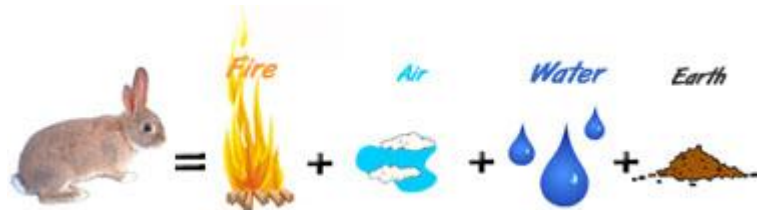
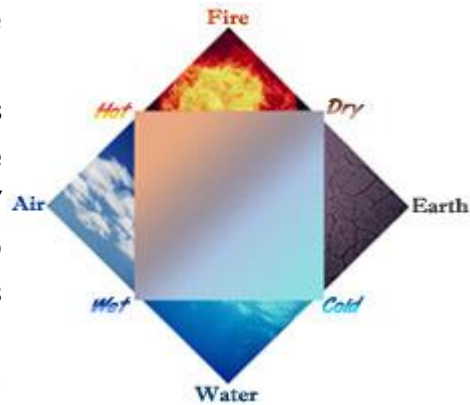


Materia. Átomos. De Demócrito a Dalton

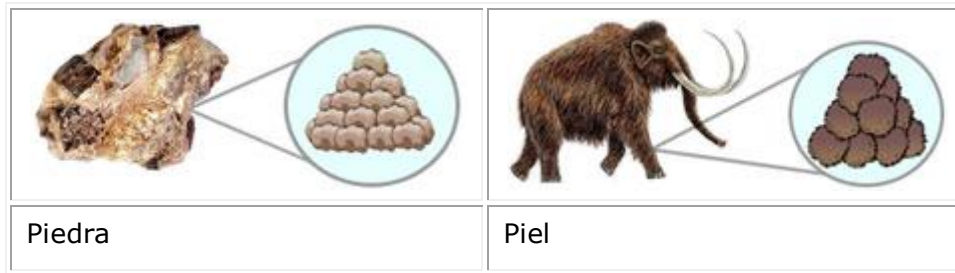
Los primeros humanos distinguían fácilmente entre los materiales para hacer ropa, instrumentos o bienes para alimentarse. Ellos desarrollaron un lenguaje con palabras que describían estas cosas, tales como "piel," "piedra" o "conejo." Sin embargo, ellos no tenían nuestro actual conocimiento sobre las sustancias que componen estos objetos.

Empédocles, un filósofo y científico griego que vivió en la costa sur de Sicilia, entre los años 492 y 432 AC, propuso una de las primeras teorías que intentaba describir las cosas que nos rodean. Empédocles argumentó que toda materia se compone de cuatro elementos : fuego, aire, agua y tierra. La proporción de estos cuatro elementos afecta las propiedades de la materia. La teoría de Empédocles era muy estimada, pero tenía varios problemas. Por ejemplo, no importa cuántas veces se rompe una piedra en dos, las piezas nunca se parecen a ninguno de los elementos esenciales del fuego, del aire, del agua o de la tierra. A pesar de estos problemas, la teoría de Empédocles fue un desarrollo importante del pensamiento científico ya que es una de las primeras en sugerir que algunas sustancias que parecían materiales puros, como la piedra, en realidad se componen de una combinación de diferentes "elementos".



Algunas décadas después de Empédocles, Demócrito, otro griego que vivió del año 460 al 370 AC, desarrolló una nueva teoría de la materia que trataba de resolver el problema de su predecesor. Las ideas de Demócrito se basaban en el razonamiento, en vez de basarse en la ciencia, y se basó en las enseñanzas de los dos filósofos griegos que vinieron antes que él: Leucippus y Anaxagoras. Demócrito sabía que si uno toma una piedra y la corta en dos, cada mitad tiene las mismas propiedades que la piedra original. El infirió que si uno continúa cortando la piedra en piezas cada vez más pequeñas, llega un momento en que el pedazo de piedra es tan pequeño que no se lo puede dividir más. Demócrito llamó a estos pequeños pedazos infinitesimales *átomos*, lo que quiere decir "indivisibles". Sugirió que los *átomos* eran eternos y que no podían ser destruidos. Demócrito teorizó que los *átomos* eran específicos al material que los formaban. Esto quiere decir que los *átomos* de piedra eran propios a la piedra y diferentes de

los átomos de otros materiales, tales como la piel. Esta era una extraordinaria teoría que intentaba explicar todo el mundo físico en términos de unas cuantas ideas.



