

EL MODELO ESTANDAR DE LA FÍSICA DE PARTÍCULAS

José Cobián (Comisión de Terminología de la SNE)

INTRODUCCIÓN

En el último medio siglo se han producido avances significativos en áreas de la ciencia física como el modelo del átomo y la física de partículas, que han evidenciado la conveniencia de revisar vocablos y definiciones aplicables del diccionario de la Sociedad Nuclear Española, y en su caso de identificar y proponer vocablos nuevos. Al objeto de acometer esta tarea, se proporciona aquí una perspectiva histórica de estas áreas y una descripción del estado actual en que se encuentran. Se concluye esta nota técnica con la lista de los vocablos revisados y nuevos que se proponen para su incorporación al diccionario con sus definiciones y sus correspondientes traducciones al inglés y francés.

Agradecemos al Profesor D. Manuel Cotelo de la E.T.S de Ingenieros Industriales de Madrid, a D. Francisco Tarín de ENUSA, y a los miembros de las Comisiones de Terminología y Técnica de la Sociedad Nuclear Española la revisión y comentarios a esta nota técnica que han cooperado a la consecución de una mayor calidad.

EVOLUCIÓN DE LOS MODELOS DEL ÁTOMO

Hace varios siglos se consideraba que el universo estaba enteramente formado por pequeñas partículas, llamadas átomos, las cuales se creía que eran indivisibles. Desde que Dalton (1766-1844) [1] diera los primeros pasos en la formulación de un modelo del átomo, el avance de la ciencia ha permitido establecer nuevos modelos que han ido invalidando a los anteriores.

Para Dalton los elementos químicos estaban formados por partículas muy pequeñas e indivisibles llamadas átomos, los átomos de un mismo elemento químico eran idénticos, los de diferentes elementos químicos eran distintos, los átomos eran indestructibles, retenían su identidad en los cambios químicos, y se combinaban en relaciones constantes para formar compuestos, posteriormente llamados moléculas.

A mediados del siglo XIX, una serie de descubrimientos permitieron la modificación del modelo atómico de Dalton. Thomson, (1856-1940) [2], postuló que el átomo consistía en

una esfera uniforme de materia cargada positivamente en la que se hallaban incrustados los electrones. Este sencillo modelo explicaba el hecho de que la materia fuese eléctricamente neutra, por la neutralización de la carga positiva de la esfera con los electrones incrustados. Estos podrían ser arrancados de la esfera si se aportaba una energía suficiente.

En 1911, Rutherford (1871-1937) [2], bombardeó con partículas alfa una fina lámina de oro. Mientras que la mayoría de partículas atravesaban la lámina sin desviarse, unas pocas cambiaban de dirección. Este hecho hizo suponer que las cargas positivas que las desviaban estaban concentradas dentro de los átomos, ocupando un espacio muy pequeño en comparación al tamaño del átomo. Esta parte del átomo con carga eléctrica positiva es lo que constituye el núcleo.

Para Rutherford, el núcleo tenía casi toda la masa del átomo y los electrones se movían a su alrededor como los planetas alrededor del sol. Los electrones no caían en el núcleo, ya que la fuerza de atracción electrostática era contrarrestada por la fuerza centrífuga. Este modelo fue satisfactorio hasta que se observó que estaba en contradicción con una información ya conocida en aquel momento: un electrón o todo objeto eléctricamente cargado que es acelerado, o cuya dirección lineal es modificada, emite o absorbe radiación electromagnética. El electrón del átomo de Rutherford, al modificar su dirección lineal continuamente, debería emitir radiación electromagnética que causaría la disminución de

su energía, y en consecuencia debería describir una trayectoria en espiral hasta caer en el núcleo.

Esta contradicción le permitió a Bohr (1885-1962) [2] unos años más tarde establecer un nuevo modelo atómico aplicando la teoría cuántica de Plank. En este modelo, postulaba que el electrón tenía ciertos estados de energía (niveles) que le eran permitidos, de forma que cuando un electrón estaba en uno de estos estados no irradiaba, pero cuando cambiaba a otro absorbía o desprendía energía; que en cualquiera de ellos el electrón se movía siguiendo una órbita circular alrededor del núcleo; y que los estados de movimiento electrónico permitidos correspondían a ciertos valores del momento angular del electrón.



