

Entendiendo la combustión:

Georg Ernest Stahl (1660-1734, alemán)

Propuso un nombre nuevo para el principio de la inflamabilidad: **flogisto**, de una palabra griega que significa «hacer arder».



Mantenia que los objetos combustibles eran ricos en flogisto, y en los procesos de combustión éste se perdía en el aire. Lo que quedaba tras la combustión no tenía flogisto y por tanto no podía seguir ardiendo. Así, la madera tenía flogisto, pero las cenizas no.

Sostenía que el enmohecimiento de los metales era análogo a la combustión de la madera, y afirmó que los metales contenían flogisto, pero no así cuando estaban enmohecidos (o «calcinados»).

Una mena mineral, pobre en flogisto, se calienta con carbón vegetal, muy rico en flogisto. El flogisto pasa desde el carbón al mineral, es decir, el carbón vegetal rico en flogisto se transforma en cenizas pobres en flogisto, mientras que con el mineral ocurre precisamente lo contrario.

1

Quedaba una dificultad sin explicar.

Las sustancias más combustibles, como la madera, el papel y la grasa, parecían consumirse en gran parte al arder. El hollín o las cenizas restantes eran mucho más ligeros que la sustancia original, lo cual era de esperar, ya que el flogisto había abandonado la sustancia original.

Sin embargo, cuando los metales se enmohecían, también perdían flogisto pero el metal enmohecido era más pesado que el original.

¿Podía el flogisto tener peso negativo, de modo que una sustancia al perderlo pesaba más que antes?

En ese caso, ¿por qué la madera perdía peso al arder?

¿Había dos tipos de flogisto, uno con peso positivo y otro con peso negativo?

2

Química

Las cenizas eran más ligeras que la madera, pero ¿qué ocurría con los vapores liberados por la materia ardiente? **No se consideraban.**

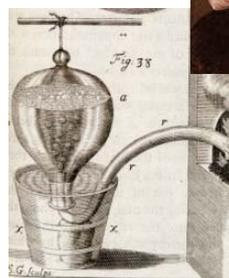
La herrumbre era más pesada que el metal, pero ¿había tomado la herrumbre algo del aire? **No se consideraba.**

Antes de poder subsanar estas deficiencias era preciso que los químicos se familiarizaran más con los gases.

Stephen Hales (1667-1761, inglés)

Recogió gases sobre el agua, por desplazamiento de agua.

No distinguió entre los diferentes gases que preparó y confinó, ni tampoco estudió sus propiedades, pero el solo hecho de haber ideado una técnica sencilla para retenerlos fue de la mayor importancia.



3

Química

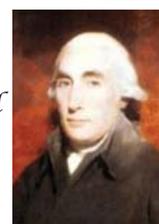
Joseph Black (1728-99, escocés)

Encontró que al calentar la piedra caliza (carbonato cálcico) se descomponía, liberando un gas y dejando cal (óxido de calcio). También observó que ambos podían recombinarse nuevamente.

El gas (**dióxido de carbono**) era idéntico al «gas silvestre» de Van Helmont, pero Black lo llamó «aire fijado», porque podía combinarse («fijarlo») de tal manera que formase parte de una sustancia sólida.

Demostró que cuando el CaO se expone en el aire, vuelve lentamente a CaCO₃. De esto dedujo que hay pequeñas cantidades de dióxido de carbono en la atmósfera. O sea que **el aire no es un elemento.**

Midió la pérdida de peso implicada en la descomposición del CaCO₃ y la cantidad de éste que neutralizaba una determinada cantidad de ácido. Este fue un paso gigante hacia la **aplicación de mediciones cuantitativas a los cambios químicos.**



4

Química

Alrededor de 1750, **Joseph Black** desarrolló la **balanza analítica**. Era mucho más precisa que cualquier otra balanza de la época y se convirtió en un importante instrumento científico en la mayoría de los laboratorios de química.

Daniel Rutherford (1749-1819, escocés).
Alumno de Black.

Metió un ratón en un volumen cerrado de aire hasta que murió. Luego encendió luego una vela en el gas que quedaba, hasta que se apagó. Pasó el aire a través de una sustancia capaz de absorber el dióxido de carbono. El aire restante era incapaz de mantener la combustión.



Tanto él como Black estaban convencidos de la validez de la teoría del flogisto, así que llamó al gas que había aislado «**aire flogisticado**». Hoy día lo llamamos **nitrógeno**, y concedemos a Rutherford el crédito de su descubrimiento.

5

Química

Henry Cavendish (1731-1810, inglés)

Estudió el gas que se formaba cuando los ácidos reaccionaban con ciertos metales (**hidrógeno**).

Fue el primero en investigar sus propiedades sistemáticamente y se le atribuye el mérito de su descubrimiento.



Fue el primero en medir el peso de volúmenes determinados de diferentes gases, es decir, determinó su **densidad**.

Averiguó que el hidrógeno es extraordinariamente ligero, con una densidad de sólo una catorceava parte la del aire.

Descubrió además que era fácilmente inflamable.

Teniendo en cuenta su extrema ligereza e inflamabilidad, especuló con la posibilidad de que fuese el mismo flogisto aislado.

6

Química

Joseph Priestley (1733-1804, inglés)

Recogiendo dióxido de carbono sobre agua, observó que una parte se disolvía y daba al agua un agradable sabor ácido.

Era lo que en la actualidad llamamos «seltz» o «agua de soda». Y como sólo se necesita añadir esencia y azúcar para producir bebidas gaseosas, se le puede considerarse como el padre de la moderna industria de refrescos.



Como ya sabía que los gases pueden ser solubles en agua, para no perderlos en sus experimentos, intentó recogerlos sobre mercurio. Logró recoger y estudiar gases como el **óxido nitroso**, **amoníaco**, **cloruro de hidrógeno** y **dióxido de azufre**.

En 1774, descubrió que el mercurio, cuando se calienta en el aire, forma un «calcinado» de color rojo ladrillo (óxido de mercurio).

