

# El Concepto de Materia y el Modelo Estándar de Física de Partículas

*Wikipedia y CERN*

Este artículo, salvo las transiciones entre párrafos, es una traducción del artículo de Wikipedia titulado "[Matter](#)" y del artículo de CERN [The Standard Model](#), citado al final. La responsabilidad del contenido es de José Mejía Lacayo, ingeniero de profesión.

No hay otras enciclopedias disponibles en línea, salvo *Wikipedia*, que debe usarse con criterio. Algunos critican el uso de Wikipedia en RTN, el editor la usa con precaución, pero considera que es una fuente terciaria imprescindible porque *Wikipedia* ha eliminado las alternativas o las ha degradado a los resultados de búsqueda de Google de las otras enciclopedias digitales. El editor general posee los *Encyclopaedia Britannica* edición 15, 1989, pero es una generación obsoleta (28 años). En 2009, Microsoft cerró *Encarta*, que se basó en el contenido de varias enciclopedias. *Encyclopaedia Britannica*, que cobra \$70 al año por el acceso en línea a sus 120 mil artículos, y ofrece solo un puñado de entradas gratuitas. Para consultas relacionadas con *Revista de Temas Nicaragüenses*, Wikipedia dice que alberga más de 5.5 millones de artículos en inglés y más de 1.6 millones en español.

*Wikipedia* ha reducido su fuerza de trabajo en más de un tercio desde 2007 y sigue reduciéndola. Como consecuencia no pude defenderse contra el vandalismo, los fraudes y la manipulación en sus artículos. La cobertura es asimétrica, los que tratan de sobre asuntos populares son abundantes, y falla en al no tener suficientes artículos académicos. Las entradas autorizadas son escasas, y la mayoría de los artículos no tiene la calidad establecida por la misma Wikipedia.<sup>1</sup>

El principal desafío que tiene Wikipedia es la autoridad de los autores, es decir, las calificaciones que tienen para escribir sobre los temas, las fuentes que usa, la objetividad e imparcialidad del autor y la responsabilidad de quien publica la entrada.<sup>2</sup> Como los editores son anónimos, no se puede establecer ninguna responsabilidad. El usuario debería revisar las fuentes usadas en cada entrada. Como ejemplo, el artículo [Matter](#), base de este artículo tiene 95 referencias académicas en Wikipedia.

<sup>1</sup> MIT Technology Review. [The Decline of Wikipedia](#), consultado el 7 de noviembre de 2017.

<sup>2</sup> Johnny Snyder, Wikipedia: Librarians' Perspectives on Its Use as a Reference Source, *Reference & User Services Quarterly*, Vol. 53, No. 2 (Winter 2013), pp. 155-163

Resumen: La materia y la masa son conceptos clásicos en nuestra vida cotidiana, en la que confundimos masa y peso. La masa es una propiedad de las sustancias físicas. Materia no es concepto fundamental de la física moderna porque se puede definir de modos distintos: por la estructura física y química compuesta de átomos; como a sustancia hecha de protones, neutrones y electrones; como la sustancia hecha de cuarks y leptones. El concepto de materia nos lleva al modelo estándar de 61 partículas elementales, agrupadas en cuarks, leptones y bosones. Y a los conceptos de anti-materia, materia oscura (dark matter) y energía oscura (dark energy). La materia ordinaria, en la definición de cuarks y leptones, constituye aproximadamente el 4% de la energía del universo observable. Se teoriza que la energía restante se debe a formas exóticas, de las cuales el 23% es materia oscura y el 73% es energía oscura.

Palabras claves: Materia, masa, energía, modelo estándar, anti-materia, materia oscura, energía oscura.

Abstract: Matter and mass are classic concepts in our daily life, in which we confuse mass and weight. The mass is a property of physical substances. Matter is not a fundamental concept of modern physics because it can be defined in different ways: by the physical and chemical structure composed of atoms; as a substance made of protons, neutrons and electrons; as the substance made of quarks and leptons. The concept of matter leads us to the standard model of 61 elementary particles, grouped in quarks, leptons and bosons. And to the concepts of anti-matter, dark matter and dark energy. Ordinary matter, in the definition of quarks and leptons, constitutes approximately 4% of the energy of the observable universe. It is theorized that the remaining energy is due to exotic forms, of which 23% is dark matter and 73% is dark energy.

