ELEONORA AQUILINI *

Il peso atomico da Dalton a Berzelius
un percorso didattico

The atomic weight: from Dalton to Berzelius. A teaching process.

Summary – Dalton's atomic theory is fundamental, becasue weight and measure are connected with the microscopical world for the first time. Since it formulates a concept which is tightly connected with chemistry of his days, Dalton's idea can be regarded as revolutionary. Dalton's theory allows the transition from a quantitative macroscopic characteristic, i.e. the weight composition of a substance, to a quantitative microscopic property, i.e. the atomic weight; it os based on a hypothetical deductive reasoning. Being this hypothesis our starting point, we determine the atomic weight of an element through simple logical-mathematical steps. Besides, first we examine the way how Dalton devised the law of the multiple proportions and then Berzelius's contributions to the definition of atomic weight.

Key words: atom, atomic weight, measure, compound, molecule.

Introduzione

Nell'insegnamento scientifico tenere conto della storia dell'evoluzione del pensiero scientifico nelle diverse età scolari, è difficile perché occorre accompagnare gli alunni, *dalle concezioni di senso comune a quelle scientifiche*[1]. Il problema dell'apprendimento delle scienze, è proprio l'accesso ai significati dei concetti disciplinari che hanno bisogno di un'organizzazione adatta che tenga conto anche delle concezioni di senso comune. È molto diffusa l'opinione che consiste nel ritenere che si può insegnare tutto a tutti, basta trovare il modo giusto. Però si ignora, ragionando in questo modo, la necessaria interazione fra esperienza concreta e astrazione, cioè fra concetti spontanei e concetti scientifici. Se non c'è questa interazione, le parole sono sganciate dai fatti, non costituiscono il significato stesso dei fenomeni, ma rap-

* ITIS G. Marconi. Via Milano, 1 - 56025 Pontedera (PI). E-mail: ele.aquilini@tin.it

[1] L.S. Vygotskij, *Pensiero e linguaggio*, Laterza, Bari 1990.

presentano un «verbalismo», che si traduce in un vuoto conoscitivo. La chimica stessa è mediamente recepita a livello di scuola media superiore, come una serie di nomi di composti, di cui spesso si ignora tutto dal punto di vista del comportamento chimico; ogni parola è scollegata dal suo significato reale e imparare la nomenclatura è una specie di gioco in cui contano regole verbali «grammaticali»[2].

I libri di testo sono assolutamente impermeabili a sviluppare percorsi sensati che colleghino il linguaggio scientifico alla formazione dei concetti. Gli insegnanti non sono spesso coscienti di questi aspetti, e la formazione universitaria ricevuta non fornisce certo un aiuto in questo senso. La conoscenza della propria disciplina e l'esperienza scolastica (due aspetti certamente importanti), non sono sufficienti a produrre formazione per tutti gli studenti, senza un'approfondita riflessione sul ruolo della didattica nell'incontro degli studenti con le discipline. Questo incontro dovrebbe seguire modalità in cui gli aspetti *logici* (la logica della disciplina) e quelli *psicologici* (l'età cognitiva degli alunni) siano adeguatamente coniugati. In questo modo la disciplina potrebbe crescere insieme all'alunno e il passaggio dai concetti di senso comune a quelli scientifici, essere graduale. Dal punto di vista dell'alunno questo comporta il passaggio da una realtà *percepita* come dominio dell'«imprecisione», del «pressappoco», ad una realtà *pensata* secondo regole «precise» e «astratte». Si tratta allora di attraversare con gli alunni il mondo del pressappoco, che, idealmente, è simile a quel mondo (terrestre) che *conta* ma non *misura,* che caratterizzava la Grecia antica secondo Koyré, per giungere *all'universo della precisione* dominato dalle leggi scientifiche. È significativa, a questo proposito, la riflessione di Koyré: «È curioso: duemila anni prima Pitagora aveva proclamato che il numero è l'essenza stessa delle cose, e la Bibbia aveva insegnato che Dio aveva fondato il mondo sopra <il numero, il peso, la misura>. Tutti l'hanno ripetuto, nessuno l'ha creduto. Per lo meno nessuno fino a Galileo l'ha preso sul serio. Nessuno ha mai pensato di determinare questi numeri, questi pesi, queste misure… O più esattamente , nessuno ha mai cercato di superare l'uso pratico del numero, del peso, della misura nell'imprecisione della vita quotidiana»[3].