Al ponerlo en un tubo de ensayo y calentarlo éste se transformó de nuevo en mercurio.

Esta descomposición liberaba un gas de propiedades muy extrañas.

Los combustibles ardían antes y con más brillo en este gas que en el aire.

Un rescoldo de madera introducido en un recipiente que contuviese dicho gas ardía con llama.

7

Química

Priestley trató de explicar este fenómeno recurriendo a la teoría del flogisto.

Como los objetos ardían tan fácilmente en este gas, tenían que ser capaces de liberar flogisto con extraordinaria facilidad. ¿Cómo podría ser eso, a menos que el gas fuese una muestra de aire de la que se hubiera extraído el flogisto, de tal modo que aceptaba un nuevo aporte con especial avidez?

*Así, llamó a este nuevo gas «**aire desflogisticado**». (pocos años después fue rebautizado como **oxígeno**, nombre que aún conserva.)*

Este «aire desflogisticado» parecía ser el opuesto al «aire flogisticado» de Rutherford. Un ratón moría en este último, pero era particularmente activo y juguetón en el primero.

Priestley probó a respirarlo y se sintió «ligero y cómodo».

8

Química

1730, George Brandt (1694-1730, sueco)

Estudió un mineral azulado que parecía mena de cobre, pero que, para desesperación de los mineros, no daba cobre cuando se sometía al tratamiento habitual. Los mineros pensaban que era mineral embrujado por los espíritus de la tierra, a los que llamaban «kobolds» (gnomos).

Logró demostrar que el mineral no contenía cobre, sino un nuevo metal (que parecía hierro por sus propiedades químicas) al que llamó **cobalto**.



Co

1751, Axel Fredric Cronstedt (1722-65, sueco)
Descubrió un metal muy semejante, el **níquel**.



Ni

1774, Johann Gottlieb Gahn (1745-1818, sueco)
Aisló el **manganeso**.



Mn

1782, Peter Jacob Hjelm (1746-1813, sueco)
Aisló el **molibdeno**.



Mo

Química

Torbern Olof Bergman (1735-84, sueco).

Desarrolló una teoría para explicar por qué una sustancia reacciona con otra, pero no con una tercera. Supuso la existencia de «afinidades» de diverso grado entre las sustancias y las reunió en tablas.

↷	⊗	⊙	⊕	∇	⊖	⊕	SM	♁	♂	♁	♀	♁	♂	♁	♂	♁	♂	♁
⊖	♂	♁	♁	⊕	⊕	⊕	⊖	♁	♂	♁	♂	♁	♂	♁	♂	♁	♂	♁
♁	♁	♂	⊖	⊕	⊕	⊕	♁	♂	♁	♂	♁	♂	♁	♂	♁	♂	♁	♂
∇	♀	♁	♁	⊕	⊕	⊕	♁	♂	♁	♂	♁	♂	♁	♂	♁	♂	♁	♂
SM	♂	♁	∇	♁	♁	♁	♁	♂	♁	♂	♁	♂	♁	♂	♁	♂	♁	♂
	♂	♁	♁	♁			♁	♂	♁	♂	♁	♂	♁	♂	♁	♂	♁	♂
			♀				♁	♂	♁	♂	♁	♂	♁	♂	♁	♂	♁	♂
			♁				♁	♂	♁	♂	♁	♂	♁	♂	♁	♂	♁	♂
⊙							♁	♂	♁	♂	♁	♂	♁	♂	♁	♂	♁	♂

↷ Esprits acides. ∇ Terre absorbante. ♁ Cuivre. ♁ Soufre mineral. [Principe.
 ⊗ Acide du sel marin. ⚗ Substances metalliques. ♂ Fer. ♁ Principe huileux ou Soufre
 ⊙ Acide nitreux. ☿ Mercure. ♁ Plomb. ♁ Esprit de vinaigre.
 ♁ Acide vitriolique. ♁ Regule d'Antimoine. ⚗ Etain. ♁ Eau.
 ⊕ Sel alcali fixe. ♁ Or. ♁ Zinc. ♁ Sel. [dents
 ⊖ Sel alcali volatil. ♁ Argent. ♁ Pierre Calaminaire. ♁ Esprit de vin et Esprits ar-



Química

Carl Wilhelm Scheele (1742-1786, sueco)

Descubrió los ácidos: tartárico, cítrico, benzoico, málico, oxálico, láctico, úrico, molibídico y arsenioso.

Preparó e investigó tres gases altamente venenosos: fluoruro de hidrógeno, sulfuro de hidrógeno y cianuro de hidrógeno.



Se supone que su temprana muerte fue el resultado de un lento envenenamiento por los compuestos con los que trabajó, y que normalmente probaba.

Preparó oxígeno y nitrógeno en 1771 y 1772. Preparó oxígeno calentando determinado número de sustancias de las que se separaba con facilidad y que incluían el óxido de mercurio utilizado por Priestley un par de años después.

Scheele describió sus experimentos cuidadosamente, pero por negligencia de su editor, las descripciones no aparecieron en prensa hasta 1777. Para entonces ya habían aparecido los trabajos de Rutherford y de Priestley, que se llevaron la fama de los descubrimientos.

11

Química

Antoine Laurent Lavoisier (1743-94, francés)

Reconoció la importancia de las mediciones precisas.

Calentó un diamante en un recipiente cerrado hasta que desapareció. La formación de dióxido de carbono fue la primera demostración clara de que el diamante era una forma de carbono.



Calentó metales en recipientes cerrados con una cantidad limitada de aire. Estos desarrollaron en su superficie una capa de «calcinado» hasta un momento determinado en que ésta no avanzaba más. El calcinado pesaba más que el propio metal, y sin embargo, el conjunto pesaba lo mismo antes y después de calentarlos.

Concluyó que la ganancia de peso del calcinado provenía de algo muy material: una parte del aire.

Nueva explicación sobre la formación de los metales a partir de sus menas: la mena era una combinación de metal y gas.