Keywords: Matter, mass, energy, standard model, anti-matter, dark matter, dark energy.

Nosotros confundimos masa y peso en el lenguaje coloquial porque las balanzas y romanas miden el peso de nuestros cuerpos, es decir, la fuerza de atracción de a gravedad sobre la masa el cuerpo. Según Newton, el peso sería la fuerza resultante de multiplicar la masa por la constante de la gravedad. La confusión entre masa y peso resultó del sistema técnico de unidades.

Los estudiantes de ingeniería aprendimos un sistema técnico de unidades de medida que artificialmente definía que un kilogramo masa era igual a un kilogramo-fuerza, es decir peso. No era un sistema técnico normalizado, pero era

corriente aplicar el nombre de sistema técnico específicamente al basado en el sistema métrico que toma el kilogramo-fuerza o kilopondio como unidad de fuerza, el metro o el centímetro como unidad de longitud, el segundo como unidad de tiempo y la caloría como unidad de cantidad de calor.

En la física clásica observada en la vida cotidiana, materia es cualquier sustancia que tiene *masa y ocupa espacio por su volumen*. Esto incluye átomos y cualquier cosa compuesta por estos, pero no otros fenómenos energéticos u ondas como la luz o el sonido, que no tienen masa ni ocupan un volumen en el espacio. Las partículas sin masa, como los fotones, no se consideran materia, porque no tienen masa en reposo ni volumen.

La materia no debe confundirse con la masa, ya que los dos no son la misma cosa en la física moderna. La materia es en sí misma una sustancia física de la cual los sistemas pueden estar compuestos, mientras que la masa no es una sustancia sino más bien una propiedad cuantitativa de la materia y otras sustancias o sistemas. Si bien hay diferentes puntos de vista sobre lo que se debe considerar como materia, la masa de una sustancia o sistema es la misma independientemente de cualquier definición de materia. Otra diferencia es que la materia tiene una antimateria llamada "opuesta", pero la masa no tiene opuesto: no existe tal cosa como "masa anti-masa" o masa negativa. La antimateria tiene la misma propiedad de masa (es decir, positiva) que su contraparte de materia normal.

De manera más general, sin embargo, en física moderna, la materia no es un concepto fundamental porque su definición universal es difícil de alcanzar; por ejemplo, los constituyentes elementales de los átomos pueden ser partículas puntuales, cada una de ellas sin volumen individualmente. No todas las partículas con masa en reposo tienen un volumen clásico, ya que las partículas fundamentales como cuarks y leptones (a veces equiparadas con materia) se consideran "partículas puntuales" sin tamaño o volumen efectivos. Sin embargo, los cuarks y leptones juntos forman "materia ordinaria", y sus interacciones contribuyen al volumen efectivo de las partículas compuestas que componen la materia ordinaria. Si cuarks y leptones tienen masa, pero no volumen, nuestra definición clásica de materia no hace sentido.

Durante mayor parte de la historia de las ciencias naturales, las personas han pensado sobre la naturaleza de la materia. La idea de que la materia estaba formada a partir de bloques discretos, la llamada teoría de partículas de materia, fue presentada por primera vez por los filósofos griegos Leucipo (hacia 490 a.C.) y Demócrito (~ 470-380 a.C.).

Toda la materia que nos rodea está hecha de partículas elementales, los bloques de construcción de la materia. Estas partículas ocurren en dos tipos básicos llamados cuarks y leptones. Cada grupo consta de seis partículas,

que están relacionadas por pares, o "generaciones". Las partículas más ligeras y estables constituyen la primera generación, mientras que las partículas más pesadas y menos estables pertenecen a la segunda y tercera generación. Toda la materia estable en el universo está hecha de partículas que pertenecen a la primera generación; cualquier partícula más pesada decae rápidamente al siguiente nivel más estable. Los seis quarks se combinan en las tres generaciones: el "quark ascendente" y el "quark descendente" forman la primera generación, seguidos del "quark charm" y el "quark strange", luego el "quark top" y "bottom quark" (o beauty) quark ". Los cuarks también vienen en tres "colores" diferentes y sólo se mezclan de tal manera que formen objetos incoloros.

