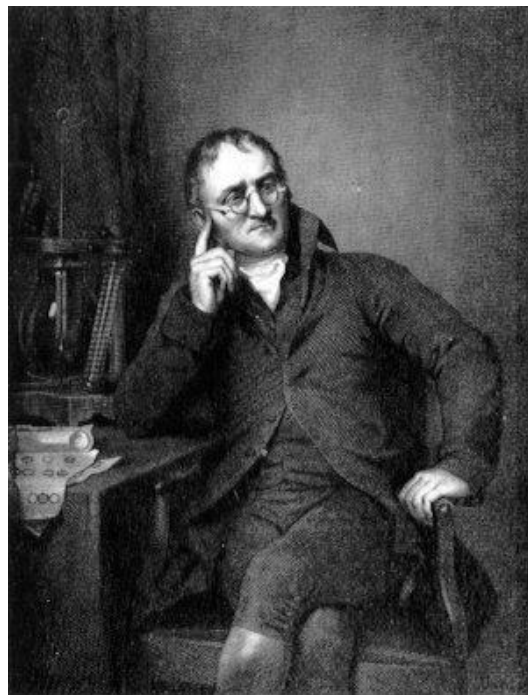


TEORÍA ATÓMICA DE DALTON, LEY DE DALTON DE LAS PRESIONES PARCIALES, LEY DE DALTON DE LAS PROPORCIONES MÚLTIPLES, DALTON, DALTÓNIDOS, DALTONISMO

John Dalton (1766 - 1844)



John Dalton

Datos biográficos

John Dalton nació en Eaglesfield (Inglaterra) el 6 de septiembre de 1766, en el seno de una humilde familia cuáquera¹. Su padre era tejedor y su madre una campesina.

John recibió su educación primaria de la mano de su propio padre y de John Fletcher, el maestro de la escuela cuáquera de Eaglesfield. También Elihu Robinson, un adinerado cuáquero, apasionado de la meteorología y que se fabricaba sus propios instrumentos, se convirtió en el mentor de Dalton y fue una rica fuente de estimulación mental para el muchacho en matemáticas y ciencia, especialmente en meteorología. La jubilación de Fletcher en 1778, cuando Dalton contaba con tan solo 12 años, convirtió a este último en un prematuro maestro de escuela. Aunque sus mentores le habían proporcionado una sólida base de conocimientos y una gran pasión por la búsqueda del saber, transcurridos dos años lo precario del salario le obligó a abandonar el puesto y regresar al trabajo en el campo. Unos años después, en 1781, Dalton marchó a Kendal junto con su hermano Jonathan donde trabajaron durante 12 años como maestros ayudantes en la escuela de su primo George Bewley. Aunque hacia 1790 parece que barajó la posibilidad de dedicarse al estudio de leyes o medicina,

no fue apoyado por su familia y finalmente, se marchó a Manchester donde fue contratado como profesor de matemáticas y filosofía natural (ciencias naturales) en el New College, un centro creado por los presbiterianos para dar educación primaria a futuros alumnos de Oxford y Cambridge. Allí pasó el resto de su vida ejerciendo como profesor y más tarde también como tutor privado, enseñando matemáticas y física para sufragar sus experimentos.

Dalton poseía una gran iniciativa y tenacidad y a pesar de ser “un experimentador algo tosco” (como le llamo Davy) poseía sin embargo una visión preclara para la elaboración de modelos teóricos que permitiesen explicar los hechos experimentales. Resulta difícil de creer que a pesar de disponer de materiales de laboratorio caseros y más bien rudos, que proporcionaban datos no demasiado precisos, mediante sus experimentos y observaciones Dalton obtenía la suficiente información para poder vislumbrar las pistas que le conducían hacia las respuestas correctas, lo cual sólo puede interpretarse desde una mente visionaria y una intuición prodigiosa.