Resolvió la contradicción de los cambios de pesos de la que padecía la teoría del flogisto.

12

Química

Antoine Laurent Lavoisier (1743-94, francés)

Si en el curso de los experimentos se tenían en cuenta todas las sustancias que tomaban parte en la reacción química y todos los productos formados, nunca habría un cambio de peso.

*Lavoisier mantuvo que **la masa no se creaba ni se destruía, sino que simplemente cambiaba de unas sustancias a otras.***

*Esta es la **ley de conservación de la masa**, que sirvió de piedra angular a la química del siglo XIX*

Notó además que sólo una quinta parte del aire se combinaba con los metales para formar un calcinado y con la madera para formar gases. **¿Por qué?**

Propuso que **un quinto del aire** era el «aire desflogisticado» de Priestley. Fue Lavoisier quien dio a este gas su nombre, **oxígeno**.

Las otras cuatro quintas partes restantes del aire, que no podían mantener la combustión ni la vida (el aire «flogisticado» de Rutherford) eran un gas diferente, al que llamo **azoe**, “sin vida”. Luego le cambio el nombre a **nitrógeno**, “que forma salitre”.

Composición del aire (hoy): 21% Oxígeno, 78 % Nitrógeno

13

Química

Aprendiendo de los demás:

*En 1783 **Cavendish** aún estaba trabajando con su gas inflamable. Quemó una muestra de éste y estudió sus consecuencias, comprobando que los vapores producidos al arder se condensaban para formar un líquido que, al investigarlo, resultó ser nada más y nada menos que **agua**.*

*Este experimento fue de importancia crucial. En primer lugar, era otro duro golpe a la teoría griega de los elementos, porque demostró que **el agua no era un elemento**.*

*Lavoisier llamó al gas de Cavendish **hidrógeno** («productor de agua»), y dedujo que el hidrógeno ardía por combinación con el oxígeno, y que, por tanto, **el agua era una combinación de hidrógeno y oxígeno**.*

*Las nuevas teorías de Lavoisier suponían una completa racionalización de la química. Todos los misteriosos «principios» habían caído con ella. **En el futuro solamente interesarían a los químicos los materiales que pudieran pesarse o medirse.***

14

Colaboración:

Lavoisier, en colaboración con otros tres químicos franceses, *Louis Bernard Guyton de Morveau* (1737-1816), *Claude Louis Berthollet* (1748-1822) y *Antoine Francois de Fourcroy* (1755-1808), elaboró un sistema lógico de **nomenclatura** que se publicó en **1787**.

Se tendría en lo sucesivo un sistema reconocido que todos pudieran usar; basado en principios lógicos de modo que cualquiera pudiese deducir los elementos de que estaba formado un compuesto a partir del nombre de éste. Por ejemplo, el óxido de calcio estaba hecho de calcio y oxígeno; el cloruro sódico, de sodio y cloro; el sulfuro de hidrógeno, de azufre e hidrógeno; etc.

Asimismo, se puso a punto un cuidadoso sistema de prefijos y sufijos que proporcionara alguna indicación acerca de las proporciones en las que estaban presentes los distintos elementos. Así, el dióxido de carbono contenía más oxígeno que el monóxido de carbono.

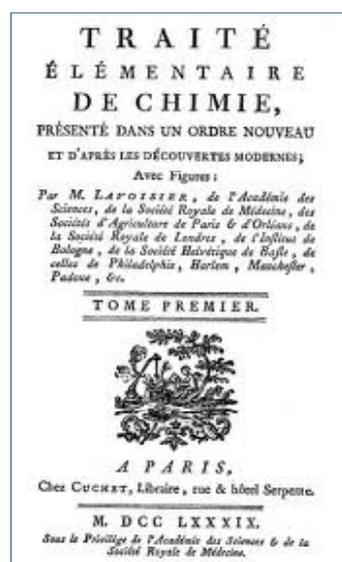
15

En 1789 *Lavoisier* publicó un libro (*Tratado elemental de Química*) que aportó al mundo una visión unificada del conocimiento químico en base a sus nuevas teorías y nomenclatura. Fue el **primer texto moderno de Química**.

Incluía una lista de todas las sustancias que *Lavoisier* consideró elementos.

De las **33 sustancias** enumeradas solamente **dos estaban completamente equivocadas** (la «luz» y el «calórico»).

Otras **ocho resultaron no ser elementos** ya que podían descomponerse en otras más simples.



16

Química

En el mismo año en que se publicó el libro de Lavoisier, triunfa la **Revolución Francesa**.

Lavoisier estaba relacionado con una organización de recaudadores de impuestos que los revolucionarios consideraban un instrumento de corrupción de la odiada monarquía.

Ejecutaron en la guillotina a todos los funcionarios que lograron prender. Uno de ellos fue Lavoisier (1794).

«Bastó un instante para cercenar esa cabeza, y quizá un siglo no baste para producir otra igual», dijo Joseph Lagrange, el insigne matemático.

Lavoisier es universalmente considerado en la actualidad como «**el padre de la química moderna**».



17

Química

Jeremías Benjamín Richter
(1762-1807, alemán)

Estudió sistemáticamente las reacciones entre ácidos y álcalis (bases) y midió la cantidad exacta de los diferentes ácidos que se precisaban para la neutralización.

Por medio de mediciones cuidadosas halló que se necesitaban cantidades fijas y definidas.



A partir de estos resultados definió el **peso equivalente**: un peso fijo de un compuesto reaccionaba con un peso fijo de otro

y enunció la **ley de pesos equivalentes**:

“Los elementos se combinan en proporción a sus pesos equivalentes, multiplicados por números enteros y pequeños”
(1792).