Finalmente, sin embargo, Aristóteles y Platón, dos de los filósofos más conocidos de la Antigua Grecia, rechazaron las teorías de Demócrito. Aristóteles aceptó la teoría de Empédocles, añadiendo su (incorrecta) idea que los cuatro elementos esenciales se podían transformar entre sí. Debido a la gran influencia de Aristóteles, la teoría de Demócrito se atrasó casi 2,000 años.

En los siglos 17 y 18 DC, varios eventos de importancia ayudaron a revivir la teoría que postulaba que la materia está hecha de partículas pequeñas e indivisibles. En 1643, Evangelista Torricelli, un matemático italiano y pupilo de Galileo, demostró que el aire tenía peso y que era capaz de derribar una columna de mercurio líquido (inventado así el barómetro). Este fue un descubrimiento sorprendente. Si el aire, una sustancia que no podíamos ver, sentir u oler, poseía peso, tenía que estar hecho de algo físico. ¿Pero cómo era posible que algo tuviese una presencia física sin responder al tacto o la visión humana? Daniel Bernoulli, un matemático suizo, propuso la respuesta. Desarrolló una teoría que postulaba que el aire y otros gases estaban compuestos de pequeñas partículas, muy pequeñas para ser vistas y que, además, estaban libremente empaquetadas en un volumen de espacio vacío. Estas partículas no podían sentirse porque, al contrario que una pared de piedra sólida que no se mueve, las pequeñas partículas se mueven a un lado cuando una mano humana o un cuerpo las atraviesa. Bernoulli concluyó que si estas partículas no estuviesen en un movimiento constante, se caerían al piso como partículas de polvo. De este modo, visualizó el aire y otros gases como colecciones de pequeñas partículas parecidas a bolas de billar que se mueven continuamente y rebotan entre ellas.

Muchos científicos estaban ocupados en estudiar el mundo natural durante este período. Poco después de que Bernoulli propusiese su teoría, el Inglés Joseph Priestley empezó a experimentar con el mineral mercurio calx en 1773. Durante miles de años se conocía y codiciaba al mercurio calx, una piedra sólida roja, porque cuando se lo calienta parece convertirse en mercurio, un metal líquido plateado. Priestley observó que el mercurio calx no sólo se convierte en mercurio, sino que



Cinnabar

efectivamente se convierte en dos sustancias cuando se lo calienta, mercurio líquido y otro extraño gas. Priestley cuidadosamente recogió este gas en una jarra de vidrio y lo estudió. Después de muchos largos días y noches en el laboratorio, Priestley dijo del extraño gas, "lo que me sorprendió más de lo que puedo buenamente expresar, es que una vela se consumió en este aire con una notable y vigorosa llama." No solamente las llamas se consumieron vigorosamente en este gas, sino un ratón puesto en un contenedor sellado con este gas vivió durante un período de tiempo más largo que un ratón puesto en un contenedor sellado con aire ordinario. El descubrimiento de Priestley reveló que las sustancias se podían combinar o separar para formar nuevas sustancias con diferentes propiedades. Por ejemplo, un gas incoloro y sin olor puede combinarse con el mercurio, un metal plateado, y formar mercurio calx, un mineral rojo.

