

MOLECOLE E ATOMI E NOTAZIONI CHIMICHE

MEMORIE DI GAY LUSSAC - AVOGADRO - AMPÈRE - DUMAS - GAUDIN - GERHARDT

ELOGIO STORICO DI ALESSANDRO VOLTA DI FRANÇOIS ARAGO - SEGRETARIO DELL'ACCADEMIA DI SCIENZE

(Letto nella seduta pubblica del 26 luglio 1833)

“... La lettera a Lichtenberg, datata 1786, nella quale Volta stabilisce con numerose esperienze le proprietà dell'elettrometro a cannuccie, contiene i metodi per rendere questi strumenti confrontabili, sulla misura delle cariche maggiori, su certe combinazioni dell'elettrometro e del condensatore, idee interessanti di cui si è meravigliato di non trovare alcuna traccia nelle opere più recenti. Questa lettera non sarebbe mai troppo raccomandabile ai giovani fisici. Essa li inizierà all'arte così difficile delle esperienze; insegnerà loro a sciogliersi dalle prime intuizioni, a variare senza sosta la forma degli strumenti; e se un'immaginazione impaziente dovesse far loro abbandonare la via lenta, ma certa, dell'osservazione, per seducenti fantasticherie, forse si fermerebbero su questo terreno scivoloso vedendo un uomo di genio che non disdegnava alcun dettaglio. E in un'epoca in cui, senza qualche onorevole eccezione, la pubblicazione di un libro è un'operazione puramente mercantile; dove i trattati scientifici, soprattutto, ritagliati sullo stesso modello, differiscono tra loro solo per sfumature di redazione spesso impercettibili; dove ogni autore trascura scrupolosamente tutte le esperienze, tutte le teorie, tutti gli strumenti che i suoi predecessori immediati hanno dimenticato o misconosciuto, si realizza, credo, un dovere dirigendo l'attenzione di coloro che iniziano verso le fonti originarie. È così, e così soltanto, che essi affrontarono importanti temi di ricerca; è così che trovarono la storia fedele delle scoperte, che appresero a distinguere chiaramente il vero dall'incerto, a diffidare infine, dalle teorie azzardate che i compilatori senza discernimento adottano con una cieca fiducia...” (*Ann. de Phys, et Chim.* [2], LIV, 396, 1883).

I METODI DI INSEGNAMENTO DELLE SCIENZE SPERIMENTALI DI LUCIEN POINCARÉ

(Conferenza del Museo Pedagogico, 1904)

“... Consideriamo anche questo consiglio di leggere talvolta agli allievi ciò che hanno scritto i grandi scienziati. E cosa direbbero, voi vorreste che si leggessero, al liceo, le memorie originali; folle impresa! Non sentite che condannereste così gli sfortunati allievi già affaticati da un nutrimento troppo sostanzioso, che non saprebbero digerire, e che essi non potrebbero assolutamente ben comprendere un linguaggio troppo elevato e troppo complesso per le loro giovani intelligenze? Vi è qui, ben inteso, una questione di tatto, e si dovrà accuratamente regolare la dose secondo il livello delle intelligenze a cui verrà indirizzato; ma che si verifica

Date: Parigi - 1913.

con l'esperienza e si constaterà che tale o talaltra pagina scritta da un Pascal, un Arago o un Berthelot, ha, nella sua profondità, una chiarezza maggiore e una reale semplicità dei capitoli corrispondenti di molti dei trattati, detti elementari, dove autori, che risalgono raramente alla fonte e che si copiano spesso tra loro, hanno riprodotto, con deformazioni sempre più spiacevoli, il pensiero originario degli inventori...".