Durante su estancia en Kendal, Dalton encontró un nuevo amigo y mentor en la persona de John Gough, el hijo ciego de un rico hombre de negocios que le enseñó idiomas, matemáticas, óptica y compartió con él su nutrida y extensa biblioteca. Gough fue el que le estimuló sugiriéndole que mantuviese un cuaderno diario de anotaciones sobre sus observaciones meteorológicas. De este modo, en 1787 Dalton comenzó una serie de estudios meteorológicos que continuó durante 57 años, acumulando un total de 200.000 observaciones y medidas. La pasión de Dalton por la meteorología le llevó a estudiar un gran número de fenómenos y a desarrollar y perfeccionar la instrumentación necesaria para realizar sus mediciones diarias de temperatura, presión atmosférica y pluviometría, siendo el primero en demostrar que la lluvia se produce por un descenso de temperatura y no por un cambio de la presión atmosférica.

Ley de Dalton de las presiones parciales

A partir de estos estudios Dalton publicó en 1793 su primera obra, “Observaciones y ensayos meteorológicos”. A este libro, a pesar de su originalidad y de que contenía el embrión de sus posteriores descubrimientos, se le prestó poca atención dada la procedencia de Dalton, ajena al *establishment* científico de la época. En esta obra, Dalton presentaba un estudio experimental de las propiedades físicas del aire atmosférico y entre sus conclusiones afirmaba que el agua que se evapora existía en el aire como un gas independiente y que esto se podía explicar si tanto el aire como

el agua estuviesen constituidas por partículas discretas, entendiendo la evaporación como un proceso de mezcla de ambos tipos de partículas.



Dalton recogiendo metano para sus investigaciones sobre los gases. (Pintado entre 1878 y 1893 por Ford Brown)

En el curso de esta investigación, realizó una serie de experimentos con mezclas de gases para determinar cómo afectaban las propiedades de los gases individuales a las propiedades del conjunto y descubrió la ley que se conoce como **ley de Dalton de las presiones parciales**, según la cual cada componente de una mezcla de gases ejerce la misma presión que si fuera el único que ocupara todo el volumen de la mezcla a igualdad de temperatura, de modo que la presión total de la mezcla es igual a la suma de las presiones de cada gas por separado si ocupara todo el volumen de la mezcla y estuviese a la misma temperatura.

En 1788, estimulado por la observación de una aurora boreal, se interesó por el fenómeno y comenzó una serie de observaciones que le llevó a intuir una relación entre el fenómeno de las auroras y el magnetismo terrestre (aunque el mecanismo que conjeturó no estaba acertado), demostrando una vez más una visión preclara y un pensamiento independiente.

La pasión de Dalton por el conocimiento y la explicación de los fenómenos naturales también le llevaron a trabajar en otros terrenos científicos tan diversos como la preparación de herbarios e insectarios.

Daltonismo

En 1794 fue elegido miembro de la Sociedad Literaria y Filosófica de Manchester y tras unas pocas semanas presentó un estudio titulado “Hechos extraordinarios relativos a la visión de los colores”, que es la primera constatación científica acerca de la enfermedad conocida como **daltonismo** o ceguera a los colores y que padecían tanto el propio Dalton como su hermano. Especuló con la posibilidad de que este defecto fuese causado por una coloración anormal del medio líquido presente en el globo ocular, lo que conjeturó como “coloración azulada del humor acuoso”. Cuando Dalton murió y por mandato expreso, sus ojos fueron examinados en un intento de confirmar su teoría. El examen posmortem mostró un color del humor acuoso totalmente normal. Sin embargo, se preservó un ojo en la Royal Society y en 1990 se le practicó un análisis del

DNA, confirmando que no podía fabricar el pigmento que da al ojo humano la sensibilidad hacia el color verde.

Teoría atómica de Dalton. Daltónidos

Y volvemos a la química. El interés que Dalton sentía por las propiedades y la estructura física de los gases, unido a su capacidad para la elaboración de modelos teóricos, le llevó a realizar la más importante de sus contribuciones a la ciencia, su Teoría Atómica. Para explicar la homogeneidad y el comportamiento de las mezclas gaseosas que estudiaba y coincidiendo con las especulaciones de Boyle y Newton en que los gases deben estar constituidos por partículas, Dalton elaboró la **teoría atómica** que lleva su nombre, piedra angular de la Química Moderna.