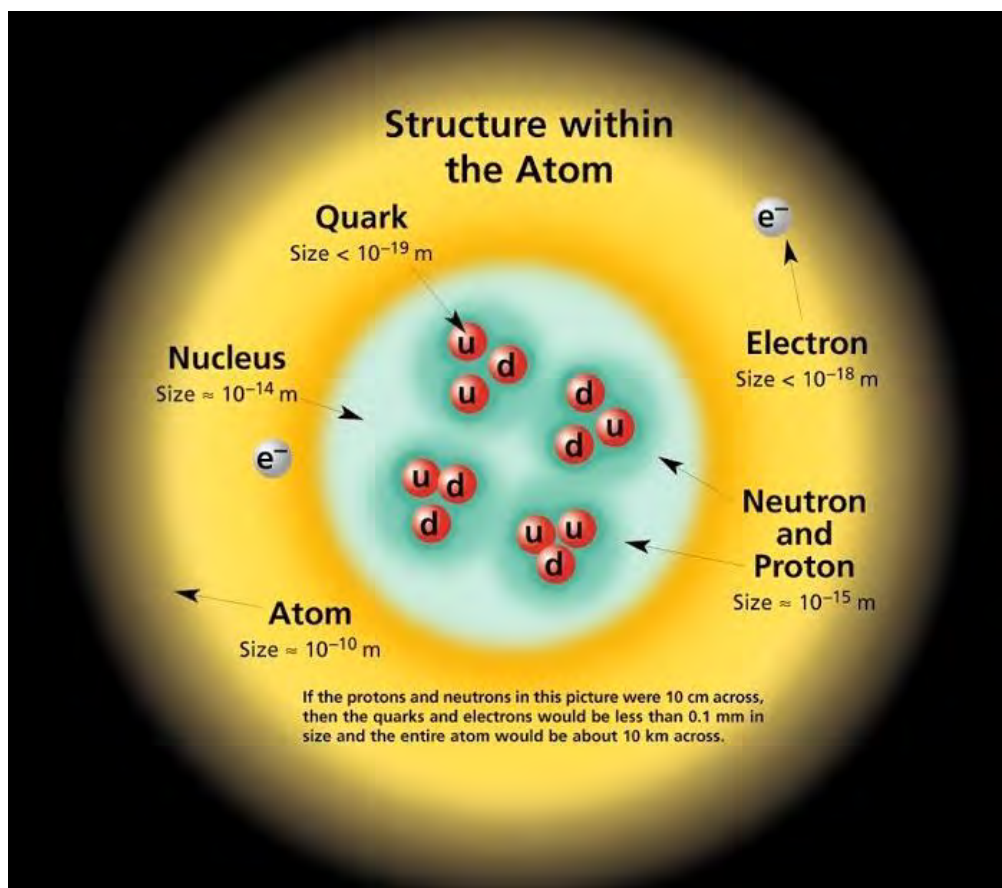
Los seis leptones están dispuestos de manera similar en tres generaciones: el "electrón" y el "neutrino de electrones", el "muón" y el "neutrino de muón", y el "tau" y el "neutrino de tau". El electrón, el muón y el tau tienen una carga eléctrica y una masa considerable, mientras que los neutrinos son eléctricamente neutros y tienen muy poca masa.

Hay cuatro fuerzas fundamentales en acción en el universo: la fuerza fuerte, la fuerza débil, la fuerza electromagnética y la fuerza gravitacional. Funcionan en diferentes rangos y tienen diferentes puntos fuertes. La gravedad es la más débil, pero tiene un rango infinito. La fuerza electromagnética también tiene un alcance infinito pero es muchas veces más fuerte que la gravedad. Las fuerzas débiles y fuertes son efectivas solo en un rango muy corto y dominan solo al nivel de partículas subatómicas. A pesar de su nombre, la fuerza débil es mucho más fuerte que la gravedad, que de hecho es la más débil de las otras tres. La fuerza fuerte, como su nombre indica, es la más fuerte de las cuatro interacciones fundamentales.

