconstrucción de la colisión de dos agujeros negros.

## Nueva onda para el estudio del Universo

*El Observatorio por Interferometría Láser de Ondas Gravitacionales (LIGO, por sus siglas en inglés) captó el 26 de diciembre de 2015 ondas gravitacionales por segunda vez. Se trata de la fusión de dos agujeros negros hace 1.400 millones de años, cuyas masas eran menores que las del primer evento detectado en septiembre de 2015.*

El 26 de diciembre de 2015 los científicos observaron ondas gravitacionales (ondulaciones en el tejido del espacio-tiempo) por segunda vez, marcando el inicio de la astronomía de ondas gravitacionales. Las ondas gravitacionales fueron detectadas por los dos detectores de LIGO ubicados en Livingston, Louisiana, y Hanford, Washington, EE.UU. El descubrimiento, publicado en la revista *Physical Review Letters*, fue realizado por la Colaboración Científica LIGO (que incluye la Colaboración GEO y el Australian Consortium for Interferometric Gravitational Astronomy) y la colaboración Virgo usando datos de los dos detectores LIGO. El grupo de Relatividad y Gravitación (GRG) en la Universidad de las Islas Baleares (UIB) es el único español que participa en LIGO.

Las ondas gravitacionales llevan consigo

información sobre sus orígenes y sobre la naturaleza de la gravedad que no puede obtenerse de otra forma. El equipo de LIGO ha llegado a la conclusión de que, al igual que el primer suceso de septiembre de 2015, las ondas gravitacionales detectadas el 26 de diciembre se produjeron durante los momentos finales de la fusión de dos agujeros negros de 14 y 8 masas solares para producir un único agujero negro en rotación más masivo, de unas 21 veces la masa del Sol.

Durante la fusión, que se produjo hace aproximadamente 1.400 millones de años, una cantidad de energía más o menos equivalente a la masa del Sol se convirtió en ondas gravitacionales. La señal detectada proviene de las últimas 27 órbitas de los agujeros negros antes de su fusión. El tiempo de llegada de las señales, medida 1,1 milisegundos

antes en el detector de Livingston que en el detector de Hanford, da una idea aproximada de la posición de la fuente en el cielo.

Esta señal, GW151226, fue identificada 70 segundos después de su llegada a la Tierra. Aproximadamente un minuto después se tenían las primeras indicaciones del origen de la señal gracias a una técnica que compara los datos con predicciones de señales gravitacionales (catálogos de formas de onda). El desarrollo de catálogos precisos de formas de onda basados en la relatividad general resulta imprescindible para estudiar las fusiones de agujeros negros. Esta es una de las actividades principales del grupo de Relatividad y Gravitación de la UIB, liderado por Alicia Sintés.

Ambos descubrimientos fueron posibles gracias a las capacidades mejoradas de Advanced-LIGO, que permiten un gran aumento del volumen del universo explorado. Para el próximo periodo de observación en otoño las mejoras en la sensibilidad del detector permitirán a LIGO alcanzar un volumen de universo de 1,5 a 2 veces mayor.



Recreación de LISA Pathfinder/ESA

### Lisa Pathfinder allana el camino

LISA Pathfinder, la misión de la Agencia Espacial Europea diseñada para demostrar las tecnologías necesarias para construir un observatorio de ondas gravitacionales en el espacio, muestra un excelente funcionamiento en el espacio. Desde su puesta en marcha en el espacio en marzo, el equipo de la misión, donde participa el Instituto de Ciencias del Espacio (IEEC-CSIC), está poniendo a prueba las técnicas que se emplearán. Un aspecto crucial, la colocación de dos masas en caída libre y el seguimiento de sus posiciones relativas

cuando se mueven bajo el efecto de la gravedad, ha quedado demostrado con una precisión sin precedentes. En un artículo publicado en la revista *Physical Review Letters*, el equipo de LISA Pathfinder demuestra que las masas de prueba están casi inmóviles una respecto de la otra, con una aceleración relativa inferior a una parte de diez millonésimas de una millonésima de la aceleración gravitacional de la Tierra. Este método permitirá detectar ondas gravitacionales a bajas frecuencias, complementando la actividad de LIGO en la Tierra.

# Descifrar la materia oscura desde Santander con el IFCA

Santander albergó durante la última semana de junio un encuentro científico internacional sobre uno de los grandes problemas sin resolver de la física: la naturaleza de la materia oscura. La materia oscura constituye el 85% de toda la materia de nuestro Universo, pero no emite ni absorbe luz (de ahí lo de "oscura"), por lo que es imposible verla. Aunque no podamos verla, sabemos que la materia oscura existe por los efectos que provoca: la materia oscura ejerce atracción gravitatoria sobre la materia que sí podemos ver.