Figura 1. Niels Bohr

En 1924, de Broglie (1892-1987) [2] postuló la doble naturaleza partícula-onda de los electrones y sugirió que toda partícula material, especialmente las subatómicas, también la tenían. Esta hipótesis, parte básica de la mecánica cuántica, fue constatada experimentalmente dos años más tarde. Schrödinger (1887-1961) [2] en 1926, en el modelo matemático que desarrolla, considera al electrón como una onda y predice muchos fenómenos que Bohr no podía explicar.

En 1927, Heisenberg (1901-1976) [2] indicó que es imposible medir de manera exacta y simultánea la posición y la cantidad de movimiento de una partícula ya que el producto de la incertidumbre en las medidas de ambos parámetros es siempre mayor que $h/(4 \cdot \pi)$, siendo h la constante de Planck. El principio de incertidumbre se aplica también a otras parejas de magnitudes, tales como la energía intercambiada en el proceso y su duración. Este principio fue conocido como principio de incertidumbre de Heisenberg. Este nuevo enfoque invalidaba por completo el modelo de Bohr, con sus órbitas circulares claramente definidas. El modelo actual de la física de partículas es el modelo estándar, el cual se utiliza para describir la estructura atómica. Este modelo integra el principio de incertidumbre de Heisenberg. Describe así las posiciones de los electrones en un átomo en términos de probabilidades. Un electrón se puede encontrar potencialmente a cualquier distancia del núcleo, pero dependiendo de su nivel de energía tiende a estar con más frecuencia en ciertas regiones alrededor del núcleo que en otras; estas zonas son conocidas como orbitales.

Hasta 1932 las únicas partículas subatómicas que se conocían eran las partículas alfa, el electrón y los protones, pero en dicho año el físico inglés Chadwick descubrió el neutrón, y enseguida se vio que junto al protón constituían los dos componentes esenciales del núcleo. Al protón y al neutrón se les llama nucleones y forman todos los núcleos de todos los elementos que se conocen, salvo el del hidrógeno, que está formado por un único protón.



Figura 2. James Chadwick

Los elementos cuyos núcleos están formados por el mismo número de protones son indistinguibles desde el punto de vista químico. Es decir, son el mismo elemento. A elementos iguales con diferente número de neutrones se les llaman isótopos, a la suma del número de protones y de neutrones que tiene un núcleo se la llama número másico, y al número de protones se le llama número atómico. Para los núcleos ligeros estables el número de protones y de neutrones acostumbra a ser el mismo, pero a medida que los núcleos son

más pesados el número de neutrones aumenta más rápidamente que el de protones.

A partir del año 1930 se descubre una avalancha de nuevas partículas. En 1928 Dirac predijo la existencia del electrón de carga positiva al que llamó positrón [3][4] y en 1932 Anderson lo confirmó. En 1930 Pauli había señalado la necesidad de introducir una nueva partícula indistinguible [4], para mantener la conservación del momento lineal en la desintegración beta. Esta partícula fue bautizada como neutrino por Fermi en 1934; y descubierto experimentalmente por Cowan y Reines en 1956. En 1935, Yukawa predijo la existencia del mesón [4]. Pocos años después, Powell confirmaba su existencia. Y así seguiría un relato interminable de descubrimientos de partículas. La necesidad de justificar y clasificar las nuevas partículas y la de armonizar el conocimiento de las fuerzas que entran en juego en las interacciones entre ellas con los principios de la mecánica cuántica han propiciado en las últimas décadas del siglo pasado el desarrollo del modelo estándar de la física de partículas, modelo que representa el estado de la ciencia en el presente.

