

¿Qué es el bosón de Higgs?

El bosón de Higgs es un tipo de partícula elemental que se cree tiene un papel fundamental en el mecanismo por el que se origina la masa de todas las partículas del Universo. La confirmación o refutación de su existencia es uno de los objetivos del Gran Colisionador de Hadrones (LHC, por sus siglas en inglés), el mayor y más potente acelerador de partículas del mundo que opera la Organización Europea para la Investigación Nuclear (CERN) en la frontera franco-suiza, cerca de Ginebra.

¿Por qué es tan importante el bosón de Higgs?

Porque es la única partícula predicha por el Modelo Estándar de Física de Partículas que aún no ha sido descubierta. El Modelo Estándar describe perfectamente todo lo que sabemos de las partículas elementales y cómo interaccionan entre ellas, pero queda una parte importante del Modelo por confirmar, precisamente la que da respuesta al origen de la masa de las partículas. Sin masa, el Universo sería un lugar muy diferente. Si el electrón no tuviera masa no habría átomos, con lo cual no existiría la materia como la conocemos, por lo que tampoco habría química, ni biología ni existiríamos nosotros mismos.

Para explicar por qué unas partículas tienen masa y otras no, el físico británico Peter Higgs postuló en los años 60 del siglo XX un mecanismo que se conoce como el “campo de Higgs”. Al igual que el fotón es el componente fundamental de la luz, el campo de Higgs requiere la existencia de una partícula que lo componga, que los físicos llaman “bosón de Higgs”. Esta es la última pieza que falta para completar el Modelo Estándar.

¿Cómo funciona el mecanismo de Higgs?

El campo de Higgs sería una especie de continuo que se extiende por todo el espacio, formado por un incontable número de bosones de Higgs. La masa de las partículas estaría causada por una “fricción” con el campo de Higgs, por lo que las partículas más ligeras se moverían por este campo fácilmente mientras que las más pesadas lo harán con mayor dificultad.

¿Qué es un ‘bosón’?

Las partículas subatómicas se dividen en dos tipos: fermiones y bosones. Los fermiones son las partículas que componen la materia, mientras que los bosones portan las fuerzas o interacciones. Los componentes del átomo (electrones, protones y neutrones) son fermiones, mientras que el fotón, el gluón y los bosones W y Z, responsables respectivamente de las fuerzas electromagnética, nuclear fuerte y nuclear débil, son bosones.

¿Cómo se puede detectar el bosón de Higgs?

El bosón de Higgs no se puede detectar directamente, ya que una vez que se produce se desintegra casi instantáneamente dando lugar a otras partículas elementales más habituales. Lo que se pueden ver son sus “huellas”, esas otras partículas que podrán ser detectadas en el LHC. En el interior del anillo del acelerador del CERN colisionan protones entre sí a una velocidad cercana a la de la luz. Cuando se producen las colisiones en puntos estratégicos donde están situados grandes detectores, la energía del movimiento se libera y queda disponible para que se generen otras partículas. Cuanto mayor sea la energía de las partículas que chocan más masa tendrán las resultantes, según la famosa ecuación de Einstein $E=mc^2$.

La búsqueda del bosón de Higgs se inició hace décadas. Debido a que la teoría no establece su masa, sino un amplio rango de valores posibles, se requieren aceleradores muy potentes para explorar este nuevo territorio de la Física. El LHC es la culminación de una “escalada energética” dirigida a descubrir el bosón de Higgs en los aceleradores de partículas, que ha permitido hasta el momento excluir que tenga una masa menor a la equivalente a unas 115 veces la del protón. Cuando alcance su máxima potencia en 2014, el LHC colisionará protones a una energía de 14 teraelectronvoltios (TeV). Actualmente funciona a la mitad, 7 TeV. En cualquier caso, si existe, la partícula de Higgs se producirá en el LHC.

¿Qué sabemos hasta el momento del bosón de Higgs?