18

Química

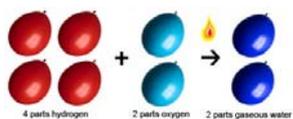
Joseph Louis Proust (1754-1826, francés)

Estudió la composición de diversos compuestos descubriendo que *la proporción en masa de cada uno de los componentes se era siempre la misma en el compuesto final, y no adquiriría ningún valor intermedio, independientemente de si eran un carbonato natural o artificial, o de las condiciones de la síntesis.* (**Ley de las Proporciones definidas**, ~1800)

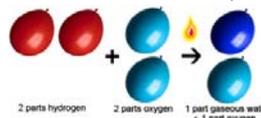


Soporta el atomismo

La ley aplica a múltiplos de las proporciones fundamentales:



∴ Si hay algún reaccionante en exceso, parte de este permanecerá inalterado después de la reacción:



19

Química

John Dalton (1766-1844, inglés)

Enunció la **Ley de las Proporciones múltiples**, que se diferencia de la Proust en que tiene en cuenta que existen algunos elementos que pueden relacionarse entre sí en distintas proporciones para formar distintos compuestos.

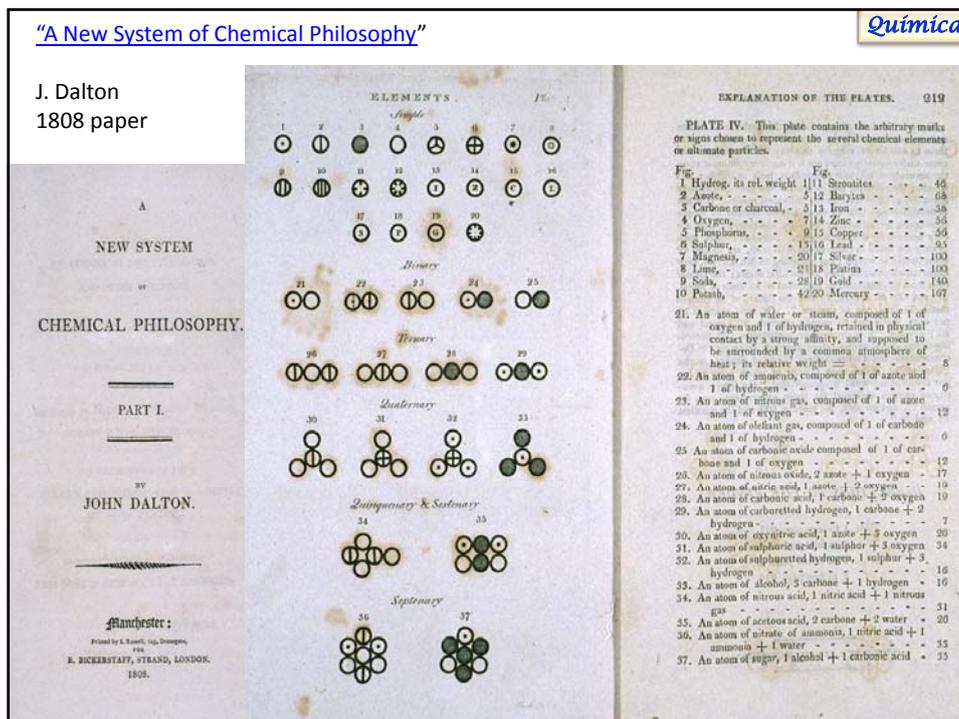


Desarrolló la primera Teoría atómica moderna que se basa en 4 ideas fundamentales:

1. Toda la materia está compuesta por partículas indivisibles llamadas **átomos**.
2. Todos los átomos de un mismo elemento son idénticos entre sí y los átomos de elementos diferentes tienen diferentes propiedades. **Los elementos se diferencian por su peso atómico.**
3. **Las reacciones químicas** involucran combinación de átomos, nunca destrucción de átomos. **Implica enlaces entre átomos.**
4. Cuando los elementos reaccionan para formar compuestos lo hacen en **proporciones de números enteros bien definidos.**

["A New System of Chemical Philosophy"](#) J. Dalton - 1808 paper

20



John Dalton y su Teoría atómica (1808)

- ☑ Reconocimiento a Demócrito (~470-380 a.C)
- ☑ Resurgimiento del atomismo
- ☑ Golpe mortal a la transmutación de los alquímicos

Si los átomos son indivisibles e invariables, no se puede transformar un átomo de plomo (u otro metal) en uno de oro bajo ninguna circunstancia

Los átomos eran demasiado pequeños para verse, incluso al microscopio; la observación directa era impensable.

Pero las medidas indirectas podían aportar información sobre sus pesos relativos.

Teniendo en cuenta la proporción en que se forman los compuestos y asignando el peso del átomo de hidrógeno arbitrariamente igual a 1, se podían estimar los pesos de los otros elementos.

*Razonando de este modo, Dalton confeccionó la **primera tabla de pesos atómicos**.*

Sin embargo resultó estar bastante equivocada.

Su principal fallo fue que Dalton consideró que las moléculas estaban formadas por un átomo de cada elemento, lo que es más la excepción que la regla.

Química

Joseph Louis Gay-Lussac

(1778-1850, francés)

Descubrió que 2 volúmenes de hidrógeno combinaban con 1 volumen de oxígeno para dar agua.



Descubrió que los gases se combinan siempre en volúmenes fijos y formuló la **ley de los volúmenes de combinación**.

Formuló la ley según la cual un gas se expande proporcionalmente a su temperatura (absoluta) si se mantiene **constante la presión** (**Ley de Charles y Gay-Lussac**).

$$\frac{V_1}{T_1} = \frac{V_2}{T_2}$$

Estableció que si el **volúmen** de un gas se mantiene **constante**, el cociente entre presión y temperatura permanece constante (**Segunda ley de Gay-Lussac**)

$$\frac{P_1}{T_1} = \frac{P_2}{T_2}$$

Definió los **grados Gay Lussac**: medida de alcohol contenida en un volumen. Sirven para indicar el contenido de alcohol en una sustancia (el vino).

