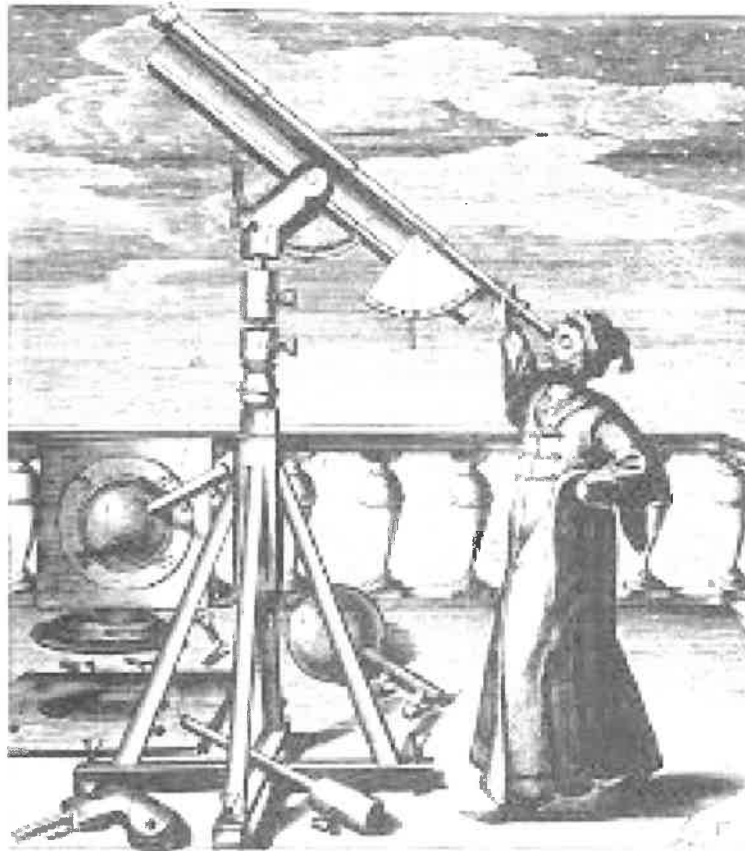


Introducción breve a la física cuántica y sus misterios



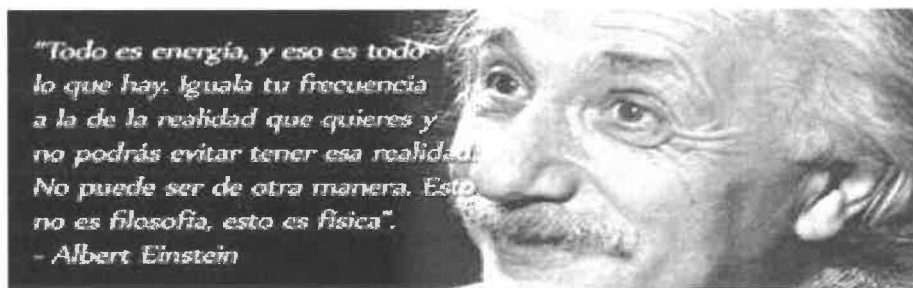
El universo no es infinito, si no, cuando mirásemos a cualquier punto del cielo, la noche sería tan brillante como el día porque habría estrellas para llenar cada punto del firmamento y más (Paradoja de Olbers).

Rodrigo Dantés González Mantuano.

4º de ESO// IES de Barro//Departamento de Física y Química.

La física cuántica o mecánica cuántica, es la parte de la ciencia que se encarga de estudiar la materia a escalas muy pequeñas. Gracias a la física cuántica se ha podido desarrollar el láser, los detectores de movimiento, tecnología genética para la manipulación del ADN, imágenes con resonancia magnética que nos permite examinar todos los tejidos del cuerpo, etc.

*La física cuántica se caracteriza por no ser determinista (dar valores exactos y fijos) sino probabilística, y por eso rompe todos los esquemas establecidos por la física clásica. En la **Teoría Cuántica** la probabilidad no se halla supeditada al estado de conocimiento del sujeto, sino que, en cierto modo, lo determina. Nos habla de la probabilidad de que un suceso dado acontezca en un momento determinado, no de cuándo ocurrirá ciertamente el suceso en cuestión. En física cuántica, solo se sujetan a la teoría las partículas aisladas, dado que lo más normal es que ocurran todas las opciones a la vez como explicaremos en el futuro.*



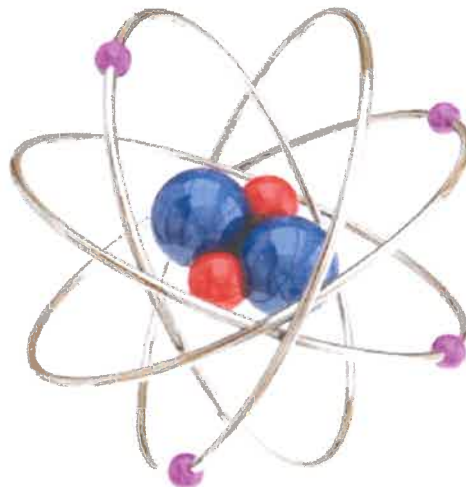
Los avances de la teoría cuántica permitieron aplicaciones en distintos ámbitos como la electrónica (transistores, microprocesadores y componentes electrónicos), en la física de nuevos materiales, (semiconductores y superconductores), en la física de altas energías, en la criptografía y la computación cuánticas y en la Cosmología teórica del Universo temprano. En medicina la teoría cuántica es utilizada en campos tan diversos como la cirugía láser, o la exploración radiológica.

En la teoría del modelo estándar de concepto del universo se intenta describir las fuerzas del universo y la materia. Antes se consideraban las fuerzas fundamentales el agua, el fuego, la tierra y el viento; hoy se considera como fuerzas fundamentales la fuerza de gravedad, la fuerza electromagnética, la fuerza nuclear débil y fuerte. Esta teoría sólo explica el 4% del universo, dado que todo lo demás es materia oscura y vacío.