Il percorso che riguarda la teoria atomistica di Dalton è fondamentale perché il peso e la misura riguardano per la prima volta il mondo microscopico. Si pesano le sostanze per «misurare» gli atomi costituenti. L'importanza rivoluzionaria presente nella concezione di Dalton consiste nella formulazione di un concetto strettamente connesso alla scienza chimica a lui contemporanea. «Tutte le tremende difficoltà che Lavoisier dovette superare nella teoria della combustione e della reazione, nella tecnica quantitativa, nella razionalizzazione del linguaggio-tutto ciò fu dato per acquisito da Dalton, insieme con le informazioni di chimica che lo accompagnavano… In Dalton diviene per la prima volta ovvia la ragione per cui è meglio pensare ad un

[2] La parte che precede è tratta da E. Aquilini, Parlo dunque sono, ECO settembre 2001, n. 7.

[3] A. Koyré, *Dal mondo del pressappoco all'universo della precisione*, Venezia, Einaudi, 1999, pp. 97-98.

fluire di particelle, che non ad un fluire di fluidi. Le particelle possono essere contate»[4]. Il fondamento della nuova teoria è costituito dall'ipotesi di una relazione precisa tra la composizione costante dei composti (Proust) ed il valore del peso atomico. La teoria di Dalton, che permette di passare da una caratteristica macroscopica quantitativa, la composizione in peso di una sostanza, ad una proprietà microscopica quantitativa, il peso atomico, si basa su un ragionamento ipotetico-deduttivo. Partendo da ipotesi, per mezzo di semplici passaggi logico-matematici, si arriva si determina il peso atomico di un elemento. In questo percorso si esamina come Dalton ha ricavato il peso atomico degli elementi, la legge delle proporzioni multiple e i contributi successivi di Berzelius alla definizione di peso atomico[5].

Occorre sottolineare che i ragionamenti di Dalton si basano, per quanto riguarda il rapporto di combinazione fra gli elementi, sul princìpio della massima semplicità. Senza questo criterio, la concezione atomistica di Dalton sarebbe rimasta inoperante; le prime ipotesi di pesi atomici non avrebbero potuto essere formulate. Dalton ipotizzò che la molecola d'acqua di cui si conosceva la composizione percentuale fosse la più semplice possibile, cioè che fosse costituita da un atomo di ossigeno e da un atomo di idrogeno. Negli anni immediatamente successivi sia Avogadro che Berzelius, sulla base del rapporto di combinazione in volume fra idrogeno ed ossigeno, assegnarono all'acqua la formula H_2O. Questo permise di stabilire nuovi rapporti in peso. Berzelius decise di prendere come riferimento dei pesi atomici l'ossigeno al posto dell'idrogeno e sulla base della legge dei calori specifici[6] e dell'isomorfismo furono introdotti cambiamenti nei pesi atomici e nelle formule.

Si riporta in dettaglio la parte del percorso didattico che riguarda la *Teoria atomistica di Dalton e il peso atomico.*

Materiali e metodi

1. *La teoria atomistica di Dalton*

La concezione atomistica, che avrebbe nell'arco di 50 anni impresso un'accelerazione imprevedibile alla teoria chimica, venne per la prima volta fatta conoscere da Dalton nel 1808 in poche pagine, collocate quasi a mo' di appendice, alla fine del suo libro: «A new system of chemical philosophy»[7]:

[4] C.C. Gillespie, *Il criterio dell'oggettività*, Bologna, Il Mulino, 1981, p. 250.

[5] C. Fiorentini, E. Aquilini, D. Colombi, A. Testoni, *Leggere il mondo oltre le apparenze*, Roma, Armando, 2007, pp. 250-280 e pp. 305-327.

