



Átomos y moléculas

14 de Junio del 2007

SINOPSIS

¿De que estamos hechos? ¿Es verdad que somos polvo de estrellas como dicen? Es decir ¿que estamos hechos de los mismos “ladrillos” que un día formaron una estrella? Si. Los constituyentes últimos de la materia son los mismos para todas las cosas que forman nuestro universo. O dicho de otro modo, son los mismos ladrillos que puestos de un u otra forma se convierten en una mesa, un camello o un diamante.

¿Pero como podemos saberlo? ¿ los ha visto alguien? Los físicos nos aseguran que pese a que no las han visto nunca, las partículas elementales existen y son capaces incluso de darnos características suyas como su peso o su carga. ¿Como lo hacen? En este programa intentáremos dar respuesta a estas cuestiones.

QUEREMOS EXPLICAR

Que es un átomo. Componentes del Átomo.

Física de partículas. (Modelo atómico, niveles de energía, enlaces,...)

Si son tan pequeños, ¿Cómo podemos verlos? ¿Como se estudian? Métodos de observación y estudio. Aceleradores de partículas.

Clasificación de los átomos (tabla periódica)

Curiosidades



ÍTEMS PRINCIPALES

QUE ES UN ÁTOMO. COMPONENTES DEL ÁTOMO

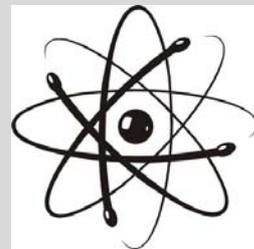
¿Que tienen en común una barra de hierro, la estrella Sirius (por decir una...) y tu? Pues aunque parezca mentira que todos estáis hechos de lo mismo. Aclaremos la respuesta. Si bien es cierto que la barra es de hierro y tú no, los dos estáis formados por pequeñas partículas los átomos. Lo mismo ocurre con las estrellas y con cualquier otra cosa que puedas imaginar.

Según este concepto tendríamos átomos de hierro, átomos de carbono, oxígeno,.... Y así hasta completar todos los elementos de la tabla periódica.

“Pero los unos son átomos de hierro y los otros no, así que lo mismo lo mismo no somos.” Cierto. Hasta hace “poco” se pensaba que los átomos eran la parte más pequeña en la que podíamos dividir la materia. La física de partículas desarrollada recientemente y mas ampliamente en la segunda mitad del siglo XX, puso de manifiesto que los átomos estaban formados por unos componentes mas diminutos las denominadas *partículas subatómicas*. Al principio se pensó en tres:

protones, neutrones (ambos forman el núcleo del átomo) y **electrones** (que orbitan alrededor del núcleo).

La diferencia entre los átomos de un elemento y otro (hierro y carbono, por ejemplo) es el número partículas subatómicas que lo forman. (Ver tabla periódica). Es decir, que todo está formado por protones, neutrones y electrones pero en distintas proporciones de estos.



Pero ¿son estas las *partículas elementales* (los constituyentes últimos) de toda la materia del Universo?



Esta pregunta lleva de cabeza a los físicos, desde el *modelo atómico de Bohr* de principios de siglo hasta el actual *modelo estándar* de los físicos de partículas de hoy.

Por el momento se han descubierto más de 200 tipos distintos de partículas subatómicas. De ellas la gran mayoría tienen una vida media muy muy inferior a un milisegundo (¿sois capaces de imaginaros un milisegundo?, pues todavía muchísimo mas pequeña). Es decir, que se convierten en otras partículas en seguida.

Por ello es muy difícil observarlas. De hecho su observación se hace de forma indirecta, es decir no las “vemos directamente”, si no que observamos los rastros que nos han dejado tras su paso (los productos que nos dejan, como los dejan, etc.....).

Recapitulemos con un ejemplo. Tenemos una barra de hierro. Esta, está formada por un elemento, el hierro. A su vez éste está formado por átomos de hierro (Fe). Estos átomos están formados por partículas subatómicas (protones, neutrones y electrones). Y estos a su vez están formados por partículas elementales.

Vamos a fijarnos a esta escala. Que son las partículas elementales. Cuales son. Como se clasifican.

Las partículas encontradas hasta el momento las han clasificado en dos grandes grupos:

- los **Leptones** (de leptos que en griego significa ligero)
- y los **Hadrones** (de hadros que en griego significa fuerte)

Leptones

Por el momento solo se han descubierto 6: electrón, muón, tauón, y sus correspondientes neutrinos (electrón neutrino, muón neutrino y tauón neutrino). Solo interactúan con la fuerza nuclear débil.