La fuerza nuclear débil, es la encargada de transformar neutrones en protones y electrones. Gracias a la fuerza nuclear débil se hace posible que el sol produzca luz y energía. La fuerza

nuclear débil llamada así porque sus procesos son muy lentos, además es la encargada de la desintegración radioactiva. La explicaremos más adelante, ya que aún tenemos términos muy difíciles por nombrar para poder explicarla.

En física nuclear, un **nucleón** corresponde al nombre colectivo para dos partículas: el neutrón y el protón (ambas formadas por quarks de primera generación, los más ligeros). Los nucleones son dos de los constituyentes del núcleo atómico, estos se mantienen unidos por la denominada fuerza nuclear fuerte. Algunos núcleos tienen una combinación de protones y neutrones que no conducen a una configuración estable, estos núcleos son inestables o radiactivos. Los núcleos inestables tienden a aproximarse a la configuración estable emitiendo ciertas partículas.



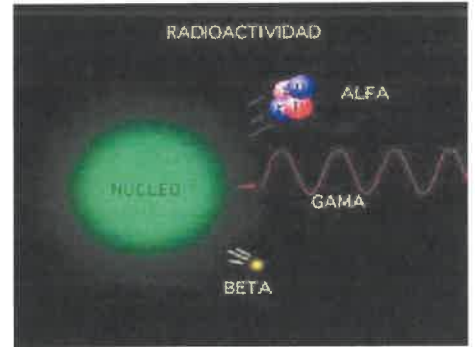
Los tipos de desintegración radiactiva se clasifican de acuerdo a la clase de partículas emitidas en:

Desintegración alfa.- El elemento radiactivo de número atómico Z , emite un núcleo de Helio (dos protones y dos neutrones), el número atómico disminuye en dos unidades y el número másico en cuatro unidades.

Desintegración beta.- El núcleo del elemento radiactivo emite un electrón, en consecuencia, su número atómico aumenta en una unidad, pero el número másico no se altera.

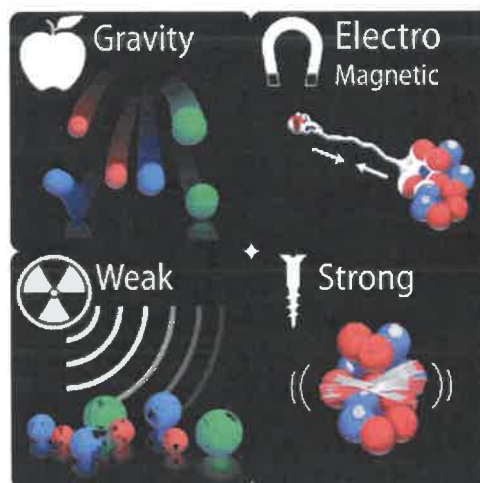
Desintegración gamma. - El núcleo del elemento radiactivo emite un fotón de alta energía, la masa y el número atómico no cambian, solamente ocurre un reajuste de los niveles de energía.

- La velocidad de desintegración decrece a medida que los núcleos radiactivos se van desintegrando.
- No podemos predecir en que instante se desintegrará un núcleo concreto, ni qué núcleo se va a desintegrar en un determinado instante. De ahí que se mida en "**Tiempo de semidesintegración**", la velocidad en la que cierta cantidad de núcleos inestables se reduzca a la mitad.



Estos fenómenos se dan por culpa de las fuerzas elementales, en concreto de la fuerza nuclear débil.

Los tipos de Fuerzas que vamos a ver a continuación son las fuerzas fundamentales y vamos a dar una definición concreta de ellas.



La **gravitatoria** es la fuerza de atracción que un trozo de materia ejerce sobre otro, y afecta a todos los cuerpos. La gravedad es una fuerza muy débil y de un sólo sentido, pero de alcance infinito.

La fuerza **electromagnética** afecta a los cuerpos eléctricamente cargados, y es la fuerza involucrada en las transformaciones físicas y químicas de átomos y moléculas. Es mucho más intensa que la fuerza gravitatoria, tiene dos sentidos (positivo y negativo) y su alcance es infinito.

La fuerza o interacción **nuclear fuerte** es la que mantiene unidos los componentes de los núcleos atómicos y actúa indistintamente entre dos nucleones cualesquiera, protones o neutrones. Su alcance es del orden de las dimensiones nucleares (el alcance es del tamaño del núcleo), pero es más intensa que la fuerza electromagnética, así los electrones no se separan del núcleo por culpa de la fuerza electromagnética.

La fuerza o interacción **nuclear débil** es la responsable de la desintegración beta de los neutrones; los neutrinos son sensibles únicamente a este tipo de interacción. Su intensidad es menor que la de la fuerza electromagnética y su alcance es aún menor que el de la interacción nuclear fuerte, esta se reduce solo al núcleo atómico.

Todo lo que sucede en el Universo es debido a la actuación de una o varias de estas fuerzas que se diferencian unas de otras porque cada una implica el intercambio de un tipo diferente de partícula, denominada **partícula de intercambio** o intermediaria. Todas las partículas de intercambio son bosones, mientras que las partículas origen de la interacción son fermiones.

1.- La fuerza gravitatoria.

La fuerza gravitacional entre dos cuerpos es directamente proporcional al producto de sus masas y inversamente proporcional al cuadrado de la distancia que los separa. Es la única fuerza que interactúa a gran escala con la materia de su alrededor. La fuerza de gravedad siempre es atractiva, nunca es repulsiva y tiene alcance infinito. Por muy alejados que estén dos cuerpos, siguen experimentando esta fuerza, aunque más débil a mayor distancia.

$$\vec{F}_g = -G \cdot \frac{M \cdot m}{r^2} \cdot \vec{u}_r$$

En esta ecuación "G" es la constante de gravitación universal ($6,67 \cdot 10^{-11} \text{ N} \cdot \text{m}^2/\text{kg}^2$); M y m son las masas de los cuerpos que interaccionan; r es la distancia que los separa y \vec{u}_r es un vector unitario que expresa la dirección de actuación de la fuerza.