[6] A.T. Petit, P.L. Dulong, *Recherches sur quelques points importants de la théorie de la chaleur*, Annales de Chemie et de Physique, 1819, pp. 395-416.

[7] Una prima divulgazione della concezione daltoniana era avvenuta l'anno precedente: il chimico inglese Thomson, avendone ricevuto informazione direttamente da Dalton, le aveva dedicato alcune pagine nella terza edizione del suo fondamentale libro di chimica.

«*Quando cerchiamo di concepire il numero di particelle nell'atmosfera è come tentare di concepire il numero di stelle nell'universo; ma se si limita la materia, prendendo un dato volume di un qualsiasi gas, ci persuadiamo che, pur essendo la divisione così minuta, il numero delle particelle deve essere finito; proprio come in un dato spazio di universo, il numero delle stelle e pianeti non può essere infinito (qui viene ribadito il concetto fondamentale dell'atomismo democriteo, cioè quello della finitezza del numero di particelle di un qualsiasi corpo).*

L'analisi chimica e la sintesi non vanno oltre alla separazione delle particelle, l'una dall'altra, ed alla loro riunione. Nessuna nuova creazione o distruzione di materia è nelle possibilità dell'azione chimica. Potremmo tentare di creare o distruggere una particella di idrogeno, allo stesso modo che potremmo cercare di introdurre un nuovo pianeta nel sistema solare, o distruggerne uno già esistente. Tutti i cambiamenti che possiamo produrre, consistono nel separare le particelle che sono in uno stato di coesione o combinazione, e nel riunire quelle che erano precedentemente distanti.

In tutte le ricerche chimiche, è stato considerato un importante obiettivo accertare i pesi relativi degli elementi che costituiscono un composto. Ma sfortunatamente la ricerca è terminata qui; mentre dai pesi relativi nella massa, i pesi relativi delle ultime particelle o atomi delle sostanze possono essere ricavati …

Ora è uno dei grandi obiettivi di questo libro mostrare l'importanza e il vantaggio di accertare i pesi relativi delle ultime particelle sia dei corpi semplici che composti, il numero di particelle elementari che formano una particella composta…

Dall'applicazione di queste regole ai fatti chimici già ben accertati, si possono dedurre le seguenti conclusioni: 1) che l'acqua è un composto binario di idrogeno ed ossigeno e che i pesi relativi dei due atomi elementari stanno come 1 a 7; 2) che l'ammoniaca è un composto binario di idrogeno e azoto, e che i pesi relativi dei due atomi stanno come 1 a 5; 3) che il gas nitroso è un composto binario di azoto ed ossigeno, gli atomi dei quali pesano 5 e 7 rispettivamente… In tutti questi casi i pesi sono espressi in atomi di idrogeno, ciascuno dei quali è indicato come unità»[8].

Innanzi tutto bisogna considerare che Dalton attribuiva agli <u>*elementi chimici individuati da Lavoisier una*</u> <u>*importanza fondamentale*</u>. <u>*Dalton riteneva che gli elementi lavoisieriani fossero veramente sostanze non più decomponibili*</u> perché pensava che:

1) ciascun elemento fosse costituito da atomi tutti uguali.

Lavoisier non tentò mai di approfondire il concetto di «elemento chimico» dal punto di vista della teoria atomica. Su questo argomento egli scrisse che: «se col termine elemento vogliamo significare quegli atomi semplici e indivisibili di cui sono formate le sostanze, la loro esistenza è assai probabile, ma di loro nulla sappiamo».

Inoltre Dalton riteneva che:

2) l'analisi chimica (composto → elementi) è soltanto in grado di separare gli atomi costituenti le molecole delle sostanze composte, ma non effettuare nessuna modificazione negli elementi;

[8] J. Dalton, A new system of chemical phylosophy, part. 1 Manchester, 1808, pp. 211-216.