El congreso 'Dark Matter 2016: From the smallest to the largest scales', organizado desde el Instituto de Física de Cantabria (IFCA, centro mixto del Consejo Superior de Investigaciones Científica y la Universidad de Cantabria), ofreció la oportunidad a físicos de partículas, astrofísicos y cosmólogos,

tanto experimentales como teóricos, de debatir sobre los últimos conocimientos en este campo. El encuentro reunió a expertos mundiales sobre materia oscura, que discutieron los puntos de encuentro entre las teorías y los experimentos y revisaron el estado actual de la disciplina, poniendo énfasis en los últimos esfuerzos realizados en diversos experimentos y observaciones para entender su naturaleza.

El IFCA trabaja para entender y descifrar los misterios de la materia oscura utilizando datos del Gran Colisionador de Hadrones (LHC) del CERN y de telescopios y misiones espaciales. Además, preparan nuevos experimentos que continuarán esta labor, como el futuro colisionador lineal ILC o misiones espaciales nuevas como EUCLID o ATHENA.



## El CERN prueba nuevas técnicas para acelerar partículas con AWAKE

A mediados de junio se enviaron haces de partículas por primera vez al experimento AWAKE, marcando el siguiente paso en su puesta a punto. Esta prueba se realiza para comprobar que todas las partes, desde la línea del haz hasta el experimento, funcionan correctamente, y que los imanes están alineando el haz de forma correcta.

AWAKE (*Advanced Proton Driven Plasma Wakefield Acceleration Experiment*) será el primer acelerador de su clase en el mundo. Se encuentra actualmente en construcción con el objetivo de probar que la técnica conocida como 'plasma wakefield' (ondas producidas por las partículas viajando a través de un plasma) impulsado por un haz de protones puede acelerar partículas cargadas. Los protones viajan por 800 metros de la línea del haz a través de 10 metros de la célula de

plasma, que por el momento es solo un tubo vacío donde aún no se ha introducido el plasma, para pasar después a varios detectores.

El haz procede del Super Proton Synchrotron (SPS) del CERN, que celebró su cuarenta cumpleaños en junio. AWAKE espera empezar a tomar datos a final de año. El siguiente paso será finalizar la instalación del experimento, el láser y la célula de plasma completa. Si funciona esta tecnología implicará que los futuros aceleradores de partículas lineales podrían ser mucho más pequeños, incluso del tamaño de una mesa.

"Ahora podemos pasar a la siguiente fase de la puesta a punto. Un equipo fantástico está detrás de este éxito", manifestó Edda Gschwendtner, líder del proyecto.

**Chicago, 3-10 agosto**

## ICHEP 2016, el gran encuentro mundial con la física de partículas

La *International Conference on High Energy Physics* (ICHEP), la mayor conferencia mundial en física de partículas, se celebra este año en Chicago, del 3 al 10 de agosto. Toma el testigo de Valencia, la primera ciudad española que organizó la principal conferencia de física de altas energías en 2014. En ICHEP 2016 se presentarán los principales resultados de los experimentos del campo, entre los que hay especial atención en los nuevos resultados de ATLAS y CMS con los datos del LHC de este año que podrían confirmar, o refutar, los indicios de nueva física anunciados a finales de 2015. Otros temas que centran el programa de ICHEP son la física de neutrinos, donde Estados Unidos ha hecho una apuesta decidida, las ondas gravitacionales y su nueva forma de hacer Astrofísica o los futuros experimentos. Más info: [www.ichep2016.org](http://www.ichep2016.org)

## Agenda/Convocatorias

➤ **TAE 2016.** El Taller de Altas Energías es una escuela internacional dedicada a la formación de estudiantes que inician su investigación en física teórica o experimental de altas energías, astropartículas y cosmología. Se celebra en el Centro de Ciencias 'Pedro Pascual de Benasque' del 4 al 17 de septiembre. Registro hasta el 15 de julio. <http://benasque.org/2016tae>