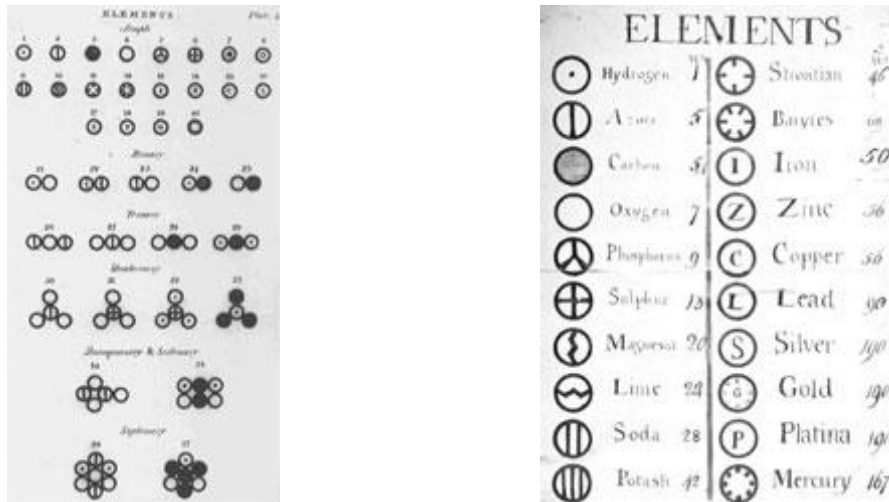
Priestley denominó al gas que descubrió aire deflogístico, pero este nombre no se conservó. En 1778 Antoine Lavoisier, un científico francés, condujo muchos experimentos con el aire deflogístico y teorizó que el gas convertía algunas sustancias en ácidos. Lavoisier le cambió el nombre al gas de Priestley por el de oxígeno, que proviene de las palabras griegas que quieren decir "hacedor de ácido". Mientras que la teoría de Lavoisier sobre el oxígeno y los ácidos resultó incorrecta, se conservó el nombre. Lavoisier sabía por otros científicos anteriores a él, que los ácidos reaccionan con algunos metales y sueltan otro extraño y altamente inflamable gas, llamado flogisto. Lavoisier mezcló los dos gases, flogisto y el ahora denominado oxígeno, en un contenedor de vidrio cerrado e insertó un fósforo. Vio que el flogisto se consumía inmediatamente en presencia del oxígeno y después observó que había gotas de un líquido incoloro en el contenedor de vidrio. Después de cuidadosas pruebas, Lavoisier se dio cuenta que el líquido que se formaba por la reacción del flogisto y del oxígeno era agua. De esta manera, llamó al flogisto hidrógeno que proviene de las palabras griegas "hacedor de agua". Lavoisier también quemó otras sustancias como el fósforo y azufre en el aire, y demostró que se combinaban con el aire y creaban nuevos materiales. Estos nuevos materiales pesaban más que las sustancias originales, con lo cual Lavoisier demostró que el peso obtenido por los nuevos materiales, era el mismo que se perdía en el aire en el que se quemaban las sustancias. A partir de estas observaciones, Lavoisier postuló la Ley de la Conservación de la Masa, que dice que no se pierde o gana masa durante una reacción química.

Una banqueta de químico del siglo 18.



Priestley, Lavoisier y otros habían sentado las bases para el campo de la química. Sus experimentos demostraron que algunas sustancias pueden combinarse con otras para formar nuevos materiales; otras sustancias pueden separarse para formar otras más simples; y algunos "elementos" importantes no pueden separarse. Pero, ¿qué podía explicar estas complejas series de observaciones? John Dalton, un excepcional profesor y científico británico, reunió las piezas y desarrolló la primera teoría atómica moderna en 1803.

Dalton convirtió en un regular hábito observar y anotar el clima en su pueblo, Manchester, en Inglaterra. A través de sus observaciones de la niebla matutina y otras constantes climáticas, Dalton comprendió que el agua podía existir como un gas que se mezclaba con el aire y ocupaba el mismo espacio que el aire. Los sólidos no podían ocupar el mismo espacio. Por ejemplo, el hielo no podía mezclarse con el aire. Entonces ¿qué podía permitir que el agua algunas veces se comportase como un sólido y otras veces como un gas? Dalton comprendió que la materia se componía de pequeñas partículas. En el estado gaseoso, estas partículas flotan libremente y pueden mezclarse con otros gases, tal como había propuesto Bernoulli. Pero Dalton extendió esta idea para aplicarla a toda materia - gases, sólidos y líquidos. Dalton primero propuso parte de su teoría atómica en 1803 y después pulió estos conceptos en su trabajo clásico de 1808 Un Nuevo Sistema de la Filosofía Química.