3) la sintesi chimica (elementi → composto) non consiste che nella unione di atomi;
4) gli atomi degli elementi sono immodificabili e quindi le reazioni chimiche, durante le quali si ha la creazione di nuove sostanze, non consistono nella creazione di nuova materia; durante le reazioni chimiche non si ha altro che la separazione o la riunione di atomi preesistenti;
5) ogni atomo ha una sua massa (peso) ed è possibile ricavare la massa relativa (peso atomico) degli atomi a partire dal dato macroscopico della composizione elementare.

Il significato rivoluzionario della teoria atomistica di Dalton consisté nella formulazione di un concetto di atomo strettamente connesso alla scienza chimica a lui contemporanea[9]. Il collegamento con la scienza si realizzò con uno degli aspetti costitutivi della chimica di Lavoisier, la composizione delle sostanze composte: infatti

il fondamento della nuova teoria è costituito dall'ipotesi di una relazione precisa tra la composizione costante dei composti (Proust) ed il valore del peso atomico degli elementi costituenti.

Gli atomi di cui parla Dalton non sono più entità indefinibili, ma *sono contraddistinti dalla proprietà fondamentale del peso atomico.*

2. *Il peso atomico, concetto costitutivo dell'atomismo daltoniano*

Abbiamo detto che *il passaggio dalla composizione elementare delle sostanze composte al peso atomico degli elementi componenti costituisce il fondamento della nuove teoria*, ma non si è ancora analizzato come viene realizzato questo passaggio. Ci proponiamo di illustrare il ragionamento di Dalton con un esempio di particolare rilevanza, la determinazione del peso atomico dei costituenti dell'acqua, la cui composizione (costante) in peso era rappresentata dai valori 87.4 per l'ossigeno e 12.6 per l'idrogeno, stabilita alcuni anni prima da Gay Lussac ed Humboldt. Tale ragionamento può essere schematizzato in 5 punti:

1. il punto di partenza consiste nell'ipotizzare che una data quantità di acqua sia costituita da un numero finito, seppur grande, di particelle piccolissime (molecole);

2. la seconda ipotesi consiste nel supporre che le molecole di acqua siano tutte uguali. Questa ipotesi è una conseguenza del fatto che l'acqua risulta avere una

[9] Molti storici della chimica hanno discusso sull'origine della teoria daltoniana. Pur non volendo approfondire questa interessante problematica, vogliamo sottolineare due aspetti su cui concordano la maggior parte degli storici: 1) l'origine della teoria va rintracciata nelle ricerche fisiche di Dalton sui gas; 2) la relazione esistente tra la teoria daltoniana e le leggi delle proporzioni chimiche costituisce la conferma della sua fondatezza e fecondità, ma contrariamente all'opinione più diffusa nei manuali di chimica, la teoria daltoniana non è una conseguenza di tipo induttivo delle leggi delle proporzioni.

composizione costante; questa seconda ipotesi, che Dalton applica a tutte le sostanze composte, è strettamente connessa alla legge di Proust;

3. consideriamo una quantità finita di acqua, per esempio 100g:

$$\text{acqua (100g)} \rightarrow \text{ossigeno (87.4g)} + \text{idrogeno (12.6g)}$$

Indichiamo con p le molecole corrispondenti a 100g di acqua ed effettuiamo i seguenti rapporti:

$$100\ g/p \rightarrow 87.4\ g/p + 12.6\ g/p$$

Qual è il significato di questi rapporti? Mentre il primo rapporto corrisponde al *peso di una molecola di acqua*, gli altri due indicano soltanto il *peso rispettivamente dell'ossigeno e dell'idrogeno contenuti in una molecola di acqua*. Se p non è noto non è possibile ricavare questi valori (e questa situazione caratterizzò la chimica ottocentesca durante tutta la rigogliosa fase di costruzione dei principi fondamentali della chimica classica), ma è possibile comunque ricavare informazioni di grandissima importanza; si può innanzi tutto determinare, con una semplice operazione il rapporto in peso tra l'ossigeno e l'idrogeno contenuti in una molecola d'acqua.

$$\frac{87.4\ g/p}{12.6\ g/p} = \frac{87.}{12.6} = \frac{\text{peso ossigeno contenuto in una molecola d'acqua}}{\text{peso idrogeno contenuto in una molecola d'acqua}}$$

Siamo già arrivati ad una prima affermazione di grande rilevanza: *la composizione macroscopica dell'acqua (e più in generale di tutte le sostanze composte) coincide con la composizione molecolare*. Vi è però una differenza sostanziale: mentre a livello macroscopico i due numeri che indicano la composizione hanno delle ben definite dimensioni, a livello molecolare, non conoscendo p, è soltanto un *rapporto fra numeri*.