L'INSEGNAMENTO SCIENTIFICO GENERALE NEI SUOI RAPPORTI CON L'INDUSTRIA
- DI HENRY LE CHATELIER

"... Per sviluppare questa attività individuale, bisognerebbe che, nelle scienze sperimentali, come esiste per le scienze matematiche, i compiti scritti, i lavori personali degli allievi che occupano un grande spazio nell'insegnamento e non si limitano a qualche raro calcolo matematico, più spesso privi di interesse, su tale o talaltra questione di fisica. Si potrebbe far analizzare le memorie scientifiche originali che sono rimaste classiche: quelle di Lavoisier, Gay Lussac, Dumas, Sadi Carnot, Regault, Poinot, chiedendo di mettere bene in rilievo i loro punti essenziali; far discutere i vantaggi comparativi dei due metodi sperimentali aventi uno stesso obiettivo: quello del calorimetro a ghiaccio e del calorimetro ad acqua, per esempio; fare programmi di esperienze per ricerche su un argomento dato: in una parola, imitare ciò che si fa nell'insegnamento letterario. Prima di tutto, ciò che bisognerebbe fare proprio è la lettura regolare degli autori classici, apprendendo in un corso i resoconti delle esperienze di Lavoisier o di Dumas, si studierebbero meglio le scienze come si studia la poesia drammatica imparando i riassunti delle opere di Corneille. Attorno ai fatti vi è tutto un corteo di idee in un caso, di sentimenti e di melodia nell'altro, che costituiscono assai più che i fatti materiali la scienza o la poesia. I riassunti, validi per la preparazione agli esami, sono sterili per lo sviluppo dell'intelligenza e dell'immaginazione...". (*Revue générale des Sciences*, IX, 104, 1898).

PREFAZIONE

Questo volume racchiude le memorie fondamentali che hanno portato alla definizione dei pesi molecolari e atomici, alla notazione chimica universalmente adottata al giorno d'oggi. Risalendo ad un'epoca precedente, queste memorie presentano talvolta alla lettura alcune oscurità. I termini scientifici sono cambiati nel loro significato; per esempio i nostri attuali atomi erano chiamati da Avogadro, loro padre effettivo, molecole *elementari* e le nostre molecole, molecole *costitutive* dei corpi semplici e molecole *integranti* per i corpi composti. Dumas impiegava indifferentemente le espressioni di *molecole*, *atomi* e *particelle*, permutando spesso questi termini in una stessa frase per semplice motivo di eufonia. A queste imprecisioni nel linguaggio corrispondevano talvolta uguali imprecisioni nelle idee. Una nozione astratta, una legge non fornita dalla sperimentazione diretta, è sempre una conseguenza più o meno lontana. Gli sforzi accumulati di numerosi pensatori sono necessari per precisarla e volgarizzarla, per darle un'esistenza definitiva. La distinzione assoluta tra l'atomo e la molecola, sebbene nettamente formulata da Avogadro, è stata definitivamente compresa e adottata dai chimici solo cinquantanni più tardi.

Per facilitare la lettura di queste memorie, si è messo in nota o intercalato tra parentesi nel testo un certo numero di indicazioni relative al sinonimo dei termini impiegati, alle formule dei composti chimici menzionati, ai valori esatti di certe

grandezze numeriche e, infine, a errori fatti, come la complessità attribuita al cloro, che Gay-Lussac chiamava il *gas muriatico ossigenato*.

Henry Le Chatelier

Sulla Combinazione delle sostanze gassose le une con le altre - M. Gay-Lussac

(Memorie della Società di Arcueil, I, II, p. 207 [1809])

Gay-Lussac (Joseph-Luis) [1778 - 1850], nato a Saint Leonard (Haute-Vienne), si è pure reso celebre per i suoi lavori di fisica e chimica, per gli importanti perfezionamenti che ha apportato a diverse attività e per il suo insegnamento che raggruppò attorno a lui numerosi scienziati francesi e stranieri. Professore di chimica a L'École polytechnique e al Muséum, professore di fisica alla Sorbona, svolse inoltre le funzioni di verificatore alla Monnaie; divenne più tardi deputato, poi pari di Francia. La rettitudine del suo carattere unita ad una scienza profonda gli diede un'influenza preponderante nelle numerose commissioni amministrative che facevano appello alla sua genialità.

Uscito dall'École polytechnique nel servizio dei Ponti e Strade, debuttò nel 1802, all'età di ventiquattro anni, per il suo memorabile lavoro sulla dilatazione dei gas. Egli aveva intrapreso questo primo studio su consiglio del suo maestro Berthollet. Due anni più tardi, fece, con Biot, le due celebri recensioni aerostatiche dove essi raggiunsero l'altezza di 7000 *m*, che non è stata di molto superata. Lo stesso anno entrò all'Accademia delle Scienze. Subito dopo, studiò con Thénard i metalli alcalini recentemente scoperti da Davy; le sue ricerche si succedono poi senza interruzione. Tra i suoi lavori di chimica più importanti, si possono citare i suoi studi sulle leggi delle combinazioni gassose, sullo iodio, sui composti ossigenati del cloro, sul cianogeno; in fisica, studiò l'igrometria, la capillarità, la misura delle altezze con il barometro; nell'industria, perfezionò la fabbricazione dell'acido solforico, inventò l'alcolometro e precisò i metodi di collaudo delle sostanze di oro e argento. Il suo nome, affiancato a numerose leggi, a numerosi strumenti, è sempre rimasto popolare.