23

Química

Amadeo Avogadro (1776-1856, italiano)

Descubrió que dos volúmenes iguales de gases diferentes, en las mismas condiciones de presión y temperatura, contienen el mismo número de moléculas (**Hipótesis de Avogadro, o Ley de Avogadro, 1811**).



Número de Avogadro: $6.022\ 141\ 79(30) \times 10^{23} \text{ mol}^{-1}$

No fue propuesto por Avogadro !!!

Sino por el químico francés **Jean Baptiste Perrin** (1870 - 1942) quien lo nombró en honor de Avogadro.

Perrin ganaría en 1926 **Premio Nobel de Física**, en gran parte por su trabajo en la determinación de la constante de Avogadro mediante varios métodos diferentes.



24

Química

Humphry Davy (1778-1829, inglés)

Considerado uno de los fundadores de la **electroquímica**.

Decidió utilizar el poder de la corriente eléctrica para separar lo que no se podía separar mediante calor o reacciones. Si esto servía para descomponer el agua, ¿por qué no otros compuestos?



Construyó una batería eléctrica con más de 250 placas metálicas, la más potente construida hasta el momento.



25

Química

Humphry Davy (1778-1829, inglés)

Envío intensas corrientes a través de soluciones de compuestos sospechosos de contener elementos desconocidos, pero sin resultado. Solamente obtuvo hidrógeno y oxígeno procedentes del agua. Había que eliminar el agua!!!

Cuando usó las sustancias sólidas, no logró hacer pasar la corriente a través de ellas. Finalmente se le ocurrió fundir los compuestos y hacer pasar la corriente a través de las sustancia fundidas.

Así logró aislar **potasio**, **sodio**, **magnesio**, **estroncio**, **bario** y **calcio**.

*Además demostró que un cierto gas verdoso, que anteriormente se había pensado que era un óxido, era en realidad un elemento. Davy sugirió el nombre de **cloro**, del vocablo griego «verde».*

Demostó que el ácido clorhídrico, aunque era un ácido fuerte, no contenía ningún átomo de oxígeno en su molécula, desestimando así la sugerencia de que el oxígeno era un componente necesario de los ácidos.

26

Química

Michael Faraday (1791-1867)
Discípulo de Davy

Introdujo una serie de términos que se utilizan todavía en la electroquímica.

Por ejemplo:

Electrólisis (ruptura de moléculas por una corriente eléctrica)

Electrolitos (compuestos o soluciones capaces de transportar una corriente eléctrica)

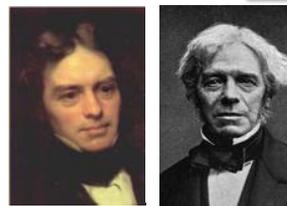
Electrodos (placas o varillas de metal introducidas en la sustancia fundida o solución)

Ánodo (electrodo que llevaba una carga positiva)

Cátodo (electrodo que llevaba una carga negativa)

La corriente eléctrica era transportada por entidades que denominó **iones** (de la palabra griega que significa «viajero»).

Los iones que viajaban al ánodo eran **aniones**; los que viajaban al cátodo eran **cationes**.



Descubrió el benceno

27

Química

Primera ley de la electrólisis de Faraday:

La masa de sustancia liberada en un electrodo durante la electrólisis es **proporcional a la cantidad de electricidad que se hace pasar a través de la solución.**

Segunda ley de la electrólisis de Faraday:

El **peso de metal liberado por una cantidad dada de electricidad es proporcional al peso equivalente del metal.**

Las leyes de la electricidad de Faraday (1831) parecían indicar, que la electricidad podía subdividirse en pequeñas unidades, igual que la materia. En otras palabras, había «átomos de electricidad».

La existencia del electrón fue postulada por **G. Johnstone Stoney** (1826-1911, irlandés) en **1874**.



Fue descubierto por **Joseph John Thomson** (1856-1940, inglés) en **1897**



regresaremos...

28

Química

Jöns Jacob von Berzelius (1779 - 1848, sueco)

Se dedicó a determinar la constitución elemental exacta de distintos compuestos.

Mediante cientos de análisis, proporcionó tantos ejemplos de la ley de las proporciones definidas que el mundo de la química no podría dudar más de su validez.



Uno de sus mayores logros fue el de determinar **pesos atómicos**. La primera tabla de pesos atómicos de Berzelius, publicada en **1828**, puede confrontarse favorablemente con los valores aceptados hoy día, excepto en dos o tres elementos.

Encontró que los pesos atómicos de los distintos elementos no son números enteros ni múltiplos enteros del peso atómico del hidrógeno.

Durante el siglo siguiente se publicaron cada vez mejores tablas de pesos atómicos, que confirmaron este hallazgo.

29

Símbolos químicos:

Química

ELEMENTS			
Hydrogen	1	Strontian	46
Acid	5	Barytes	68
Carbon	5	Iron	50
Oxygen	7	Zinc	56
Phosphorus	9	Copper	56
Sulphur	13	Lead	90
Magnesia	20	Silver	190
Lime	24	Gold	190
Soda	28	Platina	190
Potash	42	Mercury	167

Dalton

Berzelius vio que los círculos eran superfluos y que bastaban las iniciales solas.

Sugirió que cada elemento tuviese un **símbolo** válido tanto para representar el elemento en general como para un átomo del elemento, y que éste consistiese en principio en la inicial del nombre latino del elemento.

Si dos o más elementos poseían la misma inicial, podía añadirse una de las letras siguientes del nombre. Así se constituyeron los **símbolos químicos de los elementos**, y hoy día hay consenso sobre ellos y son aceptados internacionalmente.

30

Química

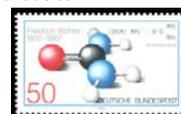
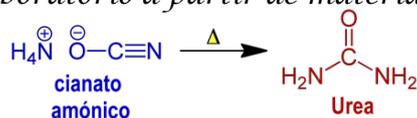
Berzelius sugirió que las sustancias como el aceite de oliva o el azúcar, productos característicos de los organismos, se llamasen *orgánicas*. Las sustancias como el agua o la sal, características del medio no-viviente, eran *inorgánicas*.