Los Elementos de Dalton

La teoría de Dalton tiene cuatro principales conceptos:

1. **Toda materia se compone de partículas indivisibles llamadas átomos.** Bernoulli, Dalton y otros visualizaban los átomos como pequeñas partículas en forma de bolas de billar en varios estados de movimiento. A pesar de que este concepto es útil porque nos ayuda a entender los átomos, es incorrecto.
2. **Todos los átomos de un elemento dado son idénticos; los átomos de diferentes elementos tienen diferentes propiedades.** La teoría de

Dalton sugería que cada átomo de un elemento tal como el oxígeno, es idéntico a cada átomo de oxígeno; es más, los átomos de diferentes elementos, tales como el oxígeno o el mercurio, son diferentes uno del otro. Dalton caracterizó a los elementos de acuerdo a su peso atómico; sin embargo cuando los isótopos de los elementos fueron descubiertos al final del 1800, este concepto cambió.

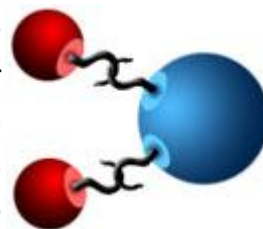
3. **Las reacciones químicas requieren la combinación de átomos, no la destrucción de átomos.** Los átomos son indestructibles e incambiables, así que los compuestos, como el agua y el mercurio calx, se forman cuando un átomo se combina químicamente con otros átomos. Este es un concepto extremadamente avanzado para su tiempo. Mientras que la teoría de Dalton implicaba que los átomos se juntaban, pasarían más de 100 años antes que los científicos empezaran a explicar el concepto de la unión química.
4. **Cuando los elementos reaccionan para formar compuestos, reaccionan en relaciones definidas y en números completos.** Los experimentos que Dalton y otros realizaron, demostraron que las reacciones no son eventos al azar; sino que proceden de acuerdo a fórmulas precisas y bien definidas. Este es un importante concepto en química, que se discute con más detenimiento a continuación.

Algunos detalles de la teoría atómica de Dalton requieren más explicación.

Elementos: Robert Boyle reconoció, tan pronto como en el año 1660, que la definición griega del elemento (tierra, fuego, aire y agua) era incorrecta. Boyle propuso una nueva definición del elemento como una sustancia fundamental. Hoy en día definimos los elementos como sustancias fundamentales que no pueden ser separadas a través de medios químicos. Los elementos son los bloques que construyen el universo. Son las sustancias puras que forman la base de todos los materiales que nos rodean. Algunos elementos pueden ser vistos en forma pura, como el mercurio en un termómetro, otros se ven principalmente en combinación química con otros, tales como el oxígeno y el hidrógeno en el agua. Actualmente conocemos aproximadamente 116 elementos diferentes. Cada elemento recibe un nombre y una abreviación de una o dos letras. Frecuentemente esta abreviación es simplemente la primera letra del elemento, por ejemplo, hidrógeno se abrevia con una H, y oxígeno con una O. Algunas veces un elemento recibe una abreviación de dos letras, por ejemplo helio es He. Cuando se escribe la abreviación de un elemento, la primera letra siempre va en mayúscula y la segunda letra (si hay una) siempre va en minúscula.

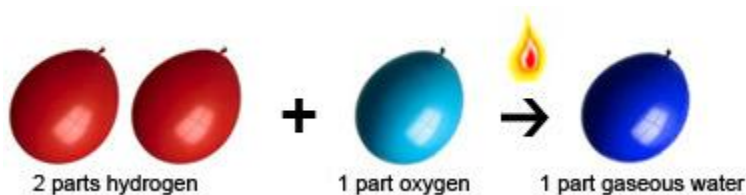
Átomos: Una simple unidad de un elemento se denomina átomo. El átomo es la unidad más básica de la materia que compone todo lo que nos rodea. Cada átomo retiene todas las propiedades químicas y físicas de su elemento matriz. Al final del siglo 19, los científicos demostraron que los átomos en realidad estaban compuestos de piezas "sub-atómicas" pequeñas, lo que erradicó la idea que el átomo parecía una bola de billar.