MODELO ESTÁNDAR DE LA FÍSICA DE PARTÍCULAS

Postula la existencia de dos clases de partículas indivisibles de la materia: quarks y leptones, que en las proporciones adecuadas pueden constituir cualquier átomo y por lo tanto cualquier tipo de materia en el universo. Postula también la existencia de otro grupo de partículas elementales, los bosones de gauge, que actúan como portadores de las

interacciones fundamentales. Los tipos Z y W son portadores de la interacción débil; el fotón, de la interacción electromagnética; y el gluón, de la interacción fuerte. Existe también otro bosón, el bosón de Higgs, responsable del origen de la masa de las partículas elementales. El modelo estándar ha conseguido unificar en una sola teoría el efecto de tres de estas fuerzas fundamentales de la naturaleza: electromagnética, fuerte y débil. Actualmente se está intentando llevar a cabo la unificación completa de las cuatro fuerzas fundamentales, que incluya también la interacción gravitatoria, pero todavía no se ha logrado un resultado satisfactorio.

Los cuatro tipos de fuerzas mencionados mantienen unidos a los constituyentes de la materia. El electromagnetismo, la interacción débil y la interacción fuerte transmiten la fuerza de unión mediante el intercambio de bosones. La gravedad, como se ha dicho se encuentra fuera de los postulados del modelo estándar.

Diferentes tipos de quarks y de leptones forman los protones y los neutrones. El leptón más conocido es el electrón.

El modelo estándar comprende 17 tipos de partículas fundamentales de los cuales 6 son quarks (arriba, abajo, encanto, extraño, cima y fondo), 6 leptones (electrón, muón, tauón, neutrino electrónico, neutrino muónico y neutrino tauónico), cuatro bosones de gauge (fotón, bosón Z, bosón W, gluón) y el bosón de Higgs. A cada una de estas partículas le corresponde una antipartícula, que cuando se encuentran juntas en los

La interacción gravitatoria actúa entre cuerpos materiales de cualquier tamaño, tiene carácter atractivo, y ejerce su acción en todo el rango de distancias. Mientras que a grandes distancias es más importante que las demás, a distancias atómicas es la más débil de todas. La teoría de la relatividad general la estudia a escala espacial y la describe como una curvatura del espacio-tiempo por la presencia de grandes masas. Los intentos de explicar la gravedad con las hipótesis del modelo estándar definen una partícula, el gravitón, como portador de la fuerza de la gravedad [13]. Su existencia no se encuentra confirmada experimentalmente. Sin embargo, debido a que la gravitación tiene significación sólo en distancias muy por encima del radio atómico, se puede simultáneamente utilizar el modelo tradicional para la gravedad, y el modelo estándar para las otras tres interacciones sin que ambas teorías entren en conflicto.

La interacción electromagnética actúa entre partículas con carga eléctrica. Incluye la fuerza electrostática, que actúa entre cargas en reposo, y el efecto combinado de las fuerzas eléctrica y magnética que actúan entre cargas que se mueven una respecto a la otra. Tiene un campo de acción teóricamente infinito, pero es menos significativo cuanto mayor es la distancia al producirse la cancelación por los efectos de las cargas opuestas. Aunque los fenómenos eléctricos y magnéticos han sido observados desde la antigüedad, es a partir de 1800 cuando los científicos descubren que la electricidad y el magnetismo son dos aspectos fundamentales de la misma interacción. En 1864, las ecuaciones de Maxwell

unifican rigurosamente ambos fenómenos. En 1905, en la teoría de la relatividad especial, Einstein explica el efecto fotoeléctrico al teorizar que la luz se transmite también en forma de cuantos, que ahora llamamos fotones. En el período 1927-1940, Dirac unifica la mecánica cuántica con la teoría relativista del electromagnetismo.

La interacción nuclear fuerte permite unirse a los quarks para formar hadrones. Estos son portadores de un tipo de carga, llamada carga de color, de distinta naturaleza a la carga eléctrica. El radio de acción de la interacción fuerte es muchísimo más pequeño que el de la gravedad y que el del electromagnetismo; sólo se le aprecia a muy cortas distancias tales como el radio del núcleo; su fuerza sin embargo es muchísimo más intensa que la de cualquiera de las otras tres interacciones. Según el modelo estándar, la partícula mediadora de esta fuerza es el gluón [4]. La teoría que la describe fue propuesta por Politzer, Wilczek y Gross en la década de 1980.