Hadrones

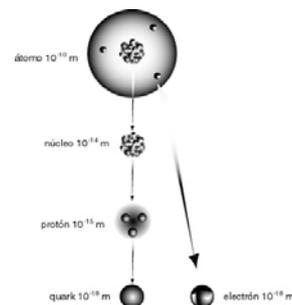
Hay más de 250. A su vez se clasifican en dos grupos:

- **Bariones:** Hay más de 120 bariones encontrados hasta el momento. Entre ellos cabe destacar el protón, el neutrón y las partículas lambda, sigma y xi entre muchas otras.
- **Mesones:** Hasta la fecha se han descubierto unos 140 tipos distintos de mesones, entre ellos los mesones pi, el mesón k o el mesón eta entre otros...

Pero ¿son estos, los leptones y los hadrones, los constituyentes últimos de la materia? Pues si y no. Me explico. Los Leptones no se pueden dividir más (o por lo menos esto piensan los físicos a día de hoy) pero los Hadrones si. Las investigaciones llevadas acabo con estas partículas demuestran que estas a su vez están formadas por otros elementos más pequeños denominados **quarks**. Hasta el momento se han encontrado seis tipos distintos de quarks (que tranquilo, no voy a enumerarte).

Recapitulemos otra vez:

Elemento → **átomo** → leptones + hadrones → leptones + quarks





FUERZAS ENTRE LAS PARTICULAS

Bien, ya tenemos las partículas. Pero ¿cómo interaccionan ellas?, o lo que es lo mismo, ¿qué fuerzas actúan sobre ellas?

Hasta principios del siglo XIX solo se conocían el campo gravitatorio y el campo electromagnético, actualmente se consideran cuatro interacciones o **fuerzas fundamentales**, las cuales en orden descendente en intensidad son: fuerza nuclear fuerte, fuerza electromagnética, fuerza nuclear débil y fuerza gravitacional.

Para tener una idea de la **magnitud relativa** de estas fuerzas, supongamos que en una escala de intensidades, en la que la fuerza gravitatoria tuviese magnitud 1, la fuerza débil tendría un valor de 10^{+34} (un uno seguido de 34 ceros), la fuerza electromagnética tendría un valor de 10^{+37} (un uno seguido de 37 ceros) y la fuerza fuerte tendría un valor de 10^{+39} (un uno seguido de 39 ceros).

- **Fuerza nuclear fuerte:** Es la responsable de que los protones y los neutrones se mantengan unidos dentro del núcleo. Si no fuera por el dominio que ejerce la fuerza fuerte, la repulsión entre los protones haría inestable el núcleo; los protones se dispersarían y el núcleo no podría existir, por tanto su alcance es muy pequeño (10^{-15} m). Es decir, tiene un rango de acción ligeramente menor que el tamaño del núcleo, es decir, actúa solo sobre las partículas más vecinas.
- **Fuerza electromagnética:** Afecta a todas las partículas que poseen carga eléctrica y su alcance es infinito.
- **Fuerza nuclear débil:** Actúa entre partículas elementales y es responsable de algunas reacciones nucleares. Es una fuerza de corto alcance, 10^{-16} m. La fuerza débil permite la producción de radiación y energía en el Sol, así como la desintegración de los núcleos atómicos, o radioactividad.



- **Fuerza gravitatoria:** Es universal, a ella se someten todas las partículas elementales sin excepción, sin embargo debido a su poca magnitud no juega un papel importante en este micromundo. Es la responsable de que estés sentado en este momento y es la más débil de todas. En esta escala tan pequeña la despreciaremos.

Lo que intentan hoy en día los físicos de partículas es unificar todas las fuerzas en una "Teoría de Gran Unificación". Al fin y al cabo ¿por qué no pueden ser estas tres fuerzas distintas manifestaciones una de otra, de la misma forma que el hielo, el agua y el vapor son manifestaciones del H₂O?

Pero ¿como actúan estas fuerzas a nivel de las partículas elementales? Las partículas interaccionan entre ellas pasándose unas pequeñas partículas llamadas **bosones**. Dicho de otra forma los bosones son las partículas encargadas de transmitir los distintos tipos de fuerzas entre las partículas elementales.