Tres de las fuerzas fundamentales resultan del intercambio de partículas portadoras de fuerza, que pertenecen a un grupo más amplio llamado "bosones". Las partículas de materia transfieren cantidades discretas de energía intercambiando bosones entre sí. Cada fuerza fundamental tiene su propio bosón correspondiente: la fuerza fuerte es transportada por el "gluón", la fuerza electromagnética es transportada por el "fotón" y los "bosones W y Z" son responsables de la fuerza débil. Aunque aún no se ha encontrado, el "gravitón" debería ser la partícula de gravedad portadora de fuerza correspondiente. El Modelo Estándar incluye las fuerzas electromagnéticas, fuertes y débiles y todas sus partículas portadoras, y explica bien cómo estas fuerzas actúan sobre todas las partículas de materia.

Sin embargo, la fuerza más familiar en nuestra vida cotidiana, la gravedad, no es parte del Modelo Estándar, ya que la colocación de la gravedad cómodamente en este marco ha demostrado ser un desafío difícil. La teoría cuántica utilizada para describir el micro mundo, y la teoría general de la relatividad utilizada para describir el mundo macro, son difíciles de encajar en un marco único. Nadie ha logrado que los dos sean matemáticamente compatibles en el contexto del Modelo Estándar. Pero afortunadamente para la física de partículas, cuando se trata de la escala minúscula de partículas, el efecto de la gravedad es tan débil que es insignificante. Solo cuando la materia está a granel, a la escala del cuerpo humano o de los planetas, por ejemplo, domina el efecto de la gravedad. Entonces, el Modelo Estándar sigue funcionando bien a pesar de su exclusión sería de una de las fuerzas fundamentales.

Podemos tratar de definir materia de modos distintos: por la estructura física y química compuesta de átomos; como a sustancia hecha de protones, neutrones y electrones; como la sustancia hecha de cuarks y leptones. Veamos en más detalle estas definiciones.



La definición de materia que dice que es una sustancia compuesta de átomos: Tal materia atómica también se denomina a veces materia ordinaria. Esta definición puede extenderse para incluir átomos y moléculas cargadas, para incluir

plasmas (iones gaseosos) y electrolitos (soluciones iónicas), que obviamente no están incluidos en la definición de átomos. Alternativamente, uno puede adoptar una definición basada en protones, neutrones y electrones.

Si queremos hilar más fino, diríamos que la materia es la substancia hecha de átomos y moléculas, es decir, cualquier cosa hecha de protones cargados positivamente, neutrones neutros y electrones cargados negativamente. Sin embargo, esta definición va más allá de los átomos y las moléculas para incluir sustancias hechas de estos bloques de construcción que no son simplemente átomos o moléculas, por ejemplo, los haces de electrones en un viejo televisor de tubo de rayos catódicos o materia enana blanca, típicamente núcleos de carbono y oxígeno en un mar de electrones degenerados. A nivel sub-microscópico, las "partículas" constituyentes de la materia, como protones, neutrones y electrones, obedecen las leyes de la mecánica cuántica y exhiben dualidad onda-partícula.

Muchas de las primeras definiciones de lo que se puede llamar materia ordinaria se basaron en su estructura o bloques de construcción. En la escala de partículas elementales, una definición que sigue esta tradición puede expresarse como: la materia ordinaria es todo lo que está compuesto de cuarks y leptones, o la materia ordinaria es todo lo que está compuesto de fermiones elementales, excepto anti-cuarks y anti-leptones.

Los leptones (el más famoso es el electrón) y los cuarks (de los que se forman bariones, como los protones y los neutrones) se combinan para formar átomos, que a su vez forman moléculas. Debido a que los átomos y las moléculas son materia, es natural expresar la definición como: la materia ordinaria es cualquier cosa que esté hecha de las mismas cosas de las que están hechos los átomos y las moléculas. Entonces, como los electrones son leptones, y los protones, y los neutrones están hechos de cuarks, esta definición a su vez conduce a la definición de materia como compuesta de cuarks y leptones, que son dos de los cuatro tipos de fermiones elementales (los otros dos son anti-cuarks y anti-leptones, que pueden considerarse antimateria como se describe más adelante).

En física de partículas se usa el eV (electronvoltio, indistintamente como unidad de masa y de energía, ya que en relatividad ambas magnitudes se refieren a lo mismo. La relación de Einstein,  $E = m \cdot c^2$ , da lugar a una unidad de masa correspondiente al eV (despejando  $m$  de la ecuación) que se denomina  $eV/c^2$ .  $1 \text{ GeV}/c^2 = 1.783 \times 10^{-27} \text{ kg}$ . Donde la G es Giga equivalente a  $10^9$  eV.