Búsquedas directas realizadas en anteriores aceleradores de partículas como el LEP del CERN y Tevatron, del Laboratorio Fermi de los Estados Unidos, establecieron que la masa del bosón de Higgs debe ser superior a los 114 GeV (gigaelectronvoltios; 1 gigaelectronvoltio equivale aproximadamente a la masa de un protón) y no puede estar entre los 158 y los 173 GeV. Otras evidencias indirectas observadas en procesos físicos que involucran al bosón de Higgs descartaron una masa superior a 158 GeV.

Sin embargo, estos resultados no tienen la suficiente significación estadística como para ser considerados firmes. Esta significación estadística, que los físicos miden en “desviaciones estándar”, depende de la cantidad de datos acumulada: cuanto mayor sea este número, que se mide en una unidad llamada “femtobarn inverso”, mayor es la probabilidad de que una medida en Física de Partículas sea considerada un auténtico descubrimiento.

Los últimos resultados obtenidos, procedentes de 2.3 femtobarns inversos de datos acumulados en los dos grandes experimentos del LHC, ATLAS y CMS, durante 2010 y 2011, excluyen la presencia del bosón de Higgs en la región comprendida entre los 141 y 476 GeV, con un 95% de confianza, llegando al 99% en el rango entre 146 y 443 GeV. Sin embargo, continúa la exploración en el rango más bajo de masas previsto en el Modelo Estándar, con masas superiores a 114 GeV.

A finales de 2012 se espera que la cantidad de datos total obtenida por los experimentos ATLAS y CMS del LHC, sumada a los de CDF y D0 del Tevatron, permita confirmar o descartar definitivamente la existencia del bosón de Higgs en el rango de masas previsto por el Modelo Estándar y que aún no han sido descartado, entre los 114 GeV y los 600 GeV.

¿Qué pasa si se descubre el bosón de Higgs?

Confirmar la existencia del bosón de Higgs ofrecerá la prueba esencial de la validez del único aspecto del Modelo Estándar que aún no ha sido confirmado. Su descubrimiento supondría una mejor comprensión del Universo y ejercería de impulso para la investigación: otras partículas que habían sido predichas por la teoría como los bosones W y Z fueron descubiertas posteriormente en aceleradores.

Para conocer las propiedades del bosón de Higgs se diseña un nuevo acelerador de partículas lineal, donde participan centros de investigación españoles. En última instancia, la tecnología desarrollada para determinar si el bosón de Higgs existe tendrá beneficios indirectos en campos tan diversos como la Medicina, la Informática y la Electrónica, entre otros.

Descubrir el bosón de Higgs sería el comienzo de una nueva fase en la Física de Partículas. Marcaría el camino en la investigación de otros muchos fenómenos físicos como la naturaleza de la materia oscura, un tipo de materia que compone el 23% del Universo pero cuyas propiedades son completamente desconocidas. Este sería otro reto para la disciplina y experimentos como el LHC.

¿Qué pasa si NO se descubre el bosón de Higgs?

Si el LHC excluye la existencia del bosón de Higgs, el Modelo Estándar, y nuestra comprensión general del origen de la masa de las partículas, han de ser replanteados. La evidencia de no descubrir el bosón de Higgs en los parámetros establecidos en el Modelo Estándar obligará a formular otra teoría para explicar cómo las partículas obtienen su masa. Esto, a su vez, requerirá de nuevos experimentos que confirmen o desmientan esta nueva teoría. Así es como funciona la ciencia.

¿Cuál es la participación española en el LHC?

España es miembro del CERN desde 1983 y aporta un 8,9% del presupuesto del organismo que gestiona el LHC, lo que la convierte en el quinto contribuyente de los 20 estados miembros. La aportación española es proporcional a su PIB y se sitúa detrás de Alemania, Reino Unido, Francia e Italia. Además de esta contribución fija, se aportan otros fondos para financiar la actividad de los grupos de investigación españoles que participan en los cuatro experimentos principales del LHC: ATLAS, CMS, LHCb y ALICE.

En la plantilla del CERN hay un centenar de investigadores españoles, a los que se suma otro centenar de investigadores (*fellows* y asociados) y estudiantes, y 342 usuarios *externos* (investigadores de universidades y centros españoles que colaboran en experimentos del CERN). El número de científicos españoles en el mayor laboratorio mundial de física de partículas es de alrededor de 550.