Per comprendere la diversità dei lavori di Gay-Lussac e, d'altra parte, anche quelli di un gran numero di suoi contemporanei, bisogna rendersi conto che i dati accumulati dalla scienza erano allora meno numerosi di oggi, l'insegnamento scientifico, soprattutto quello dell'École polytechnique, mirava molto più alla formazione scientifica delle intelligenze che all'acquisizione di conoscenze multiple, supposte più o meno utili nella vita. I giovani scienziati avvicinavano la scienza infinitamente meglio attrezzati per la scoperta di come lo sono oggi con le conoscenze di dettaglio imposte dalla moderna specializzazione.

H. L. C.

La memoria di Gay-Lussac sulle combinazioni gassose, che è qui riprodotta, ha avuto come punto di partenza l'osservazione fortuita che l'idrogeno e l'ossigeno si combinano per formare acqua nella proporzione di due volumi del primo gas e di un volume del secondo. Colpito da questa relazione molto semplice, Gay-Lussac si è chiesto se le combinazioni di altri corpi gassosi non dessero risultati analoghi. L'esperienza ha verificato questa ipotesi e la memoria in questione riproduce, senza alcun commento teorico, i risultati ottenuti.

I corpi possiedono allo stato solido, liquido o gassoso, proprietà che sono indipendenti dalla forza di coesione; ma essi ne hanno anche altre che appaiono modificate da questa forza, molto variabile nella sua intensità e che non seguono alcuna legge regolare. La stessa compressione applicata a tutte le sostanze solide o liquide produrrà una diminuzione di volume differente per ognuna di esse, mentre essa sarà uguale per tutti i fluidi elastici. Analogamente, il calore dilata tutti i corpi; ma le dilatazioni dei liquidi e dei solidi non hanno mostrato finora alcuna legge regolare e non vi sono ancora quelle dei fluidi elastici che siano uguali e indipendenti dalla natura di ogni gas. L'attrazione delle molecole nei solidi e nei liquidi è quindi la causa che modifica le loro proprietà particolari e sembra che sia solo quando è completamente distrutta, come nei gas, e che quando i corpi si trovano posti in circostanze simili presentano leggi semplici e regolari. Vado a far conoscere proprietà nuove nei gas, i cui effetti sono regolari provando che queste sostanze si combinano tra loro in rapporti molto semplici e che la contrazione di volume che essi subiscono dalla combinazione segue pure una legge regolare. Spero di dare una prova di quanto hanno avanzato chimici molto distinti, che non differiscono forse molto dall'epoca nella quale si poteva sottoporre al calcolo la maggior parte dei fenomeni chimici.

È una questione molto importante in se stessa, e dibattuta tra i chimici, sapere se le combinazioni si fanno in tutti i tipi di proporzioni. M. Proust, che sembra aver fissato per primo la sua attenzione su questo tema, ammette che i metalli sono suscettibili solo a due gradi di ossidazione, uno minimo e uno massimo; ma, trascinati da una teoria seducente, si sono visti forzati ad ammettere principi contrari alla fisica, per ricondurre a due ossidi tutti quelli che presentano qualche volta lo stesso metallo. M. Berthollet pensa al contrario, in base a considerazioni generali e ad esperienze che gli appartengono, che le combinazioni si fanno sempre in proporzioni molto variabili, a meno che esse non siano determinate da cause particolari, come la cristallizzazione, l'insolubilità o l'elasticità. Infine, M. Dalton ha proposto che le combinazioni tra due corpi si fanno in modo che un atomo dell'uno si unisca a un atomo dell'altro, o a due, o a tre, o a un maggior numero¹. Risulterebbe da questo modo di esaminare le combinazioni che esse si fanno in proporzioni costanti, senza intermediari e, sotto questo aspetto, la teoria di M. Dalton si avvicinerrebbe a quella di M. Proust; ma M. Berthollet l'ha già fortemente combattuta nell'introduzione che ha fatto alla chimica di M. Thomson, e vedremo infatti che essa non è del tutto esatta. Tale è lo stato della questione ora presentata; essa è ben lungi dall'essere risolta, ma spero che i fatti che enuncerò e che erano completamente sfuggiti all'attenzione dei chimici, concorrano a chiarirla.