4. Il passaggio successivo consiste nell'attribuzione all'acqua di una determinata formula. Dalton, in base al principio della massima semplicità[10], ipotizzò che la molecola d'acqua fosse costituita da un atomo di ossigeno ed uno di idrogeno.

5. Al punto 3 avevamo ricavato che:

$$\frac{87.4}{12.6} = 6.93 = \frac{\text{peso ossigeno in una molecola d'acqua}}{\text{peso idrogeno in una molecola d'acqua}}$$

Con l'ipotesi formulata al punto 4 si può effettuare questo passaggio:

$$6.93 = \frac{\text{peso dell'atomo di ossigeno}}{\text{peso dell'atomo di idrogeno}}$$

[10] Secondo questo principio la molecola di una qualsiasi sostanza dovrebbe essere costituita dai numeri più semplici possibili di atomi degli elementi costituenti.

approssimando 6.93 a 7 si ottiene:

peso dell'atomo di ossigeno = 7 x peso dell'atomo di idrogeno

È proprio l'atomo di idrogeno (il più leggero) che viene preso da Dalton come riferimento dei pesi atomici;

il peso atomico dell'idrogeno viene assunto per convenzione 1

quindi il peso atomico dell'ossigeno risulta essere 7.

Il peso atomico di un elemento è quindi un numero relativo che indica quanto pesa l'atomo dell'elemento in relazione all'atomo di idrogeno considerato come unità.

3. *La determinazione del peso atomico di altri elementi*

Dalton, sulla base del ragionamento precedente, assegnò il peso atomico a molti altri elementi e pubblicò la prima tavola dei pesi atomici. Molte voci di questa tavola si rivelarono in seguito completamente sbagliate anche se la tavola stessa rappresenta forse il più importante apporto scientifico di Dalton alla chimica. I motivi della non adeguatezza dei pesi atomici di Dalton erano fondamentalmente tre: 1) l'imprecisione delle composizioni, allora disponibili, delle sostanze impiegate per calcolare i pesi atomici; 2) l'imprecisione del peso atomico attribuito all'ossigeno; 3) l'ostinazione di Dalton nel ritenere che, in generale, le molecole fossero formate dall'accoppiamento di un solo atomo di un elemento con un solo atomo di un altro elemento.

Prendendo come esempio il peso atomico dell'ossigeno, abbiamo nel paragrafo precedente visto il valore che gli attribuì Dalton nel 1808. Nel 1819 Dulong e Berzelius determinarono la composizione dell'acqua in modo molto più preciso, ricavarono infatti i valori 11,1% di idrogeno e 88,9% di ossigeno. Ed il peso atomico dell'ossigeno che si ricava da questi valori ed assegnando all'acqua la formula H_20 è 16.01, molto simile a quello attuale.

Il ragionamento è ovviamente quello del paragrafo precedente, cambia soltanto la composizione dell'acqua e nell'ultimo passaggio il numero di atomi di idrogeno:

$$8{,}005 = \frac{\text{peso dell'atomo di ossigeno}}{2 \cdot \text{peso dell'atomo di idrogeno}}$$

Peso dell'atomo di ossigeno = 16,01 x peso dell'atomo di idrogeno = 16,01

4. *La legge delle proporzioni multiple*

Nel caso *di più sostanze costituite dagli stessi elementi* era necessaria un'aggiunta al ragionamento in riferimento all'assegnazione delle formule; in questi casi infatti il principio della massima semplicità non era sufficiente. Prendiamo in considerazione l'esempio di ossido di carbonio ed anidride carbonica (chiamata da

Dalton acido carbonico). Le composizioni percentuali dei due composti, di cui Dalton dispone sono:

	carbonio	ossigeno
anidride carbonica	28%	72%
ossido di carbonio	44%	56%

Dalton afferma che, *a parità di carbonio*, l'ossigeno dell'anidride carbonica è il doppio (circa) dell'ossigeno dell'ossido di carbonio. Per constatare la correttezza di questa affermazione è sufficiente esprimere la composizione di una delle due sostanze, in modo tale che la quantità di carbonio sia la stessa dell'altra.