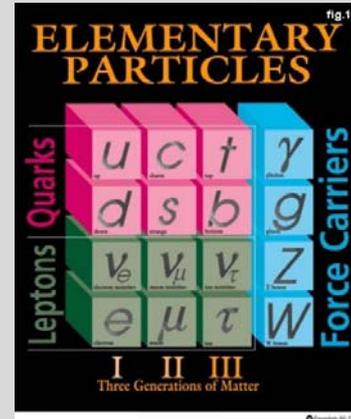
Lo entenderemos mejor con un ejemplo: imagina que ves a dos tenistas desde una altura considerable. Observarás que ambos jugadores se mueven de manera muy curiosa y al parecer sin razón alguna. A medida que te acercas a los jugadores, verás que entre ellos intercambian una pelota que es la responsable de que los tenistas se muevan de la manera que has observado. De similar forma, las partículas interactúan intercambiando una partícula entre ellas, a la cual llamamos **bosón intermediario**. Para la interacción fuerte los intermediarios son un tipo de bosones llamados **gluones** (del inglés "glue": pegamento), para la débil, los **bosones W y Z**, y para la electromagnética, el **fotón**.

Siguiendo con la analogía, y como ya hemos explicado, nuestros tenistas se pueden agrupar en dos bandos: los hadrones y los leptones. Los primeros son principalmente sensibles a la interacción fuerte, y los leptones a la débil.



Al final, nuestra nueva tabla de partículas elementales queda como se ve en el grafico adjunto.

Así pues, la explicación de toda partícula se hace con la unión de estos quarks, y la interacción se realiza con el intercambio de los bosones portadores de las fuerzas. Por ejemplo un neutrón está formado por dos quark down y un quark up, estos se mantienen unidos gracias a un intercambio mutuo de gluones. Análogamente sucede con el protón (dos quarks up y un quark down).



Muchas de estas partículas no existen en nuestro mundo observable ya que son muy inestables y tienen una vida media muy corta transmutándose en otras partículas pasado un tiempo, por eso se han encontrado únicamente en colisiones realizadas artificialmente (por ejemplo bombardeando núcleos con haces de neutrones que se les ha comunicado una gran velocidad con un acelerador) o también explorando la radiación cósmica procedente del espacio exterior.

La mayoría de cosas de nuestro mundo tangible están hechas con la primera generación de partículas (Leptones: electrón y electrón neutrino, Hadrones: quark up y quark down) y con los bosones (fotones, gluones y bosones Z y W).

SI LAS PARTÍCULAS ELEMENTALES SON TAN PEQUEÑOS, ¿CÓMO PODEMOS VERLAS? ¿COMO SE ESTUDIAN? MÉTODOS DE OBSERVACIÓN Y ESTUDIO. ACELERADORES DE PARTÍCULAS.

La mejor manera que ha encontrado los físicos para estudiar estas partículas es darles mucha energía en los aceleradores de partículas y hacerlas chocar unas contra otras para ver que pasa en los detectores. Cuando el choque es lo



suficientemente violento, es decir es de “alta energía”, suceden cosas sorprendentes.

En una publicación del CERN utilizan una analogía graciosa: Se hacen chocar dos fresas. Si sus energías son bajas, no pasa nada raro, pero si se aceleran suficientemente, del choque no sólo salen trozos de fresa, sino fresas completas, peras, ciruelas,... Cuanto más alta es la energía del choque, mayor es la variedad y cantidad de los productos de la colisión. Es un caso de "transformación" de la energía de las partículas que chocan en masa de las que resultan.

El principio básico de los aceleradores de partículas, es como el de un circuito eléctrico. Imaginemos una pila y un cable que une los bornes de esta con una bombilla. El paso de los electrones enciende la luz de la bombilla. Es decir los electrones se han movido, se han acelerado (como demuestra la luz). Pues bien las partículas con carga eléctrica (como el electrón) pueden desviarse, enfocarse y acelerarse con imanes. Este principio se usa para obligar a las partículas cargadas a moverse por donde les interesa a los físicos (para que giren en círculo e ir las acelerando repetidamente, para obligarlas a chocar, para mantener unido un grupo de partículas, etc.).

Una vez hecho el choque los detectores se encargan de registrar las huellas que dejan las partículas para así saber cuántas se han producido en un experimento y dónde han ido a parar.

Además, hay que medir tantas características de los productos de la colisión como sea posible: la carga, la masa, la energía y la velocidad o el tiempo medio de vida que tiene una partícula antes de desintegrarse, entre otras características para poder identificar las partículas.



Para medir la velocidad, por ejemplo, se aprovecha el hecho de que cuanto mas pesada es y más rápida va una partícula menos se desvía de su trayectoria.