Baryons $qqq$ and Antibaryons $\bar{q}\bar{q}\bar{q}$					
Baryons are fermionic hadrons. There are about 120 types of baryons.					
Symbol	Name	Quark content	Electric charge	Mass GeV/c <sup>2</sup>	Spin
<b>p</b>	proton	<b>uud</b>	<b>1</b>	<b>0.938</b>	<b>1/2</b>
<b><math>\bar{p}</math></b>	anti-proton	<b><math>\bar{u}\bar{u}\bar{d}</math></b>	<b>-1</b>	<b>0.938</b>	<b>1/2</b>
<b>n</b>	neutron	<b>udd</b>	<b>0</b>	<b>0.940</b>	<b>1/2</b>
<b><math>\Lambda</math></b>	lambda	<b>uds</b>	<b>0</b>	<b>1.116</b>	<b>1/2</b>
<b><math>\Omega^-</math></b>	omega	<b>sss</b>	<b>-1</b>	<b>1.672</b>	<b>3/2</b>

En las Ciencias se evita usar ceros a la derecha del punto decimal; se prefiere escribir números que tienen un entero y decimales. Por ejemplo, 2.54 mm es 0.00254 metros, y se prefiere escribir  $2.54 \times 10^{-3}$ , que resulta de multiplicar 0.00254 por 1,000 y dividirlo por 1,000. La multiplicación de  $0.00254 \times 1,000$  rinde 2.54 y la división por 1,000 se expresa como  $10^{-3}$ . Sabemos que 1,000 es  $10^3$ , y el signo menos (-) delante del 3 significa que está en el denominador. Así  $1.783 \times 10^{-27}$  significa que se multiplicó 0.00000000000000000000000000001783 por 1,000,000,000,000,000,000,000,000 (expresado como  $10^{27}$ ) y se dividió por el mismo número, o lo que es lo mismo, se ha multiplicado por  $10^{-27}$ .

La materia ordinaria está compuesta en su totalidad por partículas de primera generación, a saber, los cuarks [ups] y [downs], más el electrón y su neutrino. Las partículas de generaciones más altas se descomponen rápidamente en partículas de primera generación y, por lo tanto, no se encuentran comúnmente.

Por las razones anteriores, la definición de materia ordinaria es más sutil de lo que parece. Todas las partículas que componen la materia ordinaria (leptones y cuarks) son fermiones elementales, mientras que todos los portadores de fuerza son bosones elementales. Los bosones W y Z que median en la fuerza débil no están formados por cuarks o leptones, por lo que no son materia común,

incluso si tienen masa. En otras palabras, la masa no es una propiedad exclusiva de la materia ordinaria.

La definición de cuark-lepton de materia ordinaria, sin embargo, identifica no solo los bloques de construcción elementales de la materia, sino que también incluye compuestos hechos de los constituyentes (átomos y moléculas, por ejemplo). Dichos compuestos contienen una energía de interacción que mantiene unidos a los constituyentes y puede constituir la mayoría de la masa del compuesto.

Como ejemplo, en gran medida, la masa de un átomo es simplemente la suma de las masas de sus protones constituyentes, neutrones y electrones. Sin embargo, al cavar más profundo, los protones y neutrones están formados por cuarks unidos por campos de gluones y estos campos de gluones contribuyen significativamente a la masa de hadrones.

En otras palabras, la mayor parte de lo que compone la "masa" de la materia ordinaria se debe a la energía de unión de los cuarks dentro de protones y neutrones. Por ejemplo, la suma de la masa de los tres cuarks en un nucleón es de aproximadamente  $12.5 \text{ MeV} / c^2$ , que es baja en comparación con la masa de un nucleón (aproximadamente  $938 \text{ MeV} / c^2$ ). La conclusión es que la mayor parte de la masa de los objetos cotidianos proviene de la energía de interacción de sus componentes elementales.