En este tipo de fuerza no influye sobre la masa del cuerpo atraído. Esto se puede demostrar aplicando la segunda ley de Newton (la aceleración de un objeto es directamente

proporcional a la fuerza neta que actúa sobre él e inversamente proporcional a su masa.), por lo tanto la fuerza gravitatoria imprimirá una fuerza en el cuerpo en cuestión.

$$F_g = G \cdot \frac{M_T \cdot m}{(r_T + h)^2} = m \cdot a \Rightarrow$$

$$a = G \cdot \frac{M_T}{(r_T + h)^2}$$

Dado que la aceleración en la tierra es 9,8 la ecuación quedaría con g substituido por 9,8.

$$g = G \cdot \frac{M_T}{r_T^2}$$

La fuerza gravitacional en esta ecuación es igual a la constante de gravitación universal por la Masa de la Tierra partido por la multiplicación del radio de la Tierra y su altura al cuadrado. Por lo tanto sobre el cuerpo atraído (por ejemplo; basura espacial), la fuerza gravitacional tiene un efecto constante de atracción y sobre ella no influye la masa del objeto.

2.- Fuerza electromagnética.-

La **fuerza electromagnética** es la interacción entre las partículas con carga eléctrica, se encarga de cambiar física y químicamente los átomos y las moléculas. Esta fuerza se subdivide en dos, la electrostática y la magnética.

La **carga eléctrica** es una propiedad fundamental que la materia posee. La electrostática es la rama de la Física que analiza los efectos mutuos que se producen entre los cuerpos como consecuencia de su carga eléctrica, es decir, el estudio de las cargas eléctricas en equilibrio. Esta **fuerza electrostática** se encarga de la interacción de partículas con carga, al contrario que la gravitatoria puede ser atractiva o repulsiva, es decir, la carga eléctrica es la propiedad de la materia responsable de los fenómenos electrostáticos, cuyos efectos aparecen en forma de atracciones y repulsiones entre los cuerpos que la poseen.

Según describe Coulomb, La fuerza entre dos cargas puntuales en reposo es directamente proporcional al producto de sus cargas e inversamente proporcional al cuadrado de la distancia que los separa, estando su dirección en la recta que la separa. Esto recuerda mucha a la ecuación que vimos sobre la fuerza gravitacional.

$$F = K \cdot \frac{q_1 \cdot q_2}{r^2}$$

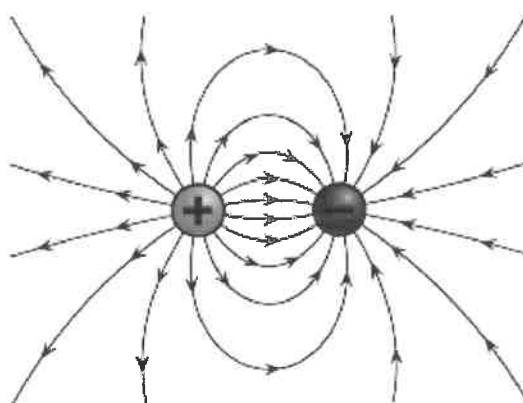
En este caso, si q_1 y q_2 son del mismo signo se repelerán, en cambio si son de distinto signo se atraerán. También la interacción entre cargas da lugar a fenómenos magnéticos, que definiremos como **"Fuerza magnética"**.

Esta fuerza surge cuando se mueven partículas cargadas, como electrones. En el clásico caso de los imanes el movimiento produce líneas de campo magnético que salen y vuelven a entrar al cuerpo generando magnetismo. La fuerza magnética se dirige de un polo hacia otro. Cada polo es un punto donde convergen las líneas de la fuerza magnética, por lo tanto, cuando dos imanes se acercan, esta fuerza genera atracción o repulsión respectivamente según la polaridad.

La fuerza electromagnética disminuye notablemente con las distancia, pero tiene un alcance infinito. La fuerza electromagnética es unas 100 veces menor que la fuerza nuclear fuerte.

Si la fuerza gravitacional tuviese magnitud 1, la fuerza débil tendría un valor de 10^{34} (enormemente superior), la fuerza electromagnética tendría un valor de 10^{37} y la fuerza fuerte tendría un valor de 10^{39} .

El hecho de que la fuerza fuerte sea unas 100 veces más potente que la fuerza electromagnética, explica que los protones del núcleo de un átomo se mantengan férreamente unidos. Al tener cargas eléctricas positivas, los protones se repelen entre sí; pero la fuerza nuclear fuerte los atrae con una intensidad 100 veces mayor.



La fuerza nuclear fuerte es una de las cuatro fuerzas que el modelo estándar actual de la Física establece para explicar las interacciones entre las partículas conocidas. Dentro del núcleo atómico, los protones tienen carga eléctrica positiva. Se sabe que cargas eléctricas del mismo signo se repelen mutuamente y, si sólo existiera la fuerza electromagnética, los protones se dispersarían y

el núcleo no podría existir. Los neutrones del núcleo atómico no tienen carga eléctrica que los haga interactuar, pero la fuerza fuerte hace que se atraigan entre sí y con los protones.

Los neutrones no poseen carga eléctrica, pero están sometidos a la fuerza nuclear fuerte; de ahí que vaguen sin rumbo por el espacio y se adhieran a los núcleos.

Contrariamente a las fuerzas de gravedad y electromagnética que tienen un alcance infinito, la fuerza nuclear fuerte es de muy corto alcance: su radio de acción es menor que una billonésima de milímetro, 10^{-13} mm, ligeramente menor que el tamaño del núcleo.

Como su alcance es menor que el radio del núcleo, no interactúa con otros núcleos cercanos; si no fuera así, todos los núcleos del universo se habrían colapsado para formar un gran conglomerado de masa nuclear.

Si un núcleo atómico es bombardeado con un haz de neutrones, gana neutrones adicionales y se hace más grande. Llega un momento en que la fuerza nuclear fuerte no tiene el alcance suficiente para mantener al núcleo unido. Como resultado, el núcleo se parte en dos, generando una gran cantidad de energía.