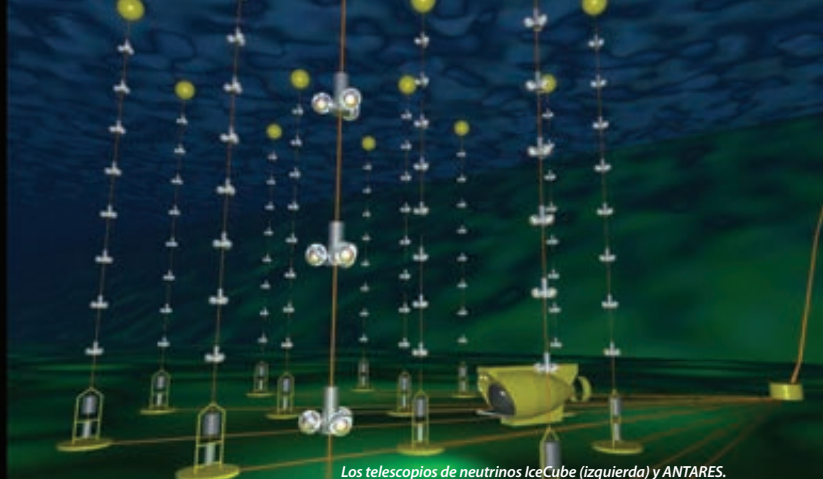
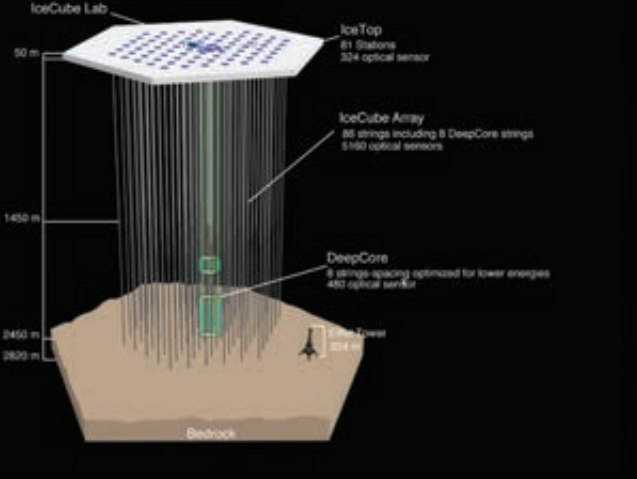
➤ **Acción de Dinamización "Proyectos Europa Excelencia" 2016.** El objetivo es potenciar la participación española en los subprogramas Starting Grants y Consolidator Grants del ERC. Las ayudas estarán destinadas a financiar los gastos de personal, pequeño equipamiento, materiales y otros gastos relacionados con los objetivos de la acción de dinamización. Hasta el 5 de julio. Información en la web de la SEIDI.

➤ **Advanced Grants ERC 2016.** Para investigadores con trayectoria científica consolidada, de cualquier edad y nacionalidad. Hasta 2,5 millones de euros durante 5 años. Hasta el 1 de septiembre. Info en la web del ERC.

### Oficina CPAN

INSTITUTO DE FÍSICA CORPUSCULAR (IFIC, CSIC-UV)  
PARQUE CIENTÍFICO UNIVERSIDAD DE VALENCIA  
C/ CATEDRÁTICO JOSÉ BELTRÁN, 2  
46980 - PATERNA (VALENCIA)  
EMAIL: [comunicacion@i-cpan.es](mailto:comunicacion@i-cpan.es)  
Tlf: 96 354 48 46 // [www.i-cpan.es](http://www.i-cpan.es)





Los telescopios de neutrinos IceCube (izquierda) y ANTARES.

## Los dos grandes telescopios de neutrinos unen fuerzas

**Los dos mayores telescopios de neutrinos del mundo, ANTARES y IceCube, publican su primer estudio conjunto. La combinación de ambos mejora la sensibilidad para detectar fuentes astrofísicas de neutrinos, sobre todo cercanas del centro de nuestra galaxia.**

En un artículo publicado en *'The Astrophysical Journal'*, las colaboraciones de los experimentos ANTARES, donde participa el IFIC, y IceCube muestran que uniendo sus datos se llega a doblar su capacidad para determinar la procedencia de estos neutrinos del espacio exterior. Estas partículas elementales, conocidas como la 'partícula fantasma' por su dificultad para ser detectadas, portan valiosa información de los lugares del cosmos donde se producen, como agujeros negros o supernovas.

Los neutrinos presentan ventajas para estudiar el universo sobre los fotones (partículas que componen la luz) o los rayos cósmicos (compuestos

principalmente por protones). Son neutros, por lo que no se desvían por la presencia de campos magnéticos y apuntan directamente a su fuente, y además atraviesan grandes cantidades de materia sin apenas interactuar. Por eso son tan difíciles de detectar.