El Modelo Estándar de la física moderna agrupa las partículas elementales en tres generaciones, donde cada generación consta de dos cuarks y dos leptones. La primera generación son los quarks up and down (en inglés arriba y abajo), el electrón y el electrón neutrino; el segundo incluye los cuarks charm y strange, el muon y el neutrino muon; la tercera generación consiste en los quarks top and bottom (en inglés, superior e inferior) y el neutrino tau y tau. La explicación más natural para esto sería que los cuarks y leptones de generaciones superiores son estados excitados de las primeras generaciones. Si este fuera el caso, implicaría que los cuarks y leptones son partículas compuestas, en lugar de partículas elementales.

Esta definición de materia de cuark-lepton también conduce a lo que se puede describir como "leyes de conservación de la materia neta. Alternativamente, uno podría volver al concepto de materia de volumen de masa-espacio, que conduce a la próxima definición, en la que la antimateria se incluye como una subclase de materia.



<b>Leptons</b> spin = 1/2			<b>Quarks</b> spin = 1/2		
Flavor	Mass GeV/c <sup>2</sup>	Electric charge	Flavor	Approx. Mass GeV/c <sup>2</sup>	Electric charge
$\nu_e$ electron neutrino	$<1 \times 10^{-8}$	0	<b>u</b> up	0.003	2/3
<b>e</b> electron	0.000511	-1	<b>d</b> down	0.006	-1/3
$\nu_\mu$ muon neutrino	$<0.0002$	0	<b>c</b> charm	1.3	2/3
<b><math>\mu</math></b> muon	0.106	-1	<b>s</b> strange	0.1	-1/3
$\nu_\tau$ tau neutrino	$<0.02$	0	<b>t</b> top	175	2/3
<b><math>\tau</math></b> tau	1.7771	-1	<b>b</b> bottom	4.3	-1/3

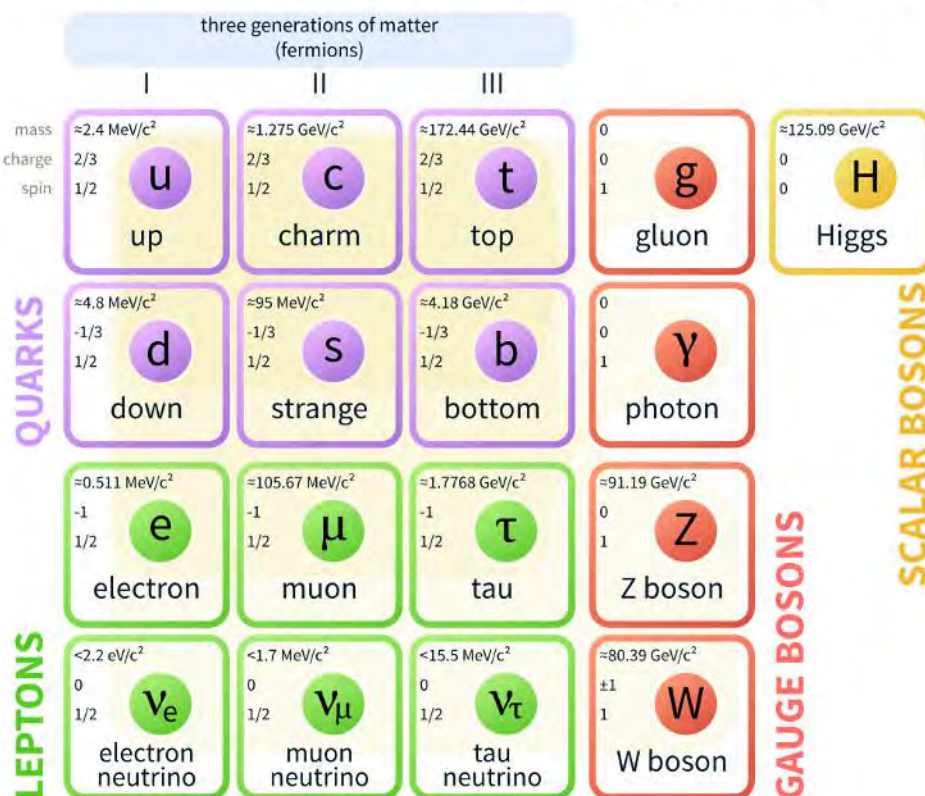
La observación de que la materia ocupa espacio se remonta a la antigüedad. Sin embargo, una explicación de por qué la materia ocupa espacio es reciente, y se argumenta que es el resultado del fenómeno descrito en el principio de exclusión de Pauli, que se aplica a los fermiones. Dos ejemplos particulares en los que el principio de exclusión se relaciona claramente con la ocupación del espacio son las estrellas enanas blancas y las estrellas de neutrones.