*Las portadoras de la fuerza nuclear fuerte son ocho partículas denominadas **gluones** (del inglés "glue", pegamento). La fuerza electromagnética y la fuerza nuclear débil pertenecen a las "fuerzas electrodébiles" (Teoría) y se fundan en una simetría diferente.*

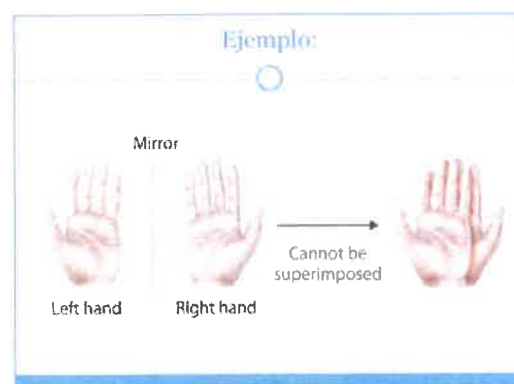
La fuerza o interacción **nuclear débil** actúa entre partículas elementales, es la responsable de la desintegración beta de los neutrones; los neutrinos (partícula subatómica) son sensibles únicamente a este tipo de interacción. Su intensidad es menor que la de la fuerza electromagnética y su alcance es aún menor que el de la interacción nuclear fuerte.

La fuerza nuclear débil es importante en la velocidad de reacción de algunas reacciones nucleares que ocurren en estrellas, también está presente en el origen de las explosiones volcánicas.

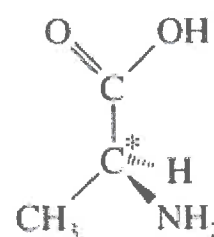
La transformación de hidrógeno en helio produciendo deuterio, está causada por la fuerza débil. Sin esta fuerza nuestro universo sería muy diferente, un universo en tinieblas, sin estrellas ni galaxias que dieran luz.

La vida media del Sol está determinada por las características de esta fuerza.

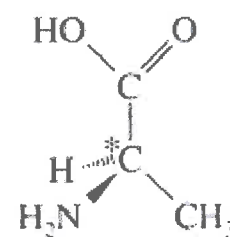
La interacción débil afecta a todo leptón con quiralidad zurda y a los quarks. Es la única fuerza que afecta a los neutrinos (excepto por la gravitación, que no se la puede evitar a escalas del laboratorio). La interacción débil es la única en varios aspectos:



- Es la única interacción capaz de cambiar su sabor.
- Es la única interacción que viola la paridad de la simetría \mathcal{P} (ya que sólo actúa sobre electrones y ciertos tipos de leptones). Esta es también la única que no cumple la simetría \mathcal{CP} .



Alanina natural



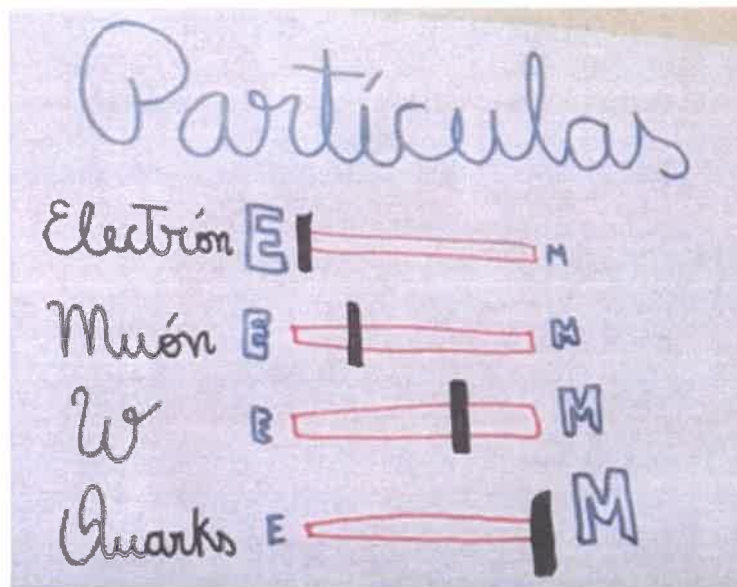
Alanina no natural

En la actualidad, los científicos intentan demostrar que todas estas fuerzas fundamentales, aparentemente diferentes, son manifestaciones, en circunstancias distintas, de un modo único de interacción. La expresión «teoría del campo unificado» engloba a las nuevas teorías en las que dos o más de las cuatro fuerzas fundamentales aparecen como si fueran básicamente idénticas.

Quarks y otras partículas subatómicas.-

Antes de introducir todos los conceptos debemos empezar con uno básico que es el sabor. En física el sabor es cada uno de los atributos que se le da a los 6 tipos de quarks.

El sabor es un número cuántico (valor) de las partículas elementales relacionado su interacción débil (concepto muy difícil del que no vamos a hablar, solo a mencionar, dado la dificultad de comprensión y de los términos que hay que saber para entenderla).



Para hablar sobre quarks, primero deberemos hablar de fermiones y bosones. Existen dos tipos de partículas elementales masivas en la naturaleza:

- Fermiones.- Son las partículas que forman la materia.
- Bosones.- Partículas mediadoras de fuerza.

Para que sea más fácil:

- Fermiones.- Son las partículas con espín semientero.
- Bosones.- Son las partículas con espín entero.

El espín es el momento angular intrínseco de una partícula elemental.

Intrínseco quiere decir que da igual las circunstancias, que es propio de sí misma. En este caso quiere decir que no depende de lo que le ocurre a la partícula si no de donde está posicionada.

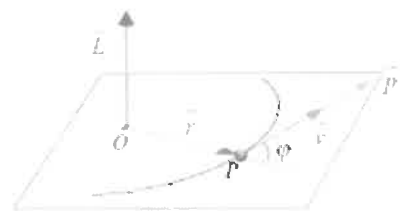
El momento angular, introductoramente, es un movimiento de rotación, pero el movimiento de rotación tiene que ser constante sobre el mismo objeto, cosa que en esto no se cumple, por lo tanto sólo se mantiene en la circunferencia durante un periodo de tiempo antes de saltar a la siguiente.