Compuestos: La mayoría de los materiales con los que tenemos contacto son compuestos, sustancias formadas por una combinación química de dos o más átomos de los elementos. Una simple "partícula" de un compuesto es llamada una **molécula**. Dalton imaginó incorrectamente que

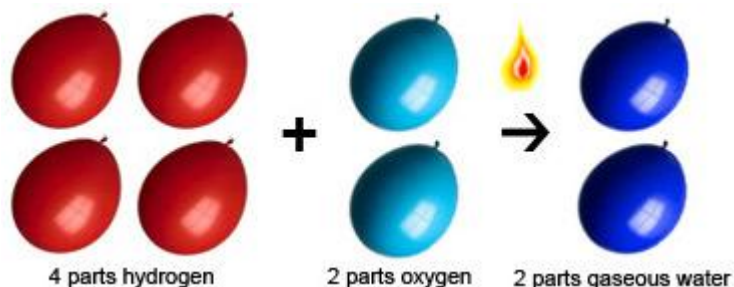


los átomos "se enganchaban" para formar moléculas. Sin embargo, Dalton correctamente comprendió que los compuestos tienen fórmulas precisas. El agua, por ejemplo, siempre está compuesta de dos partes de hidrógeno y una parte de oxígeno. La fórmula química de un compuesto se escribe poniendo los símbolos de los elementos juntos, sin ningún espacio entre ellos. Si una molécula contiene más de un átomo de un elemento, se suscribe un número después del símbolo para mostrar el número de átomos de ese elemento en la molécula. Así, la fórmula del agua es H_2O , nunca HO o H_2O_2 .

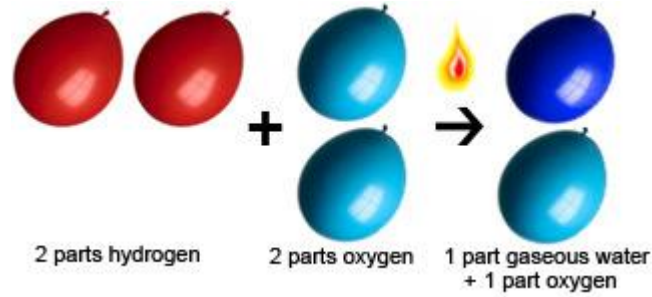
La idea de que los compuestos tienen fórmulas químicas definidas fue propuesta, primero, al final del 1700 por el químico francés Joseph Proust. Éste realizó varios experimentos y observó que no importaba cómo diferentes elementos reaccionan con el oxígeno, pues ellos siempre reaccionan en proporciones definidas. Por ejemplo, dos partes de hidrógeno siempre reaccionan con otra parte de oxígeno al formar agua; una parte de mercurio siempre reacciona con una parte de oxígeno al formar el mercurio calx. Dalton usó la **Ley de Proporciones Definidas** de Proust al desarrollar su teoría atómica.



La ley también se aplica a los múltiplos de la proporción fundamental, por ejemplo:



En los ejemplos mencionados, la relación del hidrógeno al oxígeno es de 2 a 1 a 1. Cuando los elementos presentan en exceso las proporciones fundamentales, algunos de los elementos permanecerán de la misma manera después que haya ocurrido la reacción química.



La historia del desarrollo de la moderna teoría atómica es la historia que los científicos construyeron sobre el trabajo de otros para producir una explicación más precisa del mundo que los rodeaba. Este proceso es común en las ciencias y hasta las teorías incorrectas pueden contribuir a importantes descubrimientos científicos. Dalton, Priestley y otros sentaron las bases de la teoría atómica y muchas de sus hipótesis son todavía útiles. Sin embargo, en las décadas después de sus trabajos, otros científicos demostrarían que los átomos no son bolas de billar sólidas, sino sistemas complejos de partículas. Por consiguiente, ellos destruirían un poco de la teoría atómica de Dalton en un esfuerzo de construir una visión más completa del mundo que nos rodea.