La interacción fuerte entre los quarks de los protones y neutrones que constituyen los átomos explica la fuerza de atracción entre estas dos partículas dentro del núcleo atómico. Debido a la carga positiva de los protones, para que éstos se encuentren estables en el núcleo debía existir una fuerza mayor que la electromagnética para retenerlos. Esta se debe a la interacción fuerte a través de parejas de quark-antiquark. [2][4].

La interacción débil, también conocida como interacción nuclear débil, se acopla a un tipo de carga llamada sabor, que la poseen los quarks y los

leptones. Esta interacción es la causante de los cambios de sabor en estas partículas, en otras palabras es la responsable de que quarks y leptones [8][15] decaigan en partículas más ligeras, con la consecuente producción de desintegraciones beta. Glashow, Weinberg y Salam han desarrollado una teoría para explicar la interacción débil desde una perspectiva unificada con el electromagnetismo (fuerza electro débil).

Según el modelo estándar, la interacción débil es mediada por los bosones W^+ , W^- y Z^0 [4] que son partículas de masa relativamente alta. Su intensidad es menor que la intensidad de la interacción electromagnética y su alcance es menor que el de la interacción fuerte. Al igual que la interacción fuerte y la gravitatoria esta es una interacción únicamente atractiva. [15].

VOCABLOS DEL MODELO ESTÁNDAR

Se definen a continuación los vocablos correspondientes a las partículas descritas en la teoría del modelo estándar, así como los de parámetros relacionados con ellas. Junto a cada vocablo se incluyen los equivalentes terminológicos en inglés y francés.

Modelo estándar de la física de partículas

Ing. *Standard model of particle physics*
Fr. *Modèle standard de la physique de particules*

En la física de partículas, modelo basado en la mecánica cuántica de campos para explicar las interacciones existentes entre partículas elementales. Postula la existencia de dos tipos de partículas indivisibles de

la materia ordinaria: quarks y leptones, que en las proporciones adecuadas pueden constituir cualquier átomo y por lo tanto cualquier tipo de materia ordinaria en el universo. Postula también la existencia de un tipo de partículas, los bosones de gauge, que actúan como portadores de las interacciones fundamentales. Los bosones de gauge Z y W son portadores de la interacción débil; el fotón, es portador de la interacción electromagnética, y el gluón, portador de la interacción fuerte. Otro bosón, el bosón de Higgs, es portador de la masa de las partículas elementales. La gravedad, sin embargo, no se puede explicar de la misma forma, debido a que la existencia de un bosón portador de dicha fuerza, el hipotético gravitón, no está confirmada. [3][5][11]

Física de partículas

Ing. *Particle physics*
Fr. *Physique de particules*

Rama de la física que trata de las propiedades, relaciones e interacciones de las partículas subatómicas fundamentales de la materia. [16]

Partícula

Ing. *Particle*
Fr. *Particule*

1. Entidad material de tamaño muy pequeño. || 2. En física de partículas, entidad de escala subatómica. [2][6][10]

Partícula elemental

Ing. *Elementary particle*
Fr. *Particule élémentaire*

Constituyente de la materia que no puede subdividirse, caracterizado comúnmente por su masa, carga eléctrica, espín y paridad. La mayor

parte de las partículas elementales son inestables. [2][6][7]

Fermión

Ing. Fermión
Fr. Fermion

Partícula elemental llamada así en honor a Fermi, de espín semientero, considerada constituyente básico de la materia en el modelo estándar de la física de partículas siendo la otra el bosón; puede experimentar cualesquiera de las cuatro interacciones fundamentales, verifica el principio de exclusión de Pauli, y cumple la estadística de Fermi-Dirac. Los fermiones elementales se dividen en dos grupos: quarks y leptones. Existen partículas compuestas formadas por tres quarks, y espín semientero a las que se llama bariones. Los bariones por sus características son considerados fermiones compuestos. Ejemplo de fermión compuesto son el protón y el neutrón. [2][3]