Para poder calibrar la importancia de la teoría atómica de Dalton, debemos recordar que cuatro siglos a. de C., Demócrito y Leucipo habían introducido el concepto filosófico de átomo para expresar su creencia acerca de la discontinuidad de la materia. Afirmaban que la materia se podía dividir indefinidamente en partículas cada vez más pequeñas hasta obtener unas diminutas e indivisibles, a las que Demócrito llamó átomos. Tras más de dos mil años de creencias y conjeturas, con escasa o nula base experimental, no fue hasta el s. XVIII, después de que se produjo el descubrimiento y estudio de los diferentes gases (que constituyen la forma más sencilla de la materia), cuando los estudios empíricos desarrollados permitieron poner de manifiesto una serie de hechos experimentales que siempre se obtenían mediante manipulaciones reproducibles y mediciones precisas, al estudiar las sustancias puras, independientemente de su origen.

Los hechos experimentales condujeron a la formulación de leyes conocidas como “leyes ponderales”, todas ellas enunciadas gracias al empleo sistemático y riguroso de balanzas y otros instrumentos de gran precisión para la época. Haremos un breve repaso:

Ley de la conservación de la masa (LCM). 1773. Antoine Laurent Lavoisier.

“Cuando ocurre una reacción química, la masa de los cuerpos reaccionantes es igual a la masa de los productos de reacción”

Cuando se pesaban los reactivos, siempre se cumplía que tenían la misma masa que los productos de reacción.

Ley de las proporciones constantes (o definidas) (LPC). 1788. Joseph Louis Proust.

“Cuando dos elementos se combinan para originar un determinado compuesto, siempre lo hacen en la misma proporción en peso, independientemente del origen de dicho compuesto”

Por ejemplo, dada una determinada cantidad de agua, si se descompone y se pesan los elementos que la constituyen (hidrógeno y oxígeno) siempre se encuentra que:

$$M_{\text{Oxígeno}}/M_{\text{Hidrógeno}} = 8$$

Esta ley no fue fácilmente aceptada al ser combatida por Berthollet, un famoso químico francés colaborador de Lavoisier, el cual decía haber encontrado compuestos que no la cumplían. Después de numerosos experimentos, se puso de manifiesto que la ley de Proust era cierta pero que había compuestos sólidos excepcionales que no se ajustaban a la misma. A estos compuestos se les denomina berthollidos en honor al químico francés. Los compuestos de composición fija (la mayoría, que cumplen la Ley de Proust) reciben el nombre de **Daltónidos** en honor a Dalton.

Ley de Dalton de las proporciones múltiples

Ley de las proporciones múltiples (LPM). 1803. John Dalton.

“Cuando dos elementos se combinan para originar diferentes compuestos, dada una cantidad fija de uno de ellos, las diferentes cantidades del otro que se combinan con dicha cantidad fija para dar como producto los compuestos, están en relación de números enteros”

Por ejemplo, sean tres gases diferentes compuestos por nitrógeno y oxígeno, tras analizarlos se obtienen los siguientes resultados:

Gas	Nitrógeno	Oxígeno
A	28 g	16 g
B	14 g	16 g
C	14 g	32 g

Deducción: si el nitrógeno fuera siempre 14 g el oxígeno sería 8:16:32, es decir 1:2:4, ¡relación de números enteros! Era sorprendente; no se podía explicar por qué.

Ley de las proporciones recíprocas (LPR). 1792. Jeremiah Richter

“Cuando dos elementos se combinan independientemente con un tercero para originar sendos compuestos, la razón en peso de estos dos elementos frente al mismo peso del tercero, está a su vez relacionada por números enteros, con la razón en peso de estos elementos cuando se combinan entre sí”.