Supponendo, in base al rapporto esatto di 100 di gas ossigeno a 200 di gas ossigeno che, M. Humboldt ed io, abbiamo determinato per le proporzioni dell'acqua, che gli altri gas possano pure combinarsi in rapporti semplici, ho fatto le seguenti esperienze. Ho preparato i gas fluoborici (BF^4)², muriatici (HCl) e carbonici (CO^2), e li ho successivamente combinati con il gas ammoniacale. 100 parti di gas muriatico saturano precisamente 100 parti di quest'ultimo gas e il sale che ne risulta è perfettamente neutro, che si metta l'uno o l'altro dei due gas in eccesso.

¹M. Dalton è stato portato a questa idea da considerazioni sistematiche e si vede dalla sua opera: *New system of chemical philosophy*, p. 213, e da quella di M. Thomson, I. VI, che le sue ricerche non hanno un rapporto con le mie.

²Noi abbiamo dato, M. Thénard ed io, il nome di gas fluoborico al gas particolare che abbiamo ottenuto distillando fluoruro di calcio (CaF^2) con dell'anidride borica vetrosa (B^2O^3).

Il gas fluoborico si unisce al contrario in due proporzioni con il gas ammoniacale. Quando si mette il gas fluoborico per primo nel tubo graduato e si fa passare poi l'altro gas, si trova che esso si condensa in un volume uguale dell'uno e dell'altro e che il sale formato è neutro. Ma se si inizia a mettere il gas ammoniacale nel tubo e si fa poi arrivare bolla a bolla il gas fluoborico, il primo si troverà allora in eccesso rispetto al secondo e ne risulterà un sale con eccesso di base, composto di 100 di gas fluoborico e 200 di gas ammoniacale. Se si mette il gas carbonico con il gas ammoniacale, facendolo passare nel tubo, ora il primo ora il secondo, si forma sempre un sotto carbonato composto di 100 parti di gas carbonico e 200 di gas ammoniacale. Tuttavia si può provare che il carbonato di ammoniaca neutro (CO^3H , AzH^4) sarà composto da volumi uguali di ognuno dei suoi componenti. M. Berthollet, che ha analizzato questo sale ottenuto facendo passare del gas carbonico nel sotto carbonato, ha trovato che esso era composto in peso di 73,34 di gas carbonico e di 26,66 di gas ammoniacale. Ora, se si suppone che sia composto da un volume uguale di ognuno dei suoi componenti, si trova, secondo il loro peso noto, che contiene in peso³

$$\begin{array}{r} 71,81 \quad \text{di acido carbonico} \\ 28,19 \quad \text{di ammoniaca} \\ \hline 100,00 \end{array}$$

proporzione che differisce di poco dalla precedente.

Se il carbonato di ammoniaca neutro potesse formarsi per la mescolanza del gas carbonico e del gas ammoniacale, esso assorbirebbe, quindi, tanto di un gas che dell'altro; e poiché lo si può ottenere solo per mezzo dell'acqua, bisogna concluderne che è l'affinità di questo liquido che concorre con quella dell'ammonica a vincere l'elasticità dell'acido carbonico e che il carbonato di ammoniaca neutro non può esistere senza l'acqua.

Così, si deve concludere che i gas muriatico, fluoborico e carbonico prendono esattamente un volume di gas ammoniacale simile a loro, per formare sali neutri e che gli ultimi due ne prendono il doppio per formare dei sotto sali. È particolarmente significativo vedere acidi anche differenti tra loro neutralizzare un volume di gas ammoniacale uguale a loro e da ciò, è permesso supporre che se tutti gli acidi e tutti gli alcali si potessero ottenere allo stato gassoso, la neutralità risulterebbe dalla combinazione di volumi uguali di acido e alcali.