Dadas las grandes dimensiones que se necesitan para estas instalaciones son pocas las que existen. En Europa el CERN (*Conseil Européen pour la Recherche Nucléaire*, o lo que es lo mismo Consejo Europeo para la Investigación Nuclear) que se encuentra en Suiza, cerca de Ginebra y próximo a la frontera con Francia, es uno de los centros mas avanzados del mundo.

Fue en el CERN donde nació la famosa World Wide Web (WWW) con la que hoy nos movemos por la red en Internet.

CLASIFICACIÓN DE LOS ÁTOMOS (TABLA PERIÓDICA)

Hasta aquí hemos visto de que está compuesta la materia (partículas elementales y su clasificación). Pero los átomos también se pueden clasificar. Los encontramos clasificados en una tabla periódica que hizo por primera vez el químico ruso Dimitri Mendeleiev, del que ahora se cumplen cien años de su muerte (2 de Febrero de 1907). Ver links.

Los clasificó y ordenó según sus propiedades (afinidad electrónica, la electronegatividad, el numero atómico, etc...). Así distinguió varias familias de elementos: los metales, los gases nobles, los metaloides y los no metales.

Cada uno de ellos con unas características determinadas que facilitan la unión de una forma u otra (es decir con un tipo de enlaces u otro) entre los átomos de la misma familia o de familias distintas. (Ver siguiente apartado).

TIPOS DE ENLACES ENTRE ÁTOMOS.

Los átomos son las entidades más pequeñas de los elementos que se pueden unir entre si (entonces forman elementos) o pueden combinarse entre ellos para dar lugar a las moléculas.

Pero ¿como se combinan?



Lo hacen mediante lo que se denomina enlaces químicos: en ellos los átomos se enlazan con otros átomos para conseguir una configuración electrónica más estable, como la de los gases nobles.

Hay 6 tipos diferentes de enlaces:

- **Enlace iónico:** se produce por la atracción entre iones positivos (metales) y negativos (no metálicos).
- **Enlace covalente:** se produce entre átomos no metálicos que comparten electrones para adquirir la configuración de gas noble.
- **Enlace de coordinación o dativo:** se forma cuando dos átomos comparten un par de electrones, pero este par procede sólo de uno de los átomos.
- **Enlace metálico:** se produce entre iones metálicos positivos que se colocan ordenadamente formando una red tridimensional inmersa en una nube electrónica.
- **Enlace de hidrógeno:** se produce cuando un átomo de hidrógeno se encuentra entre dos átomos más electronegativos, estableciendo un vínculo entre ellos.
- **Enlace de Van der Waals:** se basan en las fuerzas de Van der Waals. Son fuerzas intermoleculares atractivas, pero poco intensas, que se ejercen a distancia entre moléculas. Son fuerzas de origen eléctrico que pueden tener lugar entre dipolos instantáneos o inducidos y entre dipolos permanentes.

El enlace entre dos átomos nunca se corresponde exactamente con una de las siguientes categorías. Sin embargo, son útiles para clasificar muchas de las propiedades y reactividad química de una gran variedad de compuestos.



ÍTEMS SECUNDARIOS

RADIATIVIDAD.

Los elementos cuyos núcleos están formados por el mismo número de protones (número atómico o Z) 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, y al número de protones y de neutrones que tiene un núcleo se la llama número másico o A. Para los núcleos ligeros ocurre que el número de protones y de neutrones es el mismo, es decir $A = 2 * Z$, pero a medida que los núcleos son más pesados el número de neutrones aumenta más rápidamente que el de protones, $A > 2 * Z$. Estudiando los números atómicos y másico de cada núcleo se encuentra una curva que define los núcleos estables, por el contrario aquéllos con un exceso o defecto de protones presentan una desintegración natural o **radiactividad**.

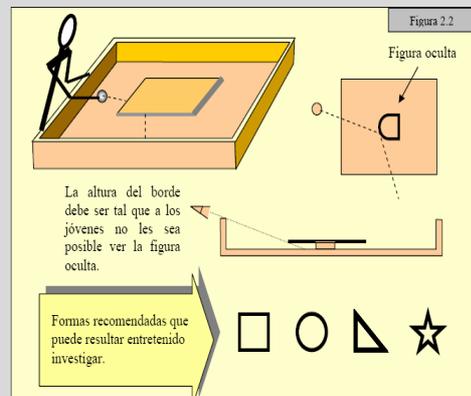
Los Curie estudiaron estos extraños elementos pesados que decaían hacia elementos más simples, es decir, elementos que con el tiempo se convertían en otros elementos diferentes. Observaron que en este decaimiento, conocido como proceso radiactivo, se emitían tres tipos de partículas que fueron denominadas alfa, beta y gamma. Las partículas alfa y beta son desviadas por los campos magnéticos, mostrando que las primeras tienen carga positiva y las segundas negativa. Las partículas gamma no se desvían ante un campo magnético. Hoy se sabe (no en aquel entonces) que las partículas alfa están constituidas por núcleos de helio (dos protones y dos neutrones), las beta son electrones que viajan a grandes velocidades y las partículas gamma son fotones.