Se creía que las sustancias inorgánicas pueden encontrarse en todas partes, tanto en el dominio de la vida como en el de la no-vida, al igual que el agua puede encontrarse tanto en el océano como en la sangre.

Las sustancias orgánicas, que precisan de la fuerza vital, solamente pueden encontrarse en conexión con la vida. (*vitalismo* = existencia de una fuerza o impulso vital sin la que la vida no podría ser explicada)

Friedrich Wöhler (1800-82, alemán)

Sintetizó urea a partir de cianato amónico. Demostrando así por primera vez que un producto de los procesos vitales se podía obtener en el laboratorio a partir de materia inorgánica.



31

Química

Adolph Wilhelm Hermann Kolbe (1818-84, alemán)

Estaba convencido de que los compuestos orgánicos se podrían derivar de los inorgánicos, directamente o indirectamente, por procesos de sustitución.

Lo demostró convirtiendo el disulfuro de carbono en *ácido acético*.

Luego lo sintetizó a partir de sus elementos constituyentes: carbono, hidrógeno y oxígeno (*síntesis total*).



Pierre Eugène Marcelin Berthelot (1827-1907, francés)

Realizó sistemáticamente la síntesis de compuestos orgánicos tan importantes como el *alcohol metílico*, *alcohol etílico*, *metano*, *benceno* y *acetileno*.

Logró sintetizar sustancias muy parecidas a las grasas ordinarias pero distintas a todas las conocidas en la naturaleza. Con esto demostró que el químico podía hacer algo más que reproducir los productos presentes en los organismos vivos.



32

Química

Berthelot

También se le considera como uno de los fundadores de la termoquímica.

Ideó métodos para efectuar reacciones químicas dentro de cámaras cerradas rodeadas por agua a temperatura conocida (calorímetro).

A partir de la variación en la temperatura del agua circundante al finalizar la reacción, podía medirse la cantidad de calor liberada o absorbida por la misma.

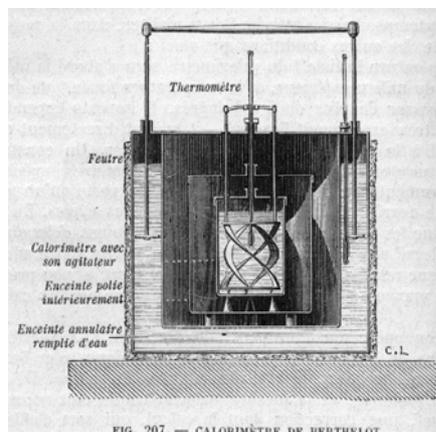


FIG. 207. — CALORIMÈTRE DE BERTHELOT.

Curiosidades: Se negó a patentar los métodos de síntesis por sus descubrimientos - lo que le hubiese reportado gran cantidad de dinero- asegurando que acumular riquezas era algo indigno y mezquino.

Asimismo aseguraba que no podría seguir viviendo si su esposa fallecía antes que él, y en efecto, una vez que ella murió, Berthelot le siguió a la tumba a los dos días, sin más causa aparente que justificara su muerte que su avanzada edad.

33

Química

Friedrich August Kekulé von Stradonitz
(1829-86, alemán)

En un libro de texto publicado en 1861 definió la *química orgánica* como la química de los compuestos de carbono.

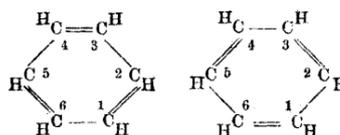
La química inorgánica pasó a ser entonces la química de los compuestos que no contenían carbono, Esta definición ha sido generalmente aceptada.

Aunque sigue siendo cierto que algunos compuestos de carbono, entre ellos el dióxido de carbono y el carbonato cálcico, se parecen más a los compuestos típicos inorgánicos que a los orgánicos. Tales compuestos de carbono se tratan generalmente en los libros de química inorgánica.



El trabajo más conocido de Kekulé fue la propuesta de la estructura del benceno.

Importante tanto para la Química Pura como para la Química Aplicada! En 1890 la Sociedad Química Alemana organizó una elaborada ceremonia en honor de Kekulé



1865

34

Química

Curiosidad:

El **Uróboros** u **Ouroboros**, muestra a una serpiente engullendo su propia cola.

Expresa la **unidad** de todas las cosas, las materiales y las espirituales, que nunca desaparecen sino que cambian de forma en un ciclo eterno de destrucción y creación, también representa la infinitud así como el tiempo y la continuidad de la vida.



Se asocia a la práctica de la alquimia.

En algunas representaciones el animal se muestra con una mitad clara y otra oscura haciendo recordar la dicotomía de otros símbolos similares como el yin y yang. En la Alquimia, el Ouroboros simboliza la naturaleza circular de la obra del alquimista que une los opuestos: lo consciente y lo inconsciente. Siendo igualmente un símbolo de purificación, que representa los ciclos eternos de vida y muerte.

El texto más antiguo donde aparece es en la *Chrysopoeia* «fabricación del oro», un tratado alquímico del siglo II, escrito en Alejandría por Cleopatra.

35

Química

Edward Frankland (1825-99, inglés)

Propuso lo que después llegaría a conocerse como **teoría de la valencia** (de la palabra latina que significa «poder»): **cada tipo de átomo tiene un poder de combinación fijo.**



Ej. en condiciones normales, un átomo de **hidrógeno** solamente se combinará con otro átomo. Esto es también cierto para el **sodio**, **cloro**, **plata**, **bromo** y **potasio**. Todos ellos tienen una **valencia de 1**.

Los átomos de **oxígeno** pueden combinarse con dos átomos diferentes, igual que los de **calcio**, **azufre**, **magnesio** y **bario**. Todos estos elementos tienen una **valencia de 2**.

El **nitrógeno**, **fósforo**, **aluminio** y **oro** tienen una **valencia de 3**.