Non è meno significativo che, sia che si ottenga un sale neutro o un sotto sale, i loro elementi si combinano in rapporti semplici che devono essere considerati come limiti delle loro proporzioni. Da ciò, ammettendo il peso specifico dell'acido muriatico (HCl), che M. Biot ed io abbiamo determinato⁴, e quelli dei gas carbonici e ammoniacali, dati da MM. Biot e Arago, si trova che il muriale di ammoniaca secco è composto da:

$$\begin{array}{r} \text{Ammoniaca} \quad 100,0 \quad 38,35 \\ \text{Acido muriatico} \quad 160,0 \quad 61,65 \\ \hline 100,00 \end{array}$$

proporzione che si allontana molto da quella di M. Berthollet,

³Vedere per i pesi specifici, la tabella.

⁴Siccome il gas muriatico contiene il quarto del suo peso in acqua, non bisogna prendere per l'acido muriatico effettivo i tre quarti della sua densità.

100 di ammoniaca
213 di acido

Si trova analogamente che il sotto carbonato di ammoniaca contiene:

Ammoniaca	100,0	43,98
Acido muriatico	127,3	56,02
		<hr/> 100,00

E il carbonato neutro:

Ammoniaca	100,0	28,19
Acido muriatico	254,6	71,81
		<hr/> 100,00

È facile, dai risultati precedenti, conoscere i rapporti di capacità degli acidi fluoborico, muriatico e carbonico, perché, saturando questi tre gas lo stesso volume di gas ammoniacale, le loro capacità staranno tra loro in ragione inversa delle loro densità, quando si sarà fatta la correzione dovuta all'acqua contenuta nell'acido muriatico⁵.

Si potrebbe già concludere che i gas si combinano tra loro in rapporti molto semplici; ma presento ancora nuove prove.

Dalle esperienze di M. Amédée Berthollet⁶, l'ammoniaca è composta in volume di

100 gas azoto
300 gas idrogeno

Ho trovato (Primo volume della Société d'Arcueil) che l'acido solforico è composto di:

100 gas solforoso
50 gas ossigeno

Quando si infiamma una miscela di 50 parti di gas ossigeno e di 100 di gas ossido di carbonio, proveniente dalla distillazione dell'ossido di zinco e del carbonio fortemente calcinato, questi due gas sono distrutti e rimpiazzati da 100 parti di gas acido carbonico. Di conseguenza, l'acido carbonico può essere considerato come composto di:

100 gas ossido di carbonio
50 gas idrogeno

⁵N.d.l. R. Al momento della pubblicazione di questa memoria, il cloro era ancora considerato come un corpo composto, l'ossido XO di una radicale X chiamato gas muriatico e l'acido cloridrico passava per essere l'idrato dello stesso radicale. questa opinione erronea risulta dall'osservazione esatta che il cloro (non disseccato) dava attraversando un tubo di porcellana riscaldata al rosso, una certa quantità di ossigeno, così come la sua soluzione esposta al sole liberava ossigeno. L'interpretazione esatta di questa reazione è che il cloro cattura idrogeno dall'acqua e mette il suo ossigeno in libertà.

In una memoria pubblicata lo stesso anno, Gay-Lussac aveva segnalato che tutte le reazioni note del cloro si potevano pure spiegare considerandole come un corpo semplice; ma non adotta questo modo di vedere che non gli sembra presentare alcun vantaggio sull'ipotesi ammessa e che sarebbe veramente addolorato, ciò che egli non dice, il suo maestro e amico Berthollet autore di questa ipotesi. H. I. C.

⁶Figlio del grande Berthollet. (N. d. I. R.)

M. Davy, facendo l'analisi di diverse combinazioni dell'azoto con l'ossigeno, ha trovato, in peso, le proporzioni seguenti:

	Azoto	Ossigeno	
Gas ossido di azoto	63,30	36,70	(N^2O)
Gas nitroso	44,05	55,95	(NO)
Acido nitrico	29,30	70,50	(NO^2)

Riducendo queste proporzioni in volumi, si trova per il

	G. Azoto	G. Ossigeno	
Gas ossido di azoto	100	49,5	(N^2O)
Gas nitroso	100	108,9	(NO)
Acido nitrico	100	204,7	(NO^2)

La prima e l'ultima di queste proporzioni differiscono poco da quelle di 100 a 50 e di 100 a 200; vi è solo la seconda che si discosta un poco da quella di 100 a 100. La differenza non è, tuttavia, molto grande ed essa è tale che la si potrebbe attendere in esperienze simili; ma mi sono assicurato che essa è interamente nulla. Bruciando la nuova sostanza combustibile della potassa (K metallico) in 100 parti in volume di gas nitroso, è rimasto esattamente 50 di gas di azoto, il cui peso, sottratto da quello del gas nitroso, determinato con molta cura da M. Bérard ad Arcueil, dà per risultato che quest'ultimo gas è composto in volume da parti uguali di azoto e ossigeno.