Esprimiamo ad esempio la composizione dell'anidride carbonica affinché la quantità di carbonio risulti 44; è quindi necessario, per non variare la composizione dell'anidride carbonica, modificare proporzionalmente il valore dell'ossigeno:

$$g\ 72_{\text{ossigeno}} : g\ 28_{\text{carbonio}} = g\ X_{\text{ossigeno}} : g\ 44_{\text{carbonio}}$$

da cui: X = g 113,14

La composizione dell'anidride carbonica non è cambiata, ciò che è cambiato è soltanto la coppia di numeri che la esprimono. Possiamo ora confrontare questi valori con quelli precedenti e constatare immediatamente l'affermazione di Dalton:

Tabella n. 1

	Carbone g	Ossigeno g
Anidride Carbonica	*44* x **1**	56 x **2** ≈ 113,14
Ossido di carbonio	*44*	56

Confrontando le due composizioni si osserva che la composizione dell'anidride carbonica è rappresentata da multipli interi della composizione dell'ossido di carbonio (cioè le quantità di carbonio e ossigeno dell'anidride carbonica sono dei multipli interi della quantità di carbonio e ossigeno dell'ossido di carbonio), per cui, stando a questi dati, le formule ipotizzabili sono: CO_2 per l'anidride carbonica e CO per l'ossido di carbonio.

Dalton analizzando anche altri composti costituiti dagli stessi elementi, giunse a formulare una legge, nota appunto come *legge di Dalton o delle proporzioni multiple*, la quale asserisce l'esistenza di una relazione matematica tra la composizione dei diversi composti costituiti dagli stessi elementi. Tale legge può essere enunciata nel seguente modo:

le quantità di un elemento che si combinano con una quantità fissa dell'altro stanno fra di loro in rapporti espressi da numeri interi piccoli (1:2; 2:3; 2:5; 3:5; …).

La conferma della legge delle proporzioni multiple *diventa fondamentale*, in quanto questa *avvalora l'ipotesi di Dalton secondo cui gli atomi entrano sempre interi in qualsiasi reazione chimica*.

5. *La formula molecolare*

I due composti costituiti dagli stessi elementi dovevano evidentemente avere formule diverse: ricordando che la composizione macroscopica di una sostanza coincide con la composizione elementare molecolare possiamo considerare i valori riportati in tabella n.1 anche come indicativi della composizione elementare molecolare. Se *si suppone che l'ossido di carbonio sia binario* (con molecola rappresentata dal simbolo CO), dal confronto delle composizioni molecolari della Tabella n. 1 si può affermare che l'anidride carbonica non possa essere che ternaria (con molecola rappresentata dal simbolo CO_2), poiché una molecola di anidride carbonica contiene, a parità di carbonio, il doppio di ossigeno della molecola di ossido di carbonio. Ma non può essere vero il contrario? Evidentemente si, infatti dal confronto delle composizioni, possiamo soltanto stabilire che se uno dei due composti è binario, l'altro è ternario, ma non possiamo sapere quale dei due è binario e quale è ternario. È sufficiente esprimere la composizione delle due sostanze in modo tale che abbiano la *stessa quantità di ossigeno*. Assegniamo ad esempio anche all'ossigeno dell'ossido di carbonio il valore 72; deve essere conseguentemente modificata proporzionalmente anche la quantità di carbonio:

$$56_{\text{ossigeno}} : 44_{\text{carbone}} = 72_{\text{ossigeno}} : X$$

da cui: $X = 44 \cdot 72 / 56 = 56.57$

Tabella n. 2

	Carbone	Ossigeno
Anidride Carbonica	28	*72*
Ossido di carbonio	56.57 ≈ (28 x **2**)	*72* x **1**

È evidente che sulla base di questi valori sembrerebbe più sensato considerare binaria l'anidride carbonica (CO) e ternario l'ossido di carbonio (C_2O), come fecero molti chimici francesi nella prima metà dell'Ottocento.