Esto se rige por la regla de la mano derecha, fácilmente lo explicaremos, como su nombre indica con la mano derecha. Imaginemos que el dedo "Corazón" es la velocidad, el índice es la distancia que se separa del centro de giro y el pulgar es la fuerza. Con esto aclarado podemos pasar a la explicación:

Poniendo la mano como un puño mirando la palma hacia el lado izquierdo, estiraremos totalmente el índice, esa será la velocidad que tiene como vector director la dirección del dedo; con el dedo corazón, formaremos un ángulo de 90° al primer dedo; ahora la dirección de la fuerza es el pulgar, este se levanta y queda definido el vector director de la fuerza, hacia arriba. Este es un vector axial (vector tridimensional con comportamiento extraño) que queda perpendicular al plano de giro.

Por lo tanto definiremos espín, como una propiedad física de las partículas elementales por el cual tienen un momento angular intrínseco de valor fijo. Esta característica es tan definitoria de la partícula como su carga o su masa, y se descubrió o "inventó" para poder explicar mejor determinados sucesos a nivel subatómico.

En la teoría estándar, actualmente aceptada de forma generalizada, se considera que existen 3 familias de partículas. Hay pruebas convincentes de que no existe una cuarta familia.



La primera familia está formada por electrones, quarks up, quarks down y neutrinos electrónicos. Toda la materia del universo: estrellas, Sol, planetas, Tierra, animales, árboles, insectos y nosotros mismos, nuestro cerebro, nuestra sangre, está constituida solamente por estos cuatro elementos que forman la familia del electrón.

Los elementos de la segunda familia tienen una vida muy efímera (fracción de segundo), no existen en la materia ordinaria y se han encontrado solamente en los rayos cósmicos y en el laboratorio. Es la familia del muón. El muón es una partícula en todo similar al electrón, pero su masa es 200 veces mayor que la masa del electrón. Esta familia tiene también cuatro elementos: muones, quarks strange, quarks charm y neutrinos muónicos.

Los elementos de la tercera familia también tienen una vida muy efímera (fracción de segundo), tampoco existen en la materia ordinaria y se han encontrado solamente en los rayos cósmicos y en el laboratorio. Es la familia del tauón. El tauón es una partícula en todo similar al electrón, pero su masa es 3.500 veces mayor que la masa del electrón. Esta familia tiene también cuatro elementos: tauones, quarks top, quarks bottom y neutrinos tauónicos.

Se podría también definir como generaciones o fases de las "partículas elementales"

Por ahora nos centraremos en la explicación de los fermiones:

Un fermión es cualquier partícula subatómica elemental del universo perteneciente a las tres generaciones de fermiones y que contienen carga, espín y masa. Son las partículas más básicas de la materia, más pequeñas que el átomo e incluso que los protones y neutrones. Son llamadas fermiones en honor a Enrico Fermi.

A su vez los fermiones se dividen en quarks y leptones; y cada uno de estos se dividen en 12 partículas y 4 interacciones que son denominadas como básicos para la construcción del Universo.

Primero están los leptones, que es todo lo que conocemos a nivel atómico más unas partículas antagónicas a las anteriores llamadas neutrinos, estos no tienen carga hadrónica o de color. Hay tres tipos de neutrinos: neutrino muónico, neutrino tauónico y neutrino electrónico. El sol genera millones de neutrinos que van dirigidos directamente a la tierra. De hecho por nuestro propio cuerpo pasan en un segundo millones de neutrinos. Los neutrinos no interaccionan prácticamente con las demás partículas y son capaces de atravesar las moléculas o los átomos sin ningún problema, los neutrinos, superan la velocidad de la luz, van a 300.006 kilómetros por segundo, es decir, en una carrera de 730 km, los neutrinos sacarían o 20 m de ventaja o 60 nanosegundos.

En los leptones conocidos está el electrón, que es una partícula con una masa despreciable que gira alrededor de los núcleos atómicos balanceándolos con una carga negativa. Después también está el muón, con unas 200 veces su masa, también tiene carga negativa y su vida media es de 2,2 μ s. Por último está el tauón que es una partícula elemental masiva casi el doble de masa que el protón, hay probabilidades de que esta partícula forme parte de los agujeros negros.

Cada uno de estos tiene su antipartícula.

Los nucleones no son partículas elementales, están formados por quarks que los componen dándoles una estructura, no podemos observar quarks aislados debido a la fuerte interacción que mantienen las partículas confinadas que aumentan con la distancia entre ellos.

Las tres características principales de los quarks, son:

- *Su carga eléctrica es una fracción de la carga eléctrica de un electrón ($2/3$ o $-1/3$)*
- *Las generaciones se establecieron con respecto a su masa*
- *Los quarks tienen espín por lo que se clasifican como fermiones*
- *La masa es una construcción teórica*
- *Los quarks a pesar de la diferencia abismal en masa con los electrones (350.000 veces la masa de un electrón), tienen el mismo tamaño, es más todas las partículas elementales tienen el mismo tamaño, a pesar de la diferencia en su masa, dado que la relación a nivel subatómico es masa/energía, no peso/tamaño (solemos confundir los términos masa y peso).*

Existen unas reglas para que se acoplen los quarks, y dependen de lo que los científicos han llamado "color", por analogía con lo que normalmente entendemos como tal. Tenemos tres colores: rojo, azul y verde. Para que una unión pueda ser llevada a cabo, el resultado ha de dar color blanco, y es análogo a mezclar diversas tintas para conseguir el color deseado. Por ejemplo, el protón está formado por dos quarks del tipo llamado arriba y un quark del tipo llamado abajo, de forma que uno es rojo, otro azul y otro verde.

Puede parecer paradójico que dos quarks arriba tengan distinto color, sin embargo, la explicación se halla en que la interacción nuclear fuerte se manifiesta mediante el intercambio de gluones, que son los bosones correspondientes a esta interacción. Dichos gluones tienen la

propiedad de cambiar la carga de color de los quarks, de forma que cada quark puede presentar cualquiera de los tres colores.