ATLAS

El Instituto de Física Corpuscular (IFIC), centro mixto CSIC-Universitat de València, en colaboración con el Instituto de Microelectrónica de Barcelona (CNM-IMB-CSIC), ha participado en la construcción de 280 módulos de silicio del detector de trazas del experimento ATLAS, y ha realizado los cálculos que permiten reconstruir la trayectoria de las partículas con carga resultantes de la interacción de partículas a altas energías.

El IFIC ha colaborado con el Institut de Física d'Altes Energies (IFAE), consorcio entre la Generalitat de Catalunya y la Universitat Autònoma de Barcelona, en el ensamblaje mecánico y óptico de una pieza final del calorímetro hadrónico (instrumento que mide la energía de las partículas más pesadas). La Universidad Autónoma de Madrid (UAM) participó en la construcción del calorímetro electromagnético, otro de los detectores de ATLAS.

CMS

El Centro de Investigaciones Energéticas, Medioambientales y Tecnológicas (CIEMAT) ha participado en el desarrollo de prototipos de pequeños imanes superconductores para el acelerador, así como en el diseño y construcción de 70 cámaras de muones (25% del total) de CMS y en la fabricación de la electrónica de lectura de estas cámaras.

El CIEMAT y el Instituto de Física de Cantabria (IFCA), centro mixto del CSIC y la Universidad de Cantabria, son responsables del sistema de alineamiento de muones y su electrónica asociada, sistema en el que colabora la Universidad de Oviedo (UO). La Universidad Autónoma de Madrid (UAM) está involucrada en el desarrollo del sistema de selección de datos o *Trigger*.

LHCb

La Universidad de Santiago de Compostela (USC), la Universitat de Barcelona (UB) y la Universitat Ramon Llull (URL) han participado en la construcción del Silicon Tracker (ST), del Calorímetro Electromagnético (SPD/PS) y del sistema de trigger del LHCb. Investigadores de las tres universidades tienen importantes responsabilidades tanto en la operación del experimento como en el análisis de los datos que recolecta.

ALICE

El Instituto Galego de Física de Altas Enerxias (IGFAE) de la Universidade de Santiago de Compostela se encarga de la fenomenología de la física del experimento ALICE, mientras que el Centro de Investigaciones Energéticas, Medioambientales y Tecnológicas (CIEMAT) participa en tareas de computación asociadas.

Participación de empresas españolas en el LHC

En la construcción del LHC participaron más de 35 empresas españolas en ámbitos como la ingeniería civil (Empresarios Agrupados, Dragados, IDOM), la ingeniería eléctrica (JEMA, ANTEC), la ingeniería mecánica (Felguera Construcciones Mecánicas, Asturfeito, Nortemecánica, Elay, EADS-CASA), tecnologías de vacío y baja temperatura (Telstar, Vacuum projects), electrónica (GTD, CRISA, INSYTE, SAIFOR) y en servicios varios (IBERINCO, SENER, INTECSA-INARSA, TAM, AXIMA, SIDASA).

Centro Nacional de Física de Partículas, Astropartículas y Nuclear (CPAN)

El Centro Nacional de Física de Partículas, Astropartículas y Nuclear (CPAN) es un proyecto Consolider-Ingenio 2010 financiado por el Ministerio de Ciencia e Innovación y gestionado por el Consejo Superior de Investigaciones Científicas (CSIC). Está formado por más de 400 científicos de 26 grupos de investigación del CSIC, el Centro de Investigaciones Energéticas, Medioambientales y Tecnológicas (CIEMAT) y Universidades españolas. Sus principales objetivos son la promoción y coordinación científica de la participación española en proyectos internacionales, el desarrollo de actividades comunes de I+D y la formación e incorporación a los grupos de nuevos investigadores y técnicos. El CPAN pretende consolidar estas actuaciones mediante la constitución de un centro en red de carácter permanente, análogo a los existentes en otros países de nuestro entorno.

MÁS INFORMACIÓN

www.i-cpan.es/lhc
<http://youtu.be/pNFDh4sObEM>

Oficina CPAN
comunicacion@i-cpan.es
96 354 48 46