Riassumendo:

Tabella n. 1 (Peso *carbonio costante*)

	Carbone	Ossigeno	Formula: ipotesi 1
Anidride Carbonica	***44***	113.14 ≈ 56 x **2**	**CO_2**
Ossido di carbonio	***44***	56	CO

Tabella n. 2 (Peso *ossigeno costante*)

	Carbone	Ossigeno	Formula: ipotesi 2
Anidride Carbonica	28	*72*	**CO**
Ossido di carbonio	56.57 ª 28 x **2**	*72*	C_2O

In base a queste considerazioni, quale ritieni possa essere la formula dell'anidride carbonica? CO o CO_2?

Dalton attribuì all'anidride carbonica la formula ternaria, perché aveva <u>*peso specifico*</u> maggiore dell'ossido di carbonio.

Conseguentemente, il peso atomico del carbone risulta in un caso 5,4 e nell'altro 2,7.

Infatti, nel caso in cui la formula dell'anidride carbonica sia CO_2:

$$\frac{28}{72} = \frac{\text{peso dell'atomo di carbone}}{2 \text{ x peso dell'atomo di ossigeno}}$$

$$\text{peso dell'atomo di carbone} = \frac{28}{72} \text{ x } 7 \text{ x } 2 = 2{,}7 \text{ x } 2 = 5{,}4$$

Nel caso in cui invece la formula dell'anidride carbonica sia CO:

$$\frac{28}{72} = \frac{\text{peso dell'atomo di carbone}}{\text{peso dell'atomo di ossigeno}}$$

$$\text{peso dell'atomo di carbone} = \frac{28}{72} \text{ x } 7 = 2{,}7$$

Dalton, avendo scelto CO_2, approssimò poi il valore del peso atomico del carbone da 5,4 a 5.

Discussione: La teoria atomistica è la teoria fondamentale della chimica

La teoria atomistica, che ha come presupposti fondamentali i principi di Lavoisier e la legge di Proust, è evidentemente una teoria ipotetica-deduttiva; permette di ricavare, dalla composizione macroscopica delle sostanze, la composizione moleco-

lare e il peso relativo degli atomi (quello che chiamiamo comunemente peso atomico). Lo sviluppo grandioso della chimica negli ultimi due secoli è sostanzialmente connesso alla teoria atomistica. Già nei prossimi paragrafi sarà possibile iniziare a cogliere la potenza esplicativa e la fecondità dell'atomismo e quindi la sua utilità.

La teoria atomistica spiega le leggi delle proporzioni chimiche. Perché i composti hanno composizione costante (legge di Proust)? La teoria di Dalton è in grado di rispondere a questa domanda. Se gli atomi esistono e per uno stesso elemento sono tutti uguali (stesso peso atomico), se ogni composto è costituito da un numero grande, ma finito di molecole tutte uguali (ogni molecola di un composto contiene lo stesso numero di atomi) è evidente che la composizione macroscopica di un composto non può che essere costante e non può che coincidere con la composizione molecolare. In sintesi il *rapporto in massa definito e costante degli elementi che costituiscono un composto* è plausibile se esiste un *rapporto atomico definito e costante tra gli atomi di quegli stessi elementi*.

Anche l'esistenza della legge delle proporzioni multiple è una conseguenza diretta dell'esistenza degli atomi; per esempio, se la molecola caratteristica del composto più semplice di carbonio e ossigeno è CO, l'anidride carbonica che contiene più ossigeno, non può che essere costituita da molecole del tipo CO_2 o CO_3 o C_2O_3 o CO_4 ecc, cioè da molecole tutte uguali, contenenti un certo numero di atomi dei due elementi (frazioni di atomo non sono possibili); conseguentemente la molecola dell'anidride carbonica non può che avere una composizione che è espressa da multipli interi della composizione dell'ossido di carbonio (in particolare ricordiamo che Dalton assegna la formula CO_2 all'anidride carbonica e i numeri interi risultano 1 e 2).