Ejemplo: Hechos experimentales,

- El agua es un compuesto de hidrógeno y oxígeno, en una relación en peso de $M_{\text{O}}/M_{\text{H}}=8.000$.
- El amoníaco es un compuesto de nitrógeno y oxígeno en una relación en peso de $M_{\text{N}}/M_{\text{H}}=4.670$.

- El gas B es un compuesto de oxígeno y nitrógeno en una relación en peso de $M_{\text{O}}/M_{\text{N}}=1.143$.

Según la LPR:

$$8,000/4,760 = 1,714$$

$$1,714/1,143 = 3/2$$

¡Relación de números enteros! ¿Por qué?

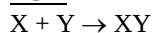
Dalton, que en principio trabajó experimentalmente con gases, trasladó el concepto de las partículas a todos los estados de la materia y mediante su teoría atómica explicó las leyes ponderales de la materia. Básicamente, la **Teoría Atómica de Dalton** puede resumirse en los siguientes postulados:

1. Los elementos están constituidos por átomos, que son las partículas básicas de la materia; son indivisibles y no pueden ser creados ni destruidos.
2. Los átomos de un mismo elemento son idénticos, con el mismo peso y las mismas propiedades químicas.
3. Los átomos de elementos distintos se combinan entre sí en relaciones enteras para formar compuestos.
4. Los átomos de los elementos pueden combinarse en más de una proporción entera para formar más de un compuesto.

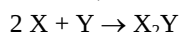
Veamos cómo explica la teoría de las leyes ponderales:

Supongamos que los siguientes elementos: X (con masa M_X , constante), Y (con masa M_Y , constante), se combinan para originar los siguientes compuestos: A(XY) y B(X_2Y).

LCM



$$M_{XY} = M_X + M_Y$$



$$M_{X_2Y} = 2 M_X + M_Y$$

LPC

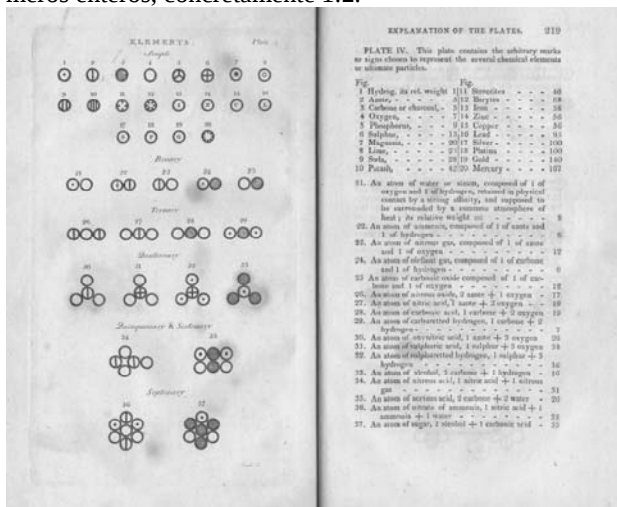
Supongamos una determinada cantidad de compuesto A, con masa M_A , constituida por 5 partículas del mismo: (XY, XY, XY, XY, XY). En esta cantidad es evidente que la masa total de X será $M_A(X) = 5 M_X$ y que la masa total de Y será $M_A(Y) = 5 M_Y$. Por tanto, la relación $M_A(X)/M_A(Y) = 5 M_X/5 M_Y$, es decir, $M_X/M_Y = \text{cte}$.

LPR

Supongamos una determinada cantidad de compuesto B, con masa M_B , constituida por 5 partículas del mismo: (X_2Y , X_2Y , X_2Y , X_2Y , X_2Y). En esta cantidad es evidente que $M_B(X) = 10 M_X$ y que $M_B(Y) = 5 M_Y$. Por tanto, $M_B(X)/M_B(Y) = 10 M_X/5 M_Y$, es decir, $2 \times M_X/M_Y = \text{cte}$, con lo que obviamente también cumple con la LPC.