El **hierro** puede tener una **valencia de 2** ó **de 3**, y así sucesivamente.

El concepto de valencia ayudó a clarificar la diferencia entre peso atómico y peso equivalente de un elemento.

peso equivalente de un átomo = su peso atómico dividido por su valencia

36

Química

Archibald Scott Couper (1831-1892, escocés)

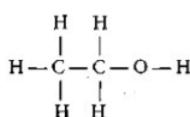
Desarrolló los conceptos de átomos de carbono Tetravalente.

Propuso la representación gráfica de las moléculas utilizando líneas para representar los enlaces que aun utilizamos en las fórmulas desarrolladas.

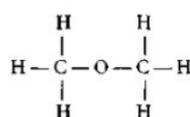


Alexander Mijailovich Butlerov (1828-86, ruso)

Apoyó este nuevo y lo utilizó para explicar la existencia de isómeros.



alcohol etílico



éter dimetílico



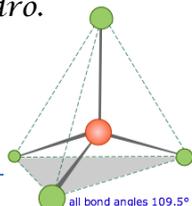
Aún después de este avance la representación era plana

37

Química

Jacobus Hendricus Van't Hoff (1852-1911, danés)

En 1874, sin terminar aún su tesis para el doctorado, sugirió atrevidamente que los cuatro enlaces del carbono estaban distribuidos en las tres dimensiones del espacio hacia los cuatro vértices de un tetraedro.



Permite explicar la isomería óptica



Joseph Achille Le Bel (1847-1930, francés)

Publicó una sugerencia similar casi simultáneamente.

El átomo de carbono tetraédrico es conocido a veces como teoría de VantHoff-LeBel.



38

Química

Viktor Meyer (1848-97, alemán)

Mostró que los enlaces de los átomos de nitrógeno, concebidos en tres dimensiones, podían explicar también ciertos tipos de isomerías ópticas.



William Jackson Pope (1870-1939, inglés)

Demostró que lo mismo era aplicable a otros átomos tales como los de azufre, selenio y estaño.



Alfred Werner (1866-1919, germano-suizo)

Añadió el cobalto, cromo, rodio y otros metales. Desarrolló una teoría de la coordinación de la estructura molecular.



Johann Friedrich Wilhelm Adolf von Baeyer

(1835-1917, alemán)

Utilizó la representación tridimensional para dibujar átomos de carbono fijos a anillos planos (compuestos cíclicos). Sostuvo que si el ángulo es obligado a variar, el átomo se encontrará sometido a un esfuerzo. Explicó la preponderancia de anillos de 5 y 6 miembros en la naturaleza.



Hacia 1900 la descripción de la estructura molecular en tres dimensiones, habiendo demostrado su validez, fue universalmente aceptada.

39

Química

Hacia 1830 se conocían 55 elementos diferentes.

Variaban extensamente en sus propiedades y parecía existir poco orden entre ellos.

¿Por qué había tantos? ¿cuántos más quedaban todavía por descubrir? ¿Diez? ¿Cien? ¿Mil? ¿Un número infinito?

Parecía importante buscar un orden en el conjunto de los elementos ya conocidos.

Quizá de esta manera podría encontrarse alguna razón que explicase su número, y justificar la variación de las propiedades que poseían.

40

Química

Johann Wolfgang Döbereiner (1780-1849, alemán)

Fue el primero en captar un atisbo de orden en los elementos químicos.

En 1829 observó que el elemento **bromo** parecía tener propiedades que estaban justo a mitad de camino entre las del **cloro** y las del **yodo**, estos 3 elementos no sólo mostraban un orden progresivo en propiedades como color y reactividad, sino que el peso atómico del bromo parecía estar justo a medio camino entre los del cloro y el yodo. ¿Sería una coincidencia?



Triadas de Döbereiner

Cloro		Litio	Calcio	Azufre
Bromo		Sodio	Estroncio	Selenio
Yodo		Potasio	Bario	Teluro

Buscó otras infructuosamente.

El hecho de que cinco sextas partes de los elementos conocidos no pudieran colocarse en ninguna tríada hizo que los químicos decidieran que los hallazgos de Döbereiner eran mera coincidencia.

41

Química

Curiosidad:

En 1860 se convocó la **primera reunión científica internacional** de la historia.

Se llamó **Primer Congreso Internacional de Química** y se reunió en la ciudad de **Karlsruhe**, en Alemania. (nomenclatura, representación de estructuras, números atómicos).

Asistieron ciento cuarenta delegados.



42

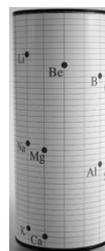
Química

Alexandre Emile Beguyer de Chancourtois
(1820-86, francés)

Ordenó los elementos según su peso atómico creciente y los distribuyó en un gráfico cilíndrico.

Los elementos semejantes se acomodaban en columnas verticales.

Publicó su trabajo, pero no su gráfico, y sus estudios pasaron inadvertidos



1862

John Alexander Reina Newlands

(1837-98, inglés)

Ordenó los elementos conocidos según sus pesos atómicos crecientes, y observó que este orden coincidía con el de las propiedades, al menos parcialmente.