Por lo tanto, la materia se puede definir como todo compuesto de fermiones elementales. Aunque no los encontramos en la vida cotidiana, los anti-cuarks (como el antiprotón) y los anti-leptones (como el positrón) son las antipartículas del cuark y el leptón, también son fermiones elementales y tienen esencialmente las mismas propiedades que los cuarks y leptones, incluida la aplicabilidad del principio de exclusión de Pauli, que puede definirse como el

principio que evita que dos partículas se encuentren en el mismo lugar al mismo tiempo (en el mismo estado), es decir, hace que cada partícula "ocupe espacio".

Esta definición particular lleva a definir la materia para incluir cualquier

## Standard Model of Elementary Particles



cosa hecha de estas partículas de antimateria, así como el cuark y lepton ordinarios, y por lo tanto también cualquier cosa hecha de mesones, que son partículas inestables formadas por un quark y un anti-quark.

Los Cuarks son partículas de spin  $-\frac{1}{2}$ , lo que implica que son fermiones. Tienen una carga eléctrica de  $-1/3e$  (quarks tipo bottom) o  $+2/3e$  (quarks tipo up). Para comparación, un electrón tiene una carga de  $-1e$ . También llevan carga de color, que es el equivalente de la carga eléctrica para la interacción fuerte. Los Quarks también sufren deterioro radioactivo, lo que significa que están sujetos a la interacción débil. Los cuarks son partículas masivas, y por lo tanto también están sujetas a la gravedad.

Los bariones son fermiones que interactúan fuertemente. Entre los bariones se encuentran los protones y neutrones, que se encuentran en los núcleos atómicos, pero también existen muchos otros bariones inestables. El término barión generalmente se refiere a tricuarques, partículas hechas de tres cuarks. Los bariones "exóticos" hechos de cuatro quarks y un antiquark son conocidos como los pentaquarks, pero su existencia no es generalmente aceptada.

La materia bariónica es la parte del universo que está compuesta de bariones (incluidos todos los átomos). Esta parte del universo no incluye la energía oscura, la materia oscura, los agujeros negros o varias formas de materia degenerada, como las estrellas enanas blancas y las estrellas de neutrones. La luz de microondas vista por *Wilkinson Microwave Anisotropy Probe* (WMAP), sugiere que solo alrededor del 4.6% de esa parte del universo dentro del alcance de los mejores telescopios (es decir, la materia que puede ser visible porque la luz puede alcanzarnos desde allí) está formada de la materia bariónica, alrededor del 26.8% es materia oscura y alrededor del 68.3% es energía oscura.

De hecho, la gran mayoría de la materia ordinaria en el universo es invisible, ya que las estrellas visibles y el gas dentro de las galaxias y cúmulos representan menos del 10 por ciento de la contribución de materia ordinaria de la densidad de masa de la energía del universo.

Los bosones son partículas que obedecen a la estadística de Bose-Einstein: cuando uno intercambia dos bosones (de la misma especie), la función de onda del sistema no cambia. Los fermiones, por otro lado, obedecen las estadísticas de Fermi-Dirac y el principio de exclusión de Pauli: dos fermiones no pueden ocupar el mismo estado cuántico, lo que explica la "rigidez" o "rigidez" de la materia que incluye fermiones. Así, a veces se dice que los fermiones son los constituyentes de la materia, mientras que se dice que los bosones son las partículas que transmiten las interacciones (portadores de fuerza) o los constituyentes de la radiación.

La materia strange (extraña) es una forma particular de materia cuark, generalmente considerada como un líquido de cuarks up, down y strange. Se contrasta con la materia nuclear, que es un líquido de neutrones y protones (que a su vez están formados por quarks up y down), y con materia cuark no strange, que es un líquido de cuark que contiene solo cuarks up y down. A una densidad suficientemente alta, se espera que la materia extraña (strange) sea superconductora de color. Se presume que la materia extraña ocurre en el núcleo de las estrellas de neutrones, o, más especulativamente, como gotas aisladas que pueden variar en tamaño desde femtómetros (strangelets) a kilómetros (estrellas de cuarks).