Le due leggi, quella di Proust e quella di Dalton, sono molto diverse: mentre la prima si riferisce a tutti i composti e afferma l'esistenza di un rapporto in peso costante tra gli elementi costituenti, la seconda, la legge di Dalton, è valida soltanto per i composti costituiti degli stessi elementi; essa afferma l'esistenza di una relazione tra le composizioni dei diversi composti, una relazione espressa da numeri interi. È stato inoltre fondamentale introdurre **il principio della massima semplicità.**

Oggi è conoscenza comune che la formula dell'acqua sia H_2O; come mai Dalton aveva attribuito all'acqua la formula HO? Dalton nel 1808, non avendo a disposizione nessun altro strumento concettuale per stabilire la formula delle sostanze si basò sul principio della massima semplicità. *Secondo questo principio la molecola di qualsiasi sostanza composta dovrebbe essere costituita dai numeri più semplici possibili di atomi degli elementi costituenti*.

Negli anni immediatamente successivi sia Avogadro che Berzelius, sulla base del rapporto di combinazione in volume fra idrogeno ed ossigeno, assegnarono all'acqua la formula H_2O. Nel decennio successivo al 1808, furono scoperti diversi metodi per stabilire la formula delle sostanze composte, ma furono necessari cinquanta anni prima che questi metodi risultassero sufficientemente armonizzati fra loro e quindi in grado di rendere possibile un sistema coerente di pesi atomici e di formule, che coincide, nella sostanza, a quello attuale.

Riassunto – Il percorso che riguarda la teoria atomistica di Dalton è fondamentale perché il peso e la misura riguardano per la prima volta il mondo microscopico. L'importanza rivoluzionaria presente nella concezione di Dalton consiste nella formulazione di un concetto strettamente connesso alla scienza chimica a lui contemporanea. La teoria di Dalton, che permette di passare da una caratteristica macroscopica quantitativa, la composizione in peso di una sostanza, ad una proprietà microscopica quantitativa, il peso atomico, si basa su un ragionamento ipotetico-deduttivo. Partendo da questa ipotesi, con semplici passaggi logico-matematici, si determina il peso atomico di un elemento. Si esamina inoltre come Dalton ha ricavato la legge delle proporzioni multiple e poi i contributi di Berzelius alla definizione di peso atomico.

BIBLIOGRAFIA

Aquilini E., *Parlo dunque sono*, ECO settembre 2001, n. 7.

Boscolo P., «*Psicologia dell'apprendimento scolastico*», Torino, UTET, 1997.

Bruner J., *La cultura dell'educazione*, Feltrinelli, Milano, 1997.

Cavallini G., *La formazione dei concetti scientifici*, Firenze, La Nuova Italia, 1955, p. 38-52.

Ciardi M., *Il ruolo della storia e dell'epistemologia nella costruzione del curricolo verticale: Per una storia della didattica della chimica e una rivalutazione della ruolo della cultura chimica in Italia*, in La Chimica nella Scuola, 2002, n. 3, pp. 79-83.

Fiorentini C., Aquilini E., Colombi D., Testoni A., *Leggere il mondo oltre le apparenze*, Roma, Armando, 2007.

Gillespie C.C., *Il criterio dell'oggettività*, Bologna, Il Mulino, 1981.

Koyré A., *Dal mondo del pressappoco all'universo della precisione*, Venezia, Einaudi, 1999.

Kuhn T., *La struttura delle rivoluzioni scientifiche*, Torino, Einaudi, 1995.

Petit A.T., Dulong P.L., Recherches sur quelques points importants de la théorie de la chaleur, Annales de Chemie et de Physique, 1819.

Popper, *Congetture e confutazioni*, Il Mulino, Bologna, 1988, p. 176-177.

Vygotskij L.S., *Pensiero e linguaggio*, Laterza, Bari, 1990.