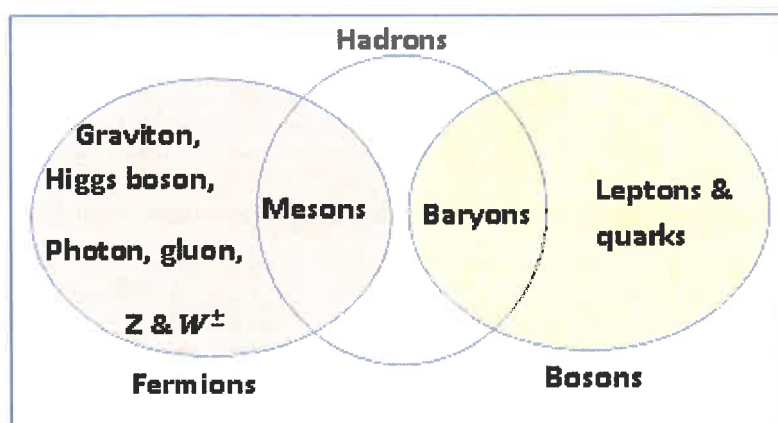
La mayoría de núcleos atómicos por debajo de un cierto peso atómico y que además presentan un equilibrio entre el número de neutrones y el número de protones (número atómico) son estables. Sin embargo, sabemos que los neutrones aislados y los núcleos con demasiados neutrones (o demasiados protones) son inestables.

La explicación de esta estabilidad de los núcleos reside en los piones. Aisladamente los neutrones pueden sufrir vía interacción débil la siguiente desintegración.

Sin embargo, dentro del núcleo atómico la cercanía entre neutrones y protones hace que sean mucho más rápidas, vía interacción fuerte, las reacciones.

Esto hace que continuamente los neutrones del núcleo se transformen en protones, y algunos protones en neutrones y que la reacción apenas tenga tiempo de acontecer, lo que explica que los neutrones de los núcleos atómicos sean mucho más estables que los neutrones aislados. Si el número de protones y neutrones es desequilibrado, se abre la posibilidad de que en cada momento haya más neutrones y sea más fácil la ocurrencia de la reacción.

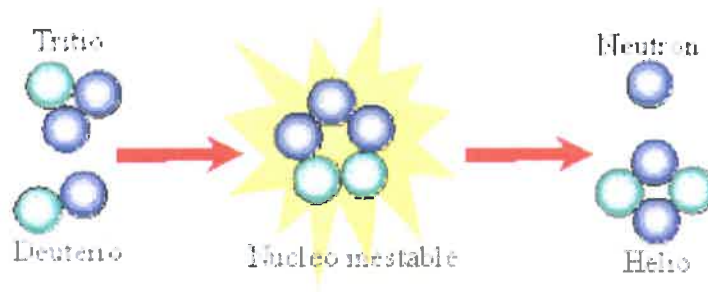
A partir de los quarks se pueden formar otras partículas no elementales como los bariones y los mesones. Los primeros están compuestos por tres quarks y los mesones son bosones compuestos por un quark y un antiquark, ambos pertenecen al grupo de los Hadrones.



Después están los bosones, para entenderlo, hay que hablar del bosón de Higgs y de la ecuación de Einstein de la energía.

$$E=mc^2$$

Esto nos da a entender que la energía se puede transformar en masa y viceversa, por lo tanto imaginemos lo que ocurre en una estrella como es el Sol.



Como deberíamos saber, la cantidad de masa del primer conjunto debería ser la misma que la del segundo, pero no es así, hay una fuga, que se manifiesta en forma de luz y calor, esto el bosón de Higgs la explica. También trata de explicar la diferencia de masa entre las diferentes partículas, y lo que sugiere esta teoría, es que cuanto menos energética es una molécula, por regla de tres, será más masiva porque difiere con el campo de Higgs, a pesar de que no hay diferencia de tamaño, a las partículas más energéticas se les facilita más moverse a través del campo, y a las menos energéticas no pueden moverse con facilidad, por lo que pierde su energía cinética para volverse más masivo.

El bosón de Higgs es un tipo de partícula elemental, no tiene carga eléctrica ni de color, no interacciona con gluones y fotones, tampoco tiene espín, pero tiene un papel fundamental en el mecanismo por el cual las partículas adquieren masa, este campo ocupa todo el universo. El bosón de Higgs no se detecta directamente, ya que casi instantáneamente se desintegra en las partículas más elementales. El electronvoltio (símbolo eV) es una unidad de energía que representa la variación de energía cinética que experimenta un electrón al moverse desde un punto de potencial V_a hasta un punto de potencial V_b cuando la diferencia $V_{ba} = V_b - V_a = 1V$, es decir, cuando la diferencia de potencial del campo eléctrico es de 1 voltio.

El bosón de Higgs, o mas bien sus huellas, descubrieron que dejaba una marca de entre 125,3 gigaelectronvoltios y 126,5 electronvoltios, con una magnitud de fallo estándar (las probabilidades de que se halla encontrado por casualidad) es de 1 entre 3×10^6 .


Los tipos de quarks son.-

- | | | |
|----------------|------|---|
| ➤ Quark Arriba | Up | U |
| ➤ Quark Abajo | Down | D |

| | | |
|-------------------|---------|----------|
| ➤ Quark Extraño | Strange | <i>S</i> |
| ➤ Quark Encantado | Charm | <i>C</i> |
| ➤ Quark Fondo | Bottom | <i>B</i> |
| ➤ Quark Cima | Top | <i>T</i> |

A su vez hay un tercer grupo que son las partículas portadoras de fuerza que se corresponden con sus fuerzas elementales.

| | |
|-------------------------|-----------------------------|
| Fuerza Electromagnética | Fotón |
| F. Nuclear Fuerte | Gluón |
| F. Nuclear Débil | Bosones <i>W</i> y <i>Z</i> |
| F. Gravitatoria | Gravitón (no demostrado) |

| FUERZAS FUNDAMENTALES | |
|--|---|
| FUERZA NUCLEAR FUERTE Partícula de intercambio: gluón Acción: mantiene unido el núcleo atómico.  | FUERZA ELECTROMAGNÉTICA Partícula de intercambio: fotón Acción: mantiene el átomo unido.  |
| FUERZA NUCLEAR DEBIL Partícula de intercambio: partículas <i>W</i> ⁰ y <i>Z</i> ⁰ Acción: provoca desintegraciones radioactivas.  | FUERZA GRAVITATORIA Partícula de intercambio: gravitón Acción: rige el movimiento de los planetas.  |