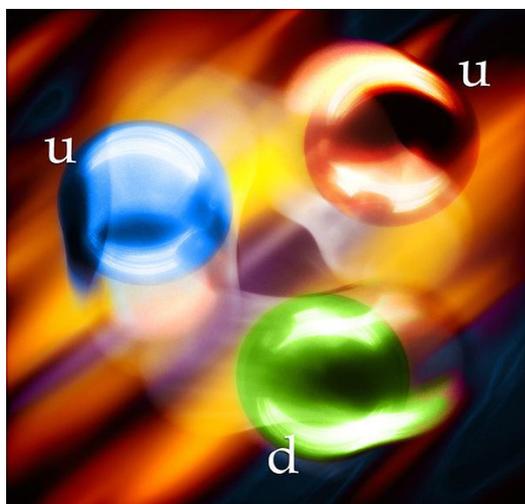


Figura 4: Quarks (arriba, abajo)

Quark

Ing. Quark
Fr. Quark

Nombre genérico de un tipo de partícula elemental caracterizada por su

masa, carga eléctrica, espín, sabor y color, denominada así por el científico americano Murray Gell-Mann al encontrarla utilizada anecdóticamente en el libro de James Joyce: "Finnegans Wake" aludiendo al canto de un ave marina. Los quarks son fermiones, constituyen con los leptones la materia ordinaria, y experimentan las cuatro interacciones fundamentales. Hay seis tipos distintos de quarks: arriba (u), abajo (d), encanto (c), extraño (s), cima (t) y fondo (b). Todos ellos tienen carga eléctrica $1/2$, número bariónico $1/3$ y espín $1/2$. Existen además sus correspondientes antipartículas denominadas antiquarks. El quark no se encuentra aislado en la naturaleza, sino formando partículas compuestas llamadas genéricamente hadrones. [4][11]

Leptón

Ing. Lepton
Fr. Lepton

Del francés lepton, y este del griego λεπτός leptós 'pequeño', 'delgado', 'ligero', nombre genérico de una partícula elemental, de espín $1/2$, y de masa inferior a la del mesón, de la cual existen seis tipos: electrón, muón y tauón, con carga eléctrica unitaria negativa, y neutrino electrónico, neutrino muónico y neutrino tauónico, eléctricamente neutros, así como sus antipartículas. Su espín tiene dos estados en los tres primeros que corresponden a su doble helicidad, y solo uno en los neutrinos. Es un fermión y constituye con el quark la materia ordinaria. Experimenta las interacciones electromagnética, débil y gravitatoria, pero no la fuerte. El electrón es un ejemplo común del leptón. [8]

Neutrino

Ing. Neutrino

Fr. Neutrino

Partícula elemental del tipo de los leptones, de espín $1/2$, y carga nula. Del Modelo estándar se deriva que tiene que tener masa, pero todavía no se ha conseguido medir. Experimenta las interacciones débil y gravitatoria. Existen tres tipos de neutrinos, asociados a cada una de las familias leptónicas, conocidos por los nombres neutrino electrónico, neutrino muónico y neutrino tauónico de símbolos ν_e , ν_μ y ν_τ respectivamente y otros tres correspondientes a sus antipartículas. La helicidad de neutrinos y antineutrinos tiene distinto sentido. [2][7][8]

Electrón

Ing. Electron

Fr. Electrón

Partícula elemental estable, del tipo de los leptones, que forma parte de los átomos y que posee la mínima carga eléctrica negativa detectada hasta ahora; esta carga, que se toma en física como unidad, es $(1,602 \cdot 10^{-19} \pm 0,000 \cdot 07) \times 10^{-19}$ culombios. Su masa en reposo es 1836,2 veces menor que la del protón. Su espín es $1/2$, y satisface el principio de exclusión de Pauli y por tanto cumple la estadística de Fermi-Dirac. Experimenta las interacciones electromagnética, débil y gravitatoria. Su símbolo es e^- . Su antipartícula es el positrón. [7]

Positrón

Ing. Positron

Fr. Positron

Partícula elemental que tiene la misma masa y espín que el electrón,

y carga del mismo valor, pero positiva. El positrón es la antipartícula del electrón. Su símbolo es e^+ . [2][3]

Bosón

Ing. Boson

Fr. Boson

Llamado así en honor al físico Chandra Bose, es uno de los dos tipos básicos de partículas elementales de la naturaleza junto con el fermión. Se caracteriza por tener un número de espín entero o nulo, y comportarse según la estadística de Bose-Einstein. Los llamados bosones de gauge, que son los propiamente elementales, incluyen fotones, gluones y bosones W y Z . Son portadores de las interacciones fundamentales del modelo estándar. Otros bosones son el de Higgs y el todavía hipotético gravitón. [2][3]