Si deve quindi ammettere per le proporzioni in volume delle combinazioni dell'azoto con l'ossigeno:

	G. Azoto	G. Ossigeno	
Gas ossido di azoto	100	50	(N^2O)
Gas nitroso	100	100	(NO)
Acido nitrico	100	200	(NO^2)

In base alle mie esperienze che differiscono poco da quelle di M. Chevenix, l'acido muriatico ossigenato è composto in pesi di

Ossigeno	22,92
Acido muriatico	77,08

Convertendo queste quantità in volume, si trova che l'acido muriatico ossigenato è formato da:

Gas muriatico	300,0
Gas ossigeno	103,2

proporzione che differisce poco da:

Gas muriatico	300
Gas ossigeno	100 ⁷

Mi sembra così evidente che tutti i gas, agendo gli uni sugli altri, si combinano sempre nei rapporti più semplici; e abbiamo visto che, infatti, in tutti gli esempi precedenti, che il rapporto di combinazione è di 1 a 1, di 1 a 2, o di 1 a 3. È molto importante osservare che, quando si considerano i pesi, non vi è alcun semplice e finito rapporto tra gli elementi di una prima combinazione; è solo quando ve ne è un secondo tra questi stessi elementi che la nuova proporzione di quello che è stato

aggiunto è un multiplo della prima. I gas, al contrario, in proporzioni tali che si possono combinare, danno sempre luogo a composti i cui elementi, in volume, sono multipli gli uni degli altri.

Non solo i gas si combinano in proporzioni molto semplici, come si è visto, ma la contrazione apparente di volume che subiscono per la combinazione, ha pure un rapporto semplice con il volume dei gas o piuttosto con quello di uno dei due.

Ho detto, alla maniera di M. Berthollet, che 100 parti di gas ossido di carbonio, provenienti dalla distillazione dell'ossido di zinco e carbone fortemente calcinato, producono 100 parti di gas carbonico combinandosi con 50 di gas ossigeno. Da ciò risulta che la contrazione apparente dei due gas è precisamente di tutto il volume del gas ossigeno aggiunto. La densità del gas carbonico è quindi uguale a quella del gas ossido di carbonio, più la metà di quella del gas ossigeno: o, inversamente, la densità del gas ossido di carbonio è uguale a quella del gas carbonico, meno la metà di quella del gas ossigeno. Da ciò e prendendo la densità dell'aria come unità, si trova che quella del gas ossido di carbonio è 0,9678 invece di 0,9569 che M. Cruickshanks aveva determinata sperimentalmente (valore esatto 0,9670). Si sa, d'altronde, che un volume dato di gas ossigeno produce un uguale volume di acido carbonico; di conseguenza, il gas ossigeno, formando con il carbone il gas ossido di carbonio, di volume doppio, così come il gas carbonico passando sul carbone al rosso. Il gas ossigeno produce un volume uguale di gas carbonico ed essendo il peso di quest'ultimo ben noto, è facile ricavare la proporzione dei suoi elementi. È così che si trova che il gas carbonico è composto di:

27,38 carbonio
72,62 ossigeno

e il gas ossido di carbonio di:

42,99 carbonio
57,01 ossigeno

Seguendo un percorso analogo, si trova pure che, se lo zolfo prende 100 parti di ossigeno per produrre l'acido solforoso, ne prende 150 di ossigeno per produrre l'acido solforico. Infatti, dalle esperienze di MM. Kalproth, Bueholz e Richter, l'acido solforico è composto, in peso, di 100 di zolfo e 138 di ossigeno.

Da un altro lato, l'acido solforico è composto di 2 parti in volume di gas solforoso e di 1 di gas ossigeno. Di conseguenza, il peso di una certa quantità di acido solforico deve essere lo stesso di quello di 2 parti di acido solforoso e di 1 di gas ossigeno, cioè:

$$2 \cdot 2,265 + 1,10359 = 5,63359$$

atteso che, secondo Kirwan, il gas solforoso pesa 2,265, prendendo la densità dell'aria come unità (esattamente 2,2639). Ma, dalla proporzione di 100 di zolfo a 138 di ossigeno, questa quantità racchiude 3,26653 di ossigeno e se si sottrae 1,16359, rimarrà 2,16294 per il peso dell'ossigeno racchiuso in 2 parti di acido solforoso, o, 1,08147 per quello dell'ossigeno racchiuso in una parte.