EXPERIMENTO:

Se trata de simular lo que los físicos hacen para descubrir y construir la teorías de la física subatómica. Ellos no ven ni saben lo que hay solo mediante experimentos y las observaciones que se estos hacen pueden sacar conjeturas del mundo subatómico.

Una manera, a mí entender divertida, de simular esta situación es la siguiente: se construye una mesa como la que se muestra en la figura. En ella y bajo una cartulina se esconde una figura. El "investigador" va tirando bolitas pequeñas (si se utilizan bolitas desorden de un centímetro de diámetro conviene que los objetos sean del orden de 8 a 10 cm). Mediante la observación de lo ocurre en el choque el investigador tienen que adivinar lo que se esconde.



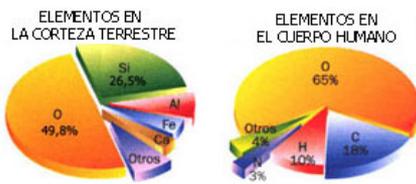
INFORMACIÓN ADICIONAL

CURIOSIDADES:

El descubrimiento del electrón ha sido un logro importante en el mundo de la física y está ligada a la revolución tecnológica del siglo XX. Pensemos por ejemplo, que tanto la televisión como la radio o los ordenadores y la electrónica en general se fundamentan en esta partícula diminuta cuya masa ronda los 9×10^{-28} gramos.



Elementos en la corteza terrestre y en el cuerpo humano:



CURIOSIDADES DE LOS ÁTOMOS:

Son tan pequeños que no es posible fotografiarlos. Para hacernos una idea de su tamaño, un punto de esta línea puede contener dos mil millones de átomos.

Tamaño de las partículas subatómicas: El más diminuto los virus mide unos 0,00002 milímetros, es decir ¡unas 2000 veces mayor que el átomo. ¿Pequeño verdad? Pues el electrón es todavía menor: más o menos ¡20.000 millones más pequeño que el virus! Supongo que ahora comprenderéis porqué no vemos las partículas.

Ya sabemos el tamaño de un átomo y de sus componentes, veamos ahora sus masas. El hidrógeno con un sólo protón es el átomo más ligero y su masa es de tan sólo $1,66 \cdot 10^{-24}$ gramos, 400.000 veces menor que la masa de un virus. Esa diferencia es más o menos la que hay entre un humano de 70 kg y un gigantesco trasatlántico. O si lo prefieres, la diferencia de masa entre un protón y una persona de 70 Kg. es similar a la diferencia entre éste y un planeta 8 veces más masivo que Júpiter.

Sabiendo ya la masa de las partículas atómicas, ¿te has preguntado alguna vez de cuántos átomos está formado tu cuerpo? Si suponemos un cuerpo de 70 Kg., obtendremos que esta formado por unos



70.000.000.000.000.000.000.000.000.000 (setenta mil cuatrillones) de protones, neutrones y electrones.

DEFINICIONES

Los **elementos químicos** están formados por partículas muy pequeñas e indivisibles llamadas átomos.

Todos los **átomos de un elemento químico** dado son idénticos en su masa y demás propiedades.

Los **átomos de diferentes elementos químicos** son distintos, en particular sus masas son diferentes

Los **compuestos** se forman cuando átomos de diferentes elementos se combinan entre sí, en una relación de números enteros sencilla, formando entidades definidas (hoy llamadas moléculas).

Podemos definir las **partículas elementales** como aquellas cuya estructura interna no podía ser descrita (en el estado actual del conocimiento) como una combinación de otras partículas.

La **idea cuántica** de una fuerza es suponer que, igual que dos esquiadores que se lanzan pelotas de nieve uno a otro se repelen, si decimos que entre dos partículas existe una fuerza, significa que existe un intercambio de partículas.

LINKS DE INTERÉS

http://www.mcgraw-hill.es/bcv/tabla_periodica/mc.html

<http://www.lenntech.com/espanol/tabla-periodica.htm>

http://vista.lbl.gov/~xcegroom/quark/spa_home.html

http://particleadventure.org/spanish/complete_menus.html

<http://public.web.cern.ch/Public/Content/Chapters/Education/Education-es.html>