- *Fotón: partícula portadora de la fuerza electromagnética. El fotón carece de masa y carga electromagnética, es la partícula que genera la luz y todo el conjunto de radiaciones electromagnéticas.*
- *Gluón: partícula portadora de la fuerza nuclear fuerte. Esta partícula mantiene el núcleo de los átomos unidos. Carece de masa y carga electromagnética.*

- Bosón Z: *partícula que ejerce la fuerza nuclear débil. Carece de carga electromagnética.*
- Bosón W: *al igual que el anterior bosón es una partícula encargada de transmitir la fuerza nuclear débil pero en este caso este tipo de partícula contiene carga negativa o positiva.*

La antimateria es una predicción teórica que extrajo Dirac cuando unió los principios de la cuántica con los de la relatividad especial. Para su sorpresa, una ecuación, la ecuación de Dirac, que estaba diseñada originalmente para describir electrones se empeñaba en describir además otra partícula. Esta partícula incómoda tenía una serie de propiedades:

- *Tenía la misma masa del electrón.*
- *Tenía el mismo espín del electrón.*
- *Sin embargo, la carga eléctrica era del mismo valor que la del electrón pero opuesta en signo.*

Cuando se fue desarrollando la teoría se encontró que para cualquier partícula existe otra partícula asociada que tiene la misma masa y el mismo espín pero que tiene las cargas cambiadas de signo. A estas partículas se las denominó "antipartículas".

Hoy día sabemos que las antipartículas existen y las sabemos manipular, además sabemos que cuando una partícula se encuentra con una de sus antipartículas tienen una enorme probabilidad de destruirse mutuamente generando radiación en forma de fotones con una alta cantidad de energía.

Conocemos partículas que son su propia antipartícula, por ejemplo el fotón. Para que una partícula pueda ser su propia antipartícula tiene que ser neutra, sin carga, así que el cambio de signo de la carga inducido en la materia/antimateria no le afecta. Pero sucede que todas las partículas que son su propia antipartícula que hemos sido capaces de identificar pertenecen al conjunto de los bosones.

La física cuántica establece que, en contra de las apariencias, el espacio vacío es un campo burbujeante de partículas subatómicas "virtuales", que se crean y se destruyen constantemente. Estas fugaces partículas dotan a cada centímetro cúbico de espacio de una cierta energía que, de acuerdo a la relatividad general, produce una fuerza anti-gravitatoria que hace que el espacio se expanda. No obstante, lo cierto es que nadie sabe en realidad qué está provocando la expansión acelerada del universo.

SÍNTESIS BIOGRÁFICA.

- ❖ *Heinrich Wilhelm Matthäus Olbers* (Arbergen, 11 de octubre de 1758 - Bremen, 2 de marzo de 1840), físico, médico y astrónomo alemán.
- ❖ *Albert Einstein* (Ulm, Alemania, 14 de marzo de 1879-Princeton, Estados Unidos, 18 de abril de 1955), físico teórico, filósofo de la ciencia, inventor y escritor de ciencia. Es considerado el científico más conocido y popular del siglo XX, autor de la teoría general de la relatividad.
- ❖ *Charles-Augustin de Coulomb* (Angoulême, Francia, 14 de junio de 1736 - París, Francia, 23 de agosto de 1806), matemático, físico e ingeniero. Se le recuerda por haber descrito de manera matemática la ley de atracción entre cargas eléctricas (Ley de Coulomb).
- ❖ *Enrico Fermi* (Roma, 29 de septiembre de 1901-Chicago, 28 de noviembre de 1954), físico conocido por el desarrollo del primer reactor nuclear y sus contribuciones al desarrollo de la teoría cuántica, la física nuclear y de partículas, y la mecánica estadística.
- ❖ *Peter Ware Higgs* (Newcastle upon Tyne, Reino Unido, 29 de mayo de 1929), es un físico conocido por su proposición en los años 60 de la ruptura de la simetría en la teoría electrodébil.
- ❖ *Paul Adrien Maurice Dirac*, (Bristol, Reino Unido 8 de agosto de 1902 - Tallahassee, Florida, EE.UU. , 20 de octubre de 1984),ingeniero eléctrico, matemático y físico teórico que contribuyó de forma fundamental al desarrollo de la mecánica cuántica y la electrodinámica cuántica

WEBGRAFÍA

- ❖ http://acer.forestales.upm.es/basicas/udfisica/asignaturas/fisica/electro/intro_electro.html
- ❖ http://acer.forestales.upm.es/basicas/udfisica/asignaturas/fisica/electro/fuerza_electr.html
- ❖ <http://acer.forestales.upm.es/basicas/udfisica/asignaturas/fisica/dinam1p/momangular.html>
- ❖ <http://www.astromia.com/astronomia/paradojagato.htm>
- ❖ <http://www.astromia.com/astronomia/paradojaolbers.htm>
- ❖ <http://www.astromia.com/astronomia/teorelatividad.htm>
- ❖ <http://www.astromia.com/astronomia/teoriaunificada.htm>
- ❖ <https://astrojem.com/teorias/espin.html>
- ❖ <https://astrojem.com/teorias/fuerzadebil.html>
- ❖ <https://astrojem.com/fuerzasuniverso.html>
- ❖ <https://astrojem.com/teorias/taunes.html>
- ❖ <https://astrojem.com/teorias/leptones.html>
- ❖ http://astroverada.com/_/Main/I_particulas2.html
- ❖ <http://alt64.org/wiki/index.php/Leptones>
- ❖ <http://web.archive.org/web/20170626214721/http://nirmukta.com/2012/08/20/undersanding-natural-phenomena-7-of-bosons-and-fermions/>
- ❖ https://bio.m2osw.com/gcartable/physique/particulas_elementales.html
- ❖ <https://cuentos-cuanticos.com/tag/fermiones/>
- ❖ <https://definicion.de/fuerza-magnetica/>
- ❖ <http://descubresubconsciente.com/conceptos-basicos-de-fisica-cuantica-y-particulas-elementales/>
- ❖ <https://www.educ.ar/recursos/14511/fuerzas-fundamentales>
- ❖ <http://www.emiliosilveravazquez.com/blog/2016/03/31/%C2%BFque-es-un-boson-%C2%BFy-que-es-un-boson-gauge/>
- ❖ <https://www.fisicalab.com/apartado/momento-angular#contenidos>