Siccome quest'ultima quantità differisce solo di due centesimi da 1,10359 che rappresenta il peso di una parte di gas ossigeno (esattamente 1,1053), bisogna concludere che il gas ossigeno, combinandosi con lo zolfo per formare il gas solforoso, subisce una diminuzione di volume di un cinquantesimo e che essa sarà probabilmente nulla se i dati di cui mi servo fossero più esatti. In questa ultima ipotesi, e dal

peso specifico del gas solforoso di Kirwan, si troverà che questo acido è composto di:

100	zolfo
95,02	ossigeno

Ma se, partendo dalle proporzioni precedenti dell'acido solforico, si ammette, come sembrerebbe probabile, che 100 di gas solforoso racchiude 100 di gas ossigeno e che bisogna aggiungere loro ancora 50 per convertirli in acido solforico, si otterrà per le proporzioni dell'acido solforoso:

100	zolfo
92,0	ossigeno (esattamente 99,3)

Il suo peso specifico calcolato in queste stesse ipotesi e rapportato a quello dell'aria sarà 2,30314, invece di 2,2650 che Kirwan ha trovato direttamente⁸ (esattamente 2,2639).

Abbiamo visto che 100 parti di gas azoto prendono 50 parti di gas ossigeno per formare il gas ossido di azoto (N^2O) e 100 di gas ossigeno per formare il gas nitroso (NO). Nel primo caso, la contraddizione è un poco più forte del volume del gas aggiunto; poiché il peso specifico del gas ossido di azoto calcolato in questa ipotesi è 1,52092, mentre quello dato da M. Davy è 1,61414, (esattamente 1,5301). Ma è facile mostrare con le esperienze di M. Davy che l'apparente contraddizione è precisamente di tutto il volume del gas aggiunto. Facendo passare la scarica elettrica attraverso una miscela di 100 parti di gas idrogeno e di 97,5 di gas di ossido d'azoto, il gas idrogeno è distrutto e rimangono 102 parti di gas azoto che racchiudono quello che è quasi sempre mescolato con il gas idrogeno e anche un poco di quell'ultimo gas sfuggito alla combustione. Il residuo, fatte tutte le correzioni, sarà quindi all'incirca uguale in volume al gas ossido di azoto impiegato. Analogamente, facendo passare la scarica elettrica attraverso una miscela di 100 parti di gas idrogeno fosforato e di 250 di gas ossido d'azoto, si forma acqua e acido fosforico e rimangono esattamente 250 parti di gas azoto; prova evidente ancora che la contrazione apparente degli elementi del gas ossido di azoto è di tutto il volume del gas ossigeno aggiunto. Da queste considerazioni, il suo peso specifico riferito a quello dell'aria deve essere 1,52092.

L'apparente contrazione degli elementi del gas nitroso (NO) sembra, al contrario, nulla. Se si ammette, infatti, come ho mostrato, che è composto di parti uguali di gas ossigeno e azoto, si trova che la sua densità, calcolata nell'ipotesi in cui non si avrebbe alcuna condensazione di volume, è 1,036 mentre quella determinata direttamente è 1,038 (esattamente 1,0366).

⁸Sarà necessario, per eliminare queste differenze, fare nuove esperienze sulla densità del gas solforoso, sulla combinazione diretta del gas ossigeno con lo zolfo, per vedere se vi è una contraddizione e sulla combinazione del gas solforoso con il gas ammoniacale. Ho trovato, in verità, scaldando del cinabro in gas ossigeno, che 100 parti di questo gas producono solo 93 parti di gas solforoso. Mi è sembrato così che servire meno gas solforoso che gas ammoniacale per ottenere un sale neutro. Ma siccome queste esperienze non sono state eseguite in circostanze opportune, soprattutto nell'ultima che può essere fatta solo per mezzo dell'acqua, il gas solforoso decomponendosi e lasciando precipitare dello zolfo piuttosto che mescolarlo con il gas ammoniacale, mi propongo, prima di trarre qualsiasi conclusione, di riprenderle e di determinare esattamente tutte le circostanze. Ciò è tanto più necessario quanto il gas solforoso, ben noto nelle sue proporzioni, ci consentirà di analizzare il gas idrogeno solforato.