Transformación gauge

Ing. Gauge transformation

Fr. Transformation de gauge

En física de partículas, transformación de los valores de parámetros internos de un campo cuántico de fermiones que deja las leyes básicas de la física invariantes. Se dice en estos casos que existe una simetría gauge. Cuando la transformación es distinta en los diferentes fermiones del campo con posibilidad de interactuar, se crean diferencias de potencial entre ellos. Las partículas bosónicas asociadas a las diferencias de potencial son las portadoras de fuerzas fundamentales que promueven la interacción que restablece la simetría. En español también llamada transformación de recalibración o de contraste, denominaciones de escaso uso. [17]

Bosón de gauge

Ing. Gauge boson

Fr. Boson de gauge

*Bosón portador de la interacción fuerte, débil o electromagnética. [2]
[3]*

Gravitón

Ing. Graviton

Fr. Graviton

Partícula elemental hipotética, cuya existencia se ha postulado para explicar la interacción gravitatoria. Pertenece al tipo de los bosones. Debería tener masa en reposo y carga nulas, y espín 2. Su antipartícula sería ella misma. Su símbolo es g. [13]

Fotón

Ing. Photon

Fr. Photon

Del griego φῶς phōs (gen. φωτός) 'luz', partícula elemental perteneciente al tipo de los bosones caracterizada por tener masa y carga eléctrica nulas, espín igual a 1 y helicidad +/- h, siendo h la constante de Plank. Viaja en el vacío a la velocidad de la luz, es el cuanto elemental de la energía electromagnética, y es portadora de dicha interacción. Su energía es hv, siendo v la frecuencia de la onda asociada, Su antipartícula es ella misma. Su símbolo es γ. [2][3][4]

Gluón

Ing. Gluon

Fr. Gluon

Partícula elemental del tipo de los bosones portadora de la interacción nuclear fuerte. No posee masa ni carga eléctrica, pero sí carga de color, por lo que además de transmitir la interacción fuerte también la experimenta. Al igual que el fotón, tiene

espín 1. Al igual que los quarks, los gluones tienen carga de color, que depende del cambio de color de los quarks. Existen tipos de gluones cuya antipartícula es el mismo y otros que no. Del inglés glue, pegar. [2]

Bosón W

Ing. W boson

Fr. Boson W

Partícula elemental del tipo de los bosones, portadora de la interacción débil, con carga eléctrica positiva, masa muy grande en relación a la de otras partículas elementales y espín 1. Se representa por W o W+. Su antipartícula es el antibosón W-. Uno de los procesos más importantes en los que intervienen los bosones W es la desintegración beta, en la que un neutrón se convierte en un protón. W es la inicial de weak. [3][4]

Bosón Z

Ing. Z boson

Fr. Boson Z

Partícula elemental del tipo de los bosones de masa muy alta en relación a la de otras partículas elementales y de período de semidesintegración muy corto, eléctricamente neutra, y de espín 1. Es portadora de la interacción nuclear débil y actúa cambiando el sabor de los leptones y los quarks. Su antipartícula es ella misma. Z es la inicial de zero por su carga eléctrica nula. [3][4]

Bosón de Higgs

Ing. Higgs boson

Fr. Boson de Higgs

Partícula elemental, nombrada así en honor al físico británico Peter Higgs, con masa, sin espín, carga eléctrica ni color. Constituye el

cuanto de un campo escalar que se extiende a todo el espacio y transfiere masa a las diferentes partículas al interactuar con ellas. Muy inestable, con período de semidesintegración del orden del zeptosegundo. La anti-partícula del bosón de Higgs es él mismo. [5]

Multiplete

Ing. Multiplet
Fr. Multiplet

1. En física de partículas, grupo de partículas elementales semejantes en todos sus parámetros característicos excepto uno. Así, por ejemplo, el multiplete de isospín consiste en familias de hadrones que tienen la misma masa, espín, paridad y número bariónico pero diferente carga eléctrica. [2]. En química, línea espectral que observada con un espectroscopio de gran poder de resolución, resulta estar compuesta por varias líneas espectrales. [7][16]