- ❖ <https://www.fisicalab.com/apartado/tipos-vectores#axiales>
- ❖ <http://hyperphysics.phy-astr.gsu.edu/hbasees/amom.html#amp>
- ❖ <http://hyperphysics.phy-astr.gsu.edu/hbasees/vvec.html#vvc5>
- ❖ <https://www.i-ciencias.com/pregunta/31556/los-quarks-tienen-una-carga-fraccionaria>
- ❖ <https://lidiakonlaquimica.wordpress.com/tag/fuerza-electrostatica/>
- ❖ <http://maikelnai.naukas.com/2016/05/18/las-10-cosas-mas-extranas-del-universo/>
- ❖ <http://naukas.com/2011/02/23/alguien-llega-a-comprender-realmente-que-es-el-espin/>
- ❖ <http://naukas.com/2017/04/13/fisica-y-tradicion-cuantica/>
- ❖ <https://www.nodo50.org/arevolucionaria/masarticulos/febrero2004/cuatrofuerzas.html>
- ❖ <http://quimica.wikia.com/wiki/Lept%C3%B3n>
- ❖ <http://www.quo.es/ciencia/la-fisica-cuantica-para-entenderla-por-fin>
- ❖ <https://es.quora.com/Cu%C3%A1l-es-la-magnitud-de-la-interacci%C3%B3n-nuclear-fuerte-que-mantiene-unidos-a-los-protones-y-los-neutrones>
- ❖ <http://www.sc.ehu.es/sbweb/fisica/cuantica/desintegracion/radio.htm>
- ❖ <https://sites.google.com/site/timesolar/fuerza/fuerzaelectromagnetica>
- ❖ <https://vega00.com/2015/10/fermiones-y-bosones.html/>
- ❖ <https://vega00.com/2010/10/la-fuerza-nuclear-fuerte-en-el-universo.html/>
- ❖ <https://www.vix.com/es/btg/curiosidades/2011/02/04/%C2%BFque-es-la-fisica-cuantica>
- ❖ https://es.wikipedia.org/wiki/Cromodin%C3%A1mica_cu%C3%A1ntica
- ❖ https://es.wikipedia.org/wiki/Fuerza_magn%C3%A9tica
- ❖ https://es.wikipedia.org/wiki/Interacci%C3%B3n_d%C3%A9bil
- ❖ [https://es.wikipedia.org/wiki/Sabor_\(f%C3%ADsica\)](https://es.wikipedia.org/wiki/Sabor_(f%C3%ADsica))
- ❖ <https://es.wikipedia.org/wiki/Lept%C3%B3n>
- ❖ https://es.wikipedia.org/wiki/Interacciones_fundamentales
- ❖ https://es.wikipedia.org/wiki/Fermi%C3%B3n#/media/File:Generaciones_delmateria.png
- ❖ <https://es.wikipedia.org/wiki/Quark>
- ❖ [https://es.wikipedia.org/wiki/Quiralidad_\(qu%C3%ADmica\)](https://es.wikipedia.org/wiki/Quiralidad_(qu%C3%ADmica))
- ❖ https://es.wikipedia.org/wiki/%C3%93rbita#%C3%93rbitas_en_el_caso_relativista
- ❖ https://es.wikipedia.org/wiki/Interacci%C3%B3n_nuclear_fuerte

- ❖ [*https://es.wikipedia.org/wiki/Modelo_electrod%C3%A9bil*](https://es.wikipedia.org/wiki/Modelo_electrod%C3%A9bil)
[*https://es.wikipedia.org/wiki/Pion*](https://es.wikipedia.org/wiki/Pion)
- ❖ [*https://es.wikipedia.org/wiki/Bari%C3%B3n*](https://es.wikipedia.org/wiki/Bari%C3%B3n)
- ❖ [*https://es.wikipedia.org/wiki/Hadr%C3%B3n*](https://es.wikipedia.org/wiki/Hadr%C3%B3n)
- ❖ [*https://es.wikipedia.org/wiki/Nucle%C3%B3n*](https://es.wikipedia.org/wiki/Nucle%C3%B3n)
- ❖ [*https://es.wikipedia.org/wiki/Neutrino*](https://es.wikipedia.org/wiki/Neutrino)
- ❖ [*https://es.wikipedia.org/wiki/Fuerza_de_Lorentz*](https://es.wikipedia.org/wiki/Fuerza_de_Lorentz)
- ❖ [*https://es.wikipedia.org/wiki/Esp%C3%A%C3%A1n*](https://es.wikipedia.org/wiki/Esp%C3%A%C3%A1n)
- ❖ [*https://es.wikipedia.org/wiki/Part%C3%A%C3%A1cula_elemental*](https://es.wikipedia.org/wiki/Part%C3%A%C3%A1cula_elemental)
- ❖ [*https://es.wikipedia.org/wiki/Ley_de_gravitaci%C3%B3n_universal*](https://es.wikipedia.org/wiki/Ley_de_gravitaci%C3%B3n_universal)
- ❖ [*https://es.wikipedia.org/wiki/Vector_axial*](https://es.wikipedia.org/wiki/Vector_axial)
- ❖ [*https://es.wikipedia.org/wiki/Electromagnetismo*](https://es.wikipedia.org/wiki/Electromagnetismo)
- ❖ [*https://es.wikipedia.org/wiki/Muon*](https://es.wikipedia.org/wiki/Muon)
- ❖ [*https://es.wikipedia.org/wiki/Tau_\(part%C3%A%C3%A1cula\)*](https://es.wikipedia.org/wiki/Tau_(part%C3%A%C3%A1cula))