Saussure ha trovato che la densità del vapore dell'acqua sta a quello dell'aria come 10 sta a 14 (esattamente, a $t = 100^\circ$ e $p = 760\text{ mm.}$ come 10 sta a 15,87). Supponendo che la contrazione di volume dei due gas sia soltanto di tutto il volume del gas ossigeno aggiunto, si trova, invece di questo rapporto, quello di 10 a 16. Questa differenza e l'autorità di un fisico distinto come Saussure sembrerebbero dover respingere l'ipotesi che ho avanzato; ma ecco numerose circostanze che la rendono molto probabile. Essa ha dapprima per essa una forte analogia; in secondo luogo, M. Tralès ha trovato con esperienze dirette che il rapporto tra la densità del vapore dell'acqua e quella dell'aria è di 10 a 14,5, invece che di 10 a 14. In terzo luogo, sebbene non si conosca molto esattamente il volume che occupa l'acqua passando allo stato elastico, si sa, dalle esperienze di M. Watt, che un pollice cubo di acqua produce all'incirca un piede cubo di vapore, cioè un volume 1728 volte maggiore. Ammettendo il rapporto di Saussure di trova solo 1488 per il volume che occupa l'acqua quando è allo stato di vapore e ammettendo quello di 10 a 16, si avrebbe 1700,6. Infine, la rifrazione del vapore acqueo, calcolata nell'ipotesi del rapporto 10 a 14, è un poco maggiore di quella data dall'osservazione; ma quella calcolata adottando il rapporto di 10 a 16 concilia molto meglio i risultati della teoria con quelli dell'esperienza. Ecco quindi numerose considerazioni che rendono molto probabile il rapporto 10 a 16.

Il gas ammoniacale è composto in volume di 3 parti di gas idrogeno e di 1 di gas azoto e la sua densità confrontata a quella dell'aria è 0,596 (esattamente 0,5962): ma, se si suppone che la contrazione apparente sia della metà del volume totale, si trova 0,594 per la sua densità. Così è dimostrato da questo accordo quasi perfetto che la contrazione apparente dei suoi elemento è precisamente della metà del volume totale, o piuttosto, del doppio di quella dell'azoto.

L'osservazione che i combustibili gassosi si combinano con il gas ossigeno nei rapporti semplici di 1 a 1, di 1 a 2, di 1 a $\frac{1}{2}$, ci può portare a determinare la densità dei vapori dei corpi combustibili, o almeno ad avvicinarci molto a una tale determinazione. Se la si suppone, infatti, per tutti i corpi combustibili allo stato gassoso, un volume determinato da ciascuno di essi assorbirebbe un volume uguale di ossigeno, o il doppio o solamente la metà. E siccome si conosce la proporzione di ossigeno che prende ogni corpo combustibile allo stato solido o liquido, basta convertire l'ossigeno in volume e convertirlo come il combustibile, secondo la condizione che il suo vapore sia uguale al volume del gas ossigeno, o al doppio o alla metà. Per esempio, il mercurio è passibile di due ossidazioni e lo si può confrontare una prima volta al gas ossido di azoto. O, secondo MM. Fourcroy e Thénard, 100 parti di mercurio ne assorbono 4,16, che, ridotte in gas, occuperanno uno spazio rappresentato da 8,20. Queste 100 parti di mercurio ridotte in vapore dovranno, quindi, occupare, uno spazio doppio, cioè 16,40. Si conclude da ciò che la densità del vapore di mercurio è 12,01 volte più denso di quella del gas ossigeno e che il metallo passando dallo stato liquido al gassoso, prende un volume 961 volte maggiore.

Non mi occuperò più a lungo di queste determinazioni, poiché esse sono fondate solo su analogie e, d'altronde, è facile moltiplicarle. Concluderò questa Memoria esaminando se le combinazioni si fanno in proporzioni costanti o variabili; le esperienze che ho riferito mi portano alla discussione di queste due opinioni.

Secondo l'idea ingegnosa di M. Dalton che le combinazioni si fanno da atomo a atomo⁹, i diversi composti che due corpi possono formare sarebbero prodotti

⁹I termini *atomo* e *molecola*, sono successivamente impiegati in questa frase, come due sinonimi.

dall'unione di