Hipercarga

Ing. Hypercharge
Fr. Hypercharge

Elipsis frecuente de hipercarga fuerte. [14]

Hipercarga fuerte

Ing. Strong hypercharge
Fr. Hypercharge fort

Número cuántico asociado a la interacción fuerte de un hadrón, que depende del número bariónico y de la cantidad y tipo de los quarks que forman dicho hadrón. Su símbolo es Y . [14]

Hipercarga débil

Ing. Weak hypercharge
Fr. Hypercharge faible

Número cuántico asociado a la interacción electro débil de las partículas del subgrupo U_1 de Gauge, que depende de su carga eléctrica y de su isospín débil. Su símbolo es Y_w . [15]

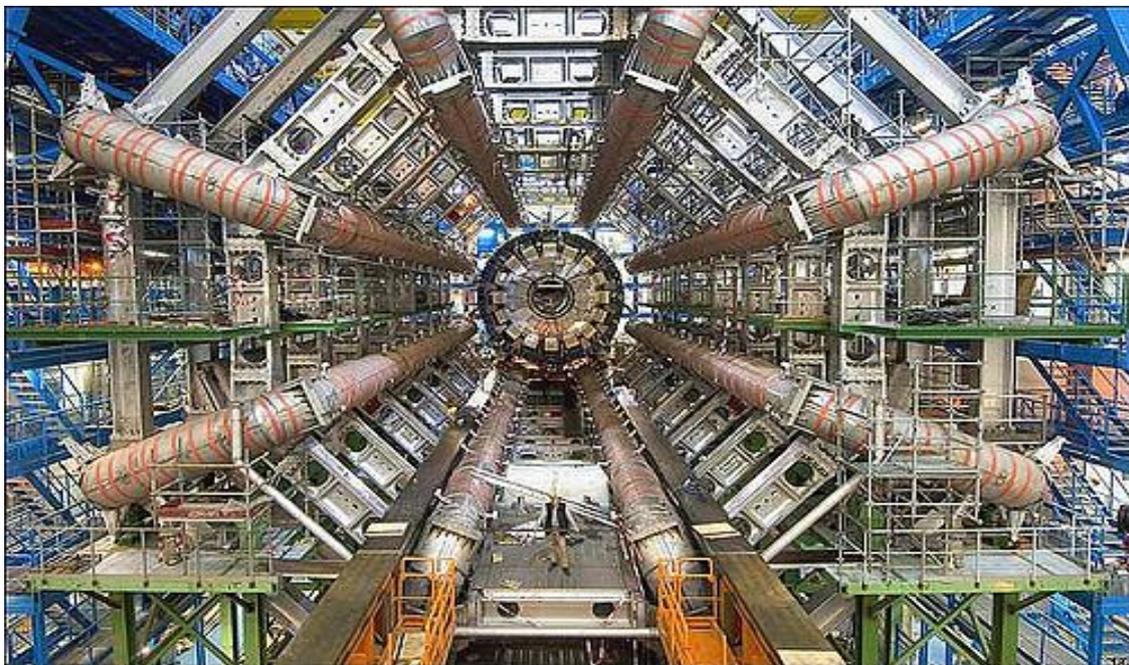


Figura 5: El gran colisionador de hadrones

Helicidad

Ing. Helicity
Fr. Hélicité

En física de las partículas elementales, magnitud asociada, que puede ser positiva o negativa según sea el signo del producto escalar de la cantidad de movimiento por el espín. [2][7]

Número bariónico

Ing. Baryonic number
Fr. Nombre baryonique

Para interacciones entre partículas en el modelo estándar, número cuántico definido como un tercio del número de quarks menos el número de antiquarks de las partículas que interactúan. Se le denomina con la letra B. El número bariónico es un invariante para todas las interacciones del modelo estándar. [2][3]