Llamó a este ordenamiento la *ley de las octavas*



	Na	Mg	Al	Si	P	S	Cl	K														
H	Li	F	B	Cl	Si	Co	Ni	22	Be	29	Mg	36	I	42	Fr							
Li	2	Na	9	K	16	Ca	23	Bz	30	Ag	37	Ga	44	Tl	53							
Ga	3	Mg	19	Ca	17	Zn	25	Sr	31	Ge	38	Ni	45	Pb	54							
B	4	Al	11	Cr	19	Y	24	Co	31	U	40	Ta	48	Tb	56							
C	5	Si	12	Ti	18	Is	26	Zr	32	Sn	39	W	47	Hg	52							
N	6	P	13	Mn	20	Aa	27	Er	34	Sb	41	Nb	48	Bi	55							
O	7	S	14	Fe	21	Se	28	Br	35	Te	43	Au	49	Cs	51							

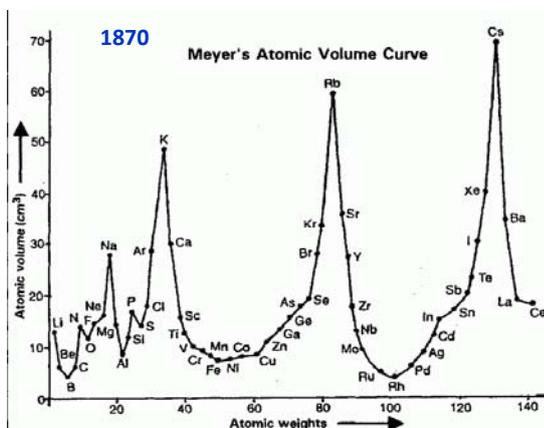
1864

43

Julius Lothar Meyer (1830-95, alemán)

Se centró en los volúmenes atómicos, en lugar de en los pesos atómicos.

Al graficarlos en función de los pesos atómicos, se obtenían una serie de ondas que alcanzaban valores máximos en los metales alcalinos: sodio, potasio, rubidio y cesio y que se correspondían con el incremento en sus propiedades.



Cada descenso y subida correspondería a un período en la tabla de elementos. El segundo y tercer períodos comprendían siete elementos cada uno, y repetían la ley de las octavas de Newlands. Sin embargo, las dos ondas siguientes comprendían más de siete elementos, y esto demostraba claramente que Newlands había cometido un error.

44

Química

Dimitri Ivanovich Mendeleiev (1834-1907, ruso)

Había descubierto también el cambio en la longitud de los periodos de los elementos, pasando luego a demostrar las consecuencias de manera particularmente espectacular.



ОПЫТЪ СИСТЕМЫ ЭЛЕМЕНТОВЪ.

ОСНОВАННОЙ НА ВѢДЪ АТОМНОМЪ ВѢСѢ И ХИМИЧЕСКОМЪ СХОДСТВѢ.

Ti=50	Zr=90	?=180.
V=51	Nb=94	Ta=182.
Cr=52	Mo=96	W=186.
Mn=55	Rh=104,4	Pt=197,4
Fe=56	Rn=104,4	Ir=198.
Ni=Co=59	Pt=106,4	O=199.
H=1	Cu=63,4	Ag=108
Be=9,4	Mg=24	Zn=65,2
Cd=112		
B=11	Al=27,4	?=68
U=116	Au=197,7	
C=12	Si=28	?=70
Sr=118		
N=14	P=31	As=75
Sb=122	Bi=210,7	
O=16	S=32	Se=79,4
Te=128?		
F=19	Cl=35,4	Br=80
I=127		
Li=7	Na=23	K=39
Rb=85,4	Cs=133	Tl=204.
Ba=137	Pb=207.	
?=45	Ce=92	
?Er=56	La=94	
?Yt=60	Di=95	
?In=75,4	Th=118?	

Д. Менделѣевъ

Estaba escribiendo su tesis en Alemania en la época en que se celebró el Congreso de Karlsruhe. Comenzó a estudiar la lista de elementos según su peso atómico creciente. Incluyó en su análisis el punto de vista de la valencia.

Li	Na	K	Cu	Rb	Ag	Ce	—	Tl
7	23	39	63,4	85,4	108	133	—	204
Be	Mg	Ca	Zn	Sr	Cd	Ba	—	Pb
9	24	40	65,2	88	112	137	—	207
B	Al	—	—	U	—	—	—	Bi?
11	27,4	—	—	91	—	—	—	—
C	Si	Ti	—	Zr	Sn	—	—	—
12	28	72	—	90	118	—	—	—
N	P	V	—	Nb	Sb	—	—	—
14	31	51	—	94	120	—	—	—
O	S	—	—	Se	—	Te	—	W
16	32	—	—	79,4	—	—	—	—
F	Cl	—	—	Br	—	I	—	—
19	35,4	80	—	—	127	—	—	—

Descubrió que era necesario dejar huecos. En lugar de considerarlo como imperfecciones de la tabla, los tomó como representantes de elementos todavía no descubiertos.

1869 1 año antes que Meyer

45

Química

Tabla Periódica Actual

1	IA	H	IIA																VIIA	He	
2		Li	Be																		
3		Na	Mg																		
4		K	Ca	IIIB	IVB	VB	VIB	VIIIB	IB	IIB	IIIA	IVA	VA	VIA	VIIA						
5		Rb	Sr	?	Ti	V	Cr	Mn	Fe	Co	Ni	Cu	Zn	?	?	As	Se	Br	Kr		
6		Cs	Ba	Lu	Hf	Ta	W	Re	Os	Ir	Pt	Au	Hg	Tl	Pb	Bi	Po	At	Rn		
7		Fr	Ra	Lr	Rf	Db	Sg	Bh	Hs	Mt	Uun	Uuq	Uub								

*Lanthanide series
La Ce Pr Nd Pm Sm Eu Gd Tb Dy Ho Er Tm Yb

**Actinide series
Ac Th Pa U Np Pu Am Cm Bk Cf Es Fm Md No

En 1871 Mendeleiev se fijó de modo especial en tres huecos y predijo varias propiedades de tales elementos, estimando que la predicción debía hacerse a partir de las propiedades de los elementos situados encima y debajo de los huecos de la tabla. El mundo de la química seguía siendo escéptico, y quizá hubiese continuado siéndolo si sus audaces predicciones no se hubiesen verificado de modo espectacular.

Paul Emile Lecoq de Boisbaudran
(1838-1912, francés)
Descubre el **Gaio** en 1875.



Lars Fredrick Nilson
(1840-1999, sueco)
Descubre el **Escandio** en 1879.



Clemens Alexander Winkler
(1838-1904, alemán)
Descubre el **Germanio** en 1866.



Después de esto nadie volvió a dudar de la validez de la tabla Periódica.

46