Se necesitan enormes cantidades de materia para captar las interacciones producidas por los neutrinos que llegan del espacio. ANTARES es el primer telescopio de neutrinos submarino, situado a una profundidad de 2.500 metros cerca de la costa de Tolón (Francia). Es más pequeño que IceCube, pero funciona mejor para detectar neutrinos que

llegan a la Tierra con energías menores a 100 TeV (teraelectronvoltios) en el cielo del hemisferio sur. Por su situación observa mejor el centro de nuestra galaxia, una región muy poblada de posibles fuentes de neutrinos donde, además, hay un agujero negro supermasivo.

Ambas colaboraciones muestran que una combinación de ambos detectores mejora la sensibilidad para detectar fuentes astrofísicas puntuales de neutrinos hasta en un factor dos, sobre todo en las regiones cercanas al centro de nuestra galaxia. Además, el estudio marca límites más precisos a la búsqueda de neutrinos procedentes de fuentes astrofísicas. Sin embargo, no se detectó ningún neutrino de este tipo.

Este es el primer análisis que ha combinado los datos y el esfuerzo de ambas colaboraciones, y supone el primer paso para una colaboración más estrecha. En este trabajo, el grupo de investigación ANTARES-KM3NeT del Instituto de Física Corpuscular (IFIC, CSIC-UV) ha jugado un papel destacado, ya que una de sus responsabilidades es la identificación de las fuentes de neutrinos.



Elaios Team, finalista español del Beamline for Schools de 2016.

## Ganadores del concurso del CERN para estudiantes

**Equipos de Polonia y Reino Unido elegidos para realizar su experimento**

El CERN anunció en junio los ganadores de su concurso *'Beamline for Schools'* de 2016. Dos equipos de estudiantes de secundaria, "Pyramid hunters" de Polonia y "Relatively Special" del Reino Unido, han sido seleccionados por un jurado de científicos del laboratorio europeo de física de partículas para viajar a su sede de Ginebra el próximo mes de septiembre y llevar a cabo sus experimentos propuestos utilizando un haz de partículas del CERN. Los ganadores fueron seleccionados de un total de 150 equipos de 37 países, con más de 1.250 estudiantes participantes. España fue el cuarto país por propuestas enviadas (11) tras Italia (20), Reino Unido (16), Turquía (14) e India (12).

El único equipo español entre los 29 finalistas es "Elaios team", del IES Elaíos de Zaragoza, cuya propuesta consiste en transformar un detector de partículas de los años 60, la cámara de chispas, en un detector con tecnologías del siglo XXI mediante

el uso de fotomultiplicadores. Para ello, el equipo compuesto por Alejandro del Castillo, Daniel Cebrián, María José Puyó, Jorge Generelo, Hugo Subías, Javier Ágreda, Ana Sierra y Adrián Francisco contó con la tutoría de los profesores Javier Boira y Jesús Esteban (Tecnología), y Eva M<sup>a</sup> Barranco (Física y Química), además del asesoramiento de la empresa Rótulos Aragón para la elección del tipo de gas a utilizar en el proyecto.

El concurso permite a estudiantes de secundaria realizar un experimento en un haz de partículas del CERN. Los equipos tenían hasta el 31 de marzo para enviar una propuesta escrita y un vídeo explicando por qué querían ir al CERN, qué esperaban obtener de la experiencia y sus ideas sobre cómo podrían utilizar el haz de partículas para su experimento. Científicos del CERN evaluaron las propuestas según su creatividad, motivación, viabilidad y método científico.

### Equipos seleccionados

**"Pyramid hunters" son siete estudiantes del liceo Ogólnokształacze im. Marsz. St. Małachowskiego, la escuela más antigua de Polonia. Su proyecto consiste en medir la absorción de muones por la roca caliza para ayudar a comprender los datos de las tomografías de muones de la pirámide de Kefrén tomadas hace años.**

**"Relatively Special" es un equipo de la Royal Grammar School of Colchester (Essex, Reino Unido) formado por 17 estudiantes, nueve de los cuales viajarán al CERN. Su proyecto trata de probar la validez del factor de Lorentz midiendo el efecto de la dilatación temporal en las tasas de desintegración de los piones debida la Relatividad Especial.**

# “En los próximos años espero avances en la detección de materia oscura”

*La materia oscura es la siguiente frontera de la Física. Completamente desconocida para la ciencia, se estima que compone un cuarto del Universo pero, de momento, sigue sin ser detectada. En todo el mundo hay muchos experimentos que buscan alguna de las partículas que se postulan a formar esa nueva clase de materia. CAST es uno de ellos. Busca axiones, uno de los candidatos a ser materia oscura, desde la sede del CERN en Ginebra. Francisco Aznar (Zaragoza, 1983) es uno de los técnicos que lo hacen posible.*



Francisco Aznar sostiene uno de los detectores de CAST delante de un prototipo del experimento TRES-DM.