PARTÍCULAS COMPUESTAS

A las partículas compuestas de otras más elementales se las llama genéricamente hadrones. Los hadrones están compuestos de quarks, antiquarks y gluones. La carga eléctrica de los hadrones es un número entero. Aunque en los hadrones predomina la interacción fuerte, también se manifiestan la interacción electromagnética y la débil. Interaccionan por lo tanto mediante gluones, fotones y bosones W y Z. Los quarks y los gluones, al tener carga de color, están confinados a permanecer unidos en una partícula con carga de color neutra. Los hadrones se subdividen en dos clases de partículas, los bariones y los mesones. Se proporcionan a continuación definiciones de los vocablos más utilizados de partículas compuestas:

Hadrón

Ing. Hadron
Fr. Hadron

Del griego ἄδρῶς, hadrós -robusto-partícula subatómica compuesta formada por quarks, y antiquarks que permanecen unidos principalmente por la interacción nuclear fuerte, caracterizada por números cuánticos de espín, paridad, y masa. Algunos llevan también número de sabor como el isospín y la extrañeza. Comprende los bariones y los mesones. [2][3][4]

Barión

Ing. Baryon
Fr. Baryon

Hadrón compuesto por tres quarks con cargas de color diferente. Su carga de color global es "blanca" o "neutra", al tener las tres cargas de color compensadas entre sí. Los neutrones y protones también llamados conjuntamente nucleones son ejemplos de bariones. Los bariones aislados se comportan como fermiones. Tienen un número bariónico +1 para los nucleones y -1 para sus antipartículas. [2][3][4]

Mesón

Ing. Meson
Fr. Meson

Del griego μέσος, mésos, literalmente: que está en medio. Partícula compuesta por un par quark-antiquark de valencia, pares quark-antiquark y muones virtuales adicionales. Los mesones se comportan como bosones. Su número bariónico satisface $B = 0$. (En física de partículas, una partícula virtual es una partícula elemental que existe durante un tiempo tan corto que debido al principio de indeterminación de

Heisenberg no es posible medir sus propiedades de forma exacta). [2][3][4]

REFERENCIAS

- [1] R. Angus (1856), *"Memoir of John Dalton and History of the Atomic Theory up to His Time"*, London: H. Bailliere. ISBN 1-4021-6437-8. Recuperado 2007
- [2] *Encyclopaedia Britannica Inc.*, (15 edición) 2010, 325 North La Salle Street, Chicago y página WEB: <https://www.britannica.com>
- [3] Wikipedia, *"Modelo estándar de la física de partículas"* 2018, Fundación Wikimedia, San Francisco.
- [4] Harald Fritzsch, *"Elementary Particles, Building Blocks of Matter"*, World Scientific. Publishing Co. Ltd. New York 2005
- [5] Michael Moyer, *"It's Official: We have Found the Higgs Boson. But which One?"*, March 2013, Scientific American.
- [6] *Webster's Third New International Unabridged*, Merriam-Webster, Springfield, Mass., actualizado 2007
- [7] *Diccionario Nuclear*, Sección de publicaciones de la J.E.N. Madrid 1979
- [8] *Encyclopædia Britannica*, *"Lepton (physics)"*. Retrieved 2010-09-29.
- [9] E. M. Lifshitz, Vladimir, *"Teoría cuántica relativista", Part 2, Page 185*, 1981, Editorial Reverté, Google Books Result.
- [10] *Diccionario de la lengua española*, RAE, 23ª edición, Madrid, 2014
- [11] D. Lincoln, *The Inner Life of Quarks*, Scientific American, Nov.2012
- [12] J.M.Aragonés, *Perspectiva de la física y energía nuclear*, Ingenieros Industriales, Universidad Politécnica de Madrid, Sept. 2008
- [13] The Editors of Encyclopoedia Britannica, *"Graviton update"*, April.2016.
- [14] Linda Batron-Olsen Ph.D., *"En busca del Quark"*, Xlibris LCC, Dic.2013.
- [15] Bernardo Aveva, *"La Teoría de la Unificación Electrodébil"*, Universidad de Santiago de Compostela, 2017, ISBN 978-84-16989-83-6
- [16] *Merriam-Webster*, <https://www.merriam-webster.com> (8 May 2011)
- [17] Rafael Nuñez Lagos, *"El Mundo Subnuclear"*, conferencia Aula Club, SNE, Madrid Junio 1995