Los leptones son partículas de spin  $-\frac{1}{2}$ , lo que significa que son fermiones. Llevan una carga eléctrica de  $-1e$  (leptones cargados) o  $0e$  (neutrinos). A

diferencia de los cuarks, los leptones no tienen carga de color, lo que significa que no experimentan la interacción fuerte. Los leptones también sufren deterioro radioactivo, lo que significa que están sujetos a la interacción débil. Los leptones son partículas masivas, por lo tanto, están sujetos a la gravedad.

La materia a granel puede existir en varias formas diferentes, o estados de agregación, conocidos como fases, dependiendo de la presión ambiente, la temperatura y el volumen. Una fase es una forma de materia que tiene una composición química relativamente uniforme y propiedades físicas (como densidad, calor específico, índice de refracción, etc.). Estas fases incluyen las tres conocidas (sólidos, líquidos y gases), así como estados más exóticos de la materia (como plasmas, superfluidos, supersólidos, condensados de Bose-Einstein, y otros). Un fluido puede ser un líquido, gas o plasma. También hay fases paramagnéticas y ferromagnéticas de materiales magnéticos. A medida que cambian las condiciones, la materia puede cambiar de una fase a otra. Estos fenómenos se llaman transiciones de fase y se estudian en el campo de la termodinámica. En nanomateriales, la proporción enormemente aumentada de área de superficie a volumen da como resultado una materia que puede presentar propiedades completamente diferentes a las del material a granel, y no está bien descrita en ninguna fase en masa (ver nanomateriales).

En física de partículas y química cuántica, la antimateria es una materia que se compone de las antipartículas de las que constituyen la materia ordinaria. Si una partícula y su antipartícula entran en contacto entre sí, las dos se aniquilan; es decir, ambos pueden convertirse en otras partículas con igual energía de acuerdo con la ecuación de Einstein  $E = mc^2$ . Estas nuevas partículas pueden ser fotones de alta energía (rayos gamma) u otros pares de partículas y antipartículas. Las partículas resultantes están dotadas con una cantidad de energía cinética igual a la diferencia entre la masa en reposo de los productos de la aniquilación y la masa en reposo del par original partícula-antipartícula, que a menudo es bastante grande. Dependiendo de qué definición de "materia" se adopte, se puede decir que la antimateria es una subclase particular de materia, o lo opuesto a la materia.

La materia ordinaria, en la definición de cuarks y leptones, constituye aproximadamente el 4% de la energía del universo observable. Se teoriza que la energía restante se debe a formas exóticas, de las cuales el 23% es materia oscura] y el 73% es energía oscura.

En astrofísica y cosmología, la materia oscura es una materia de composición desconocida que no emite ni refleja suficiente radiación

© Del dominio público – [editor@temasnicas.net](mailto:editor@temasnicas.net)

electromagnética para ser observada directamente, pero cuya presencia puede inferirse de los efectos gravitacionales sobre la materia visible. La evidencia observacional del universo primitivo y la teoría del Big Bang requieren que esta materia tenga energía y masa, pero no se compone de bariones comunes (protones y neutrones). La opinión comúnmente aceptada es que la mayoría de la materia oscura no es de naturaleza bariónica. Como tal, está compuesto de partículas aún no observadas en el laboratorio. Quizás son partículas supersimétricas, que no son partículas del Modelo Estándar, sino reliquias formadas a energías muy altas en la fase temprana del universo y que aún flotan alrededor.

En cosmología, la energía oscura es el nombre dado a la fuente de la influencia repelente que está acelerando la tasa de expansión del universo. Su naturaleza precisa es actualmente un misterio, aunque sus efectos se pueden modelar razonablemente asignando propiedades similares a la materia, como la densidad de energía y la presión, al vacío en sí mismo.

#### CRÉDITOS

CERN. [The Standard Model](#). consultado el 7 de noviembre de 2017

[Acelerando la Ciencia](#), consultado el 6 de noviembre de 2017

Wikipedia, [Matter](#), consultado el 6 de noviembre de 2017

Wikipedia. [Neutron](#), <https://es.wikipedia.org/wiki/Neutr%C3%B3n>

Wikipedia, [Proton](#), consultado el 6 de noviembre de 2017

Wikipedia. [Boson](#), consultado el 7 de noviembre de 2017 ■