**-Pregunta: ¿Cómo se inició su carrera en la investigación?**

**-Respuesta:** Estudié Física en la Universidad de Zaragoza. Realicé la tesis doctoral con una beca FPU sobre un receptor microelectrónico para comunicaciones gigabit a través de fibra óptica en el Grupo de Diseño Electrónico de la universidad. Después me incorporé al Grupo de Investigación en Física Nuclear y Astropartículas para realizar nuevos detectores de partículas basados en tecnología Micromegas e intentar mejorar la cadena electrónica para adquisición de datos de los experimentos.

**-P: ¿En qué área trabaja actualmente?**

**-R:** Soy profesor del Centro Universitario de la Defensa adscrito a la Universidad de Zaragoza. Imparto fundamentos de electrónica a los futuros oficiales del Ejército de Tierra. Además, soy miembro del Grupo de Diseño Electrónico y sigo colaborando con el Grupo de Investigación en Física Nuclear y Astropartículas en los proyectos de investigación que tienen en marcha. En astropartículas, colaboro en los proyectos CAST y TRES-DM. En CAST estamos implantando mejoras tanto en el detector como en la colimación del haz del telescopio, y en TRES-DM desarrollamos una versión radiopura del detector que se instalará en el Laboratorio Subterráneo de Canfranc.

**-P: ¿Cómo contribuyó el contrato de técnico superior del CPAN a tu trayectoria?**

**-R:** Me abrió nuevas posibilidades de futuro. Trabajar con el Grupo de Investigación en Física Nuclear y Astropartículas me hizo enfrentarme a retos muy distintos a los que estaba acostumbrado. Eso te hace darte cuenta de la

variedad de temáticas de investigación que hay que abordar, de la importancia de formar a gente y potenciar que puedan desarrollarlas. Además, alimentó mi interés por esa rama de la física.

**-P: CAST y otros experimentos intentan detectar materia oscura. ¿Cuándo cree que estaremos en condiciones de decir qué es la materia oscura?**

**-R:** En los últimos años se han alcanzado retos asombrosos como el bosón de Higgs o las ondas gravitacionales. Por eso espero que en los próximos años haya avances en la detección de materia oscura. Ojalá nosotros pongamos nuestro granito de arena y podamos detectar axiones con el experimento CAST e IAXO, y otros candidatos a materia oscura con el experimento

*“El contrato de técnico superior del CPAN en el Grupo de Investigación en Física Nuclear y Astropartículas de la Universidad de Zaragoza me abrió nuevas posibilidades, me enfrentó a retos muy distintos a los que estaba acostumbrado”*

TRES-DM. Tener una descripción completa de la materia oscura llevará unos cuantos años, quizá la próxima generación culmine ese trabajo.

**-P: ¿Qué otros retos tiene la física de astropartículas por delante?**

**-R:** Siempre quedarán retos por alcanzar. Además de la materia oscura, tenemos por delante otros retos como la energía oscura, la determinación de la masa de los neutrinos o la desintegración doble-beta sin neutrinos. Uno que va a influir

muy notablemente en nuestras vidas en los próximos años es el desarrollo de los reactores nucleares de fusión, para obtener una fuente de energía limpia.

**-P: ¿Cómo es la situación de la investigación en física de astropartículas en España?**

**-R:** Todas las áreas de investigación se han visto afectadas en los últimos años. En particular, España ha tenido deudas en su financiación al CERN y no termina de concretar su implicación en la construcción en Granada de una instalación estratégica para el desarrollo de la fusión nuclear. El recorte en investigación ha tenido un impacto considerable en muchas áreas de investigación, que hay que revertir para minimizar el impacto que ya ha tenido. Tenemos que ofrecer razones para convencer a los futuros investigadores que apuesten por una carrera investigadora.

**-P: ¿Qué dificultades observa para dedicarse a la carrera investigadora en España?**

**-R:** Me considero afortunado por haber estabilizado mi trayectoria investigadora, y formar una familia que crece junto a los míos. Conozco muchos casos en los que la movilidad ha sido la única opción. Tener una cierta movilidad individual es necesario para optimizar la trayectoria investigadora, pero la escasez de oportunidades en España ha forzado la emigración de gente que podría contribuir muy positivamente aquí. Se habla mucho de educación y sanidad durante las campañas electorales pero, desde mi punto de vista, la inversión en investigación debería ser igual de importante. Necesitamos un pacto de Estado para garantizar la inversión.