Por otra parte, dada una cantidad fija del elemento Y, $5M_Y$, las cantidades de X que se combinan con esta canti-

dad, $5 M_x$ (en A) y $10 M_x$ (en B), están en relación de números enteros, concretamente 1:2.



Teoría atómica: Átomos dibujados por Dalton.
A New System of Chemical Philosophy. Part I. Publicado en Manchester en 1808

Dalton (Unidad de masa atómica)

Dalton publicó su teoría por primera vez en 1803 y entre 1808 y 1810 se publicó su principal obra titulada "Nuevo sistema de filosofía química" en la que presentaba su propuesta con todo lujo de detalles experimentales. Aunque los alquimistas ya representaban las sustancias conocidas mediante diferentes símbolos, Dalton también empleó símbolos para representar átomos individuales, aunque como puede verse en la imagen, algunas sustancias que él consideró como elementos se demostró más tarde que eran compuestos de otros elementos. Cada uno de los átomos aparecía ordenado en la tabla por su peso, que Dalton había determinado experimentalmente (fue el primero en ordenar los elementos por su peso atómico). Hoy en día se utiliza en su honor la unidad **Dalton** como sinónimo de la **uma** (unidad de masa atómica). Dalton empleó los símbolos de los elementos para expresar lo que ocurría en las reacciones químicas en términos de unión y separación de átomos y aunque algunos de los detalles de la Teoría Atómica de Dalton se sabe hoy en día que son incorrectos, el núcleo de la misma, que entiende las reacciones químicas como la separación y unión de átomos, sigue siendo la base de la Química Moderna.

Dalton fue fundador de la Sociedad Británica para el Avance de la Ciencia y miembro de la Real Academia Francesa de las Ciencias. También fue hecho miembro (sin saberlo) de la Royal Society, de la cual recibió la medalla de oro en 1826. Como cuáquero, Dalton no admitía ninguna forma de gloria. Se negó a entrar en la Royal Society (a pesar de ser apoyado por Davy en 1810) y no fue hecho

miembro hasta 1822, sin su conocimiento previo. Cuanto más se aceptaba su teoría, más honores le querían rendir sociedades científicas de toda Europa. En 1832, recibió un doctorado de la Universidad de Oxford y aunque tenía la oportunidad de conocer al rey Guillermo IV se negó a asistir vestido de cortesano (por sus principios cuáqueros). Para resolver el problema se le propuso que vistiese el uniforme de Oxford, pero éste era escarlata (color prohibido entre los cuáqueros). Sin embargo, como era **daltónico** y no podía apreciar el color, finalmente lo vistió y fue presentado al rey creyendo que iba de color gris. Murió en Manchester a la edad de 78 años.

A pesar del prestigio, la fama y los honores, Dalton vivió siempre de un modo sencillo y austero, manteniendo una apariencia y hábitos de vida coherentes con su fe cuáquera. Casi un recluso por voluntad propia, soltero y con muy pocos amigos, dedicó intensamente su vida a la búsqueda de respuestas para los problemas científicos y nos proporcionó la piedra angular sobre la que en los últimos doscientos años hemos construido el fabuloso edificio de la Química Moderna. A su funeral se congregaron en Manchester más de 40.000 personas.

La vida de Dalton, demuestra una vez más, que a pesar de las circunstancias biográficas desfavorables, el tesón y esfuerzo personal, bien atizados por mentores estimulantes, pueden extraer de las personas las esencias más sublimes.

Bibliografía

Cuáqueros

<http://www.eumed.net/amigos/palabra.htm>

Fecha del enlace: 5 de mayo de 2005

Daltonismo

http://www.webpersonal.net/unsitiomas/test_daltonismo.htm

Fecha del enlace: 5 de mayo de 2005

Moncada, 11 de Mayo de 2005

Luis Lahuerta Zamora

lahuerta@uch.ceu.es

Universidad Cardenal Herrera-CEU

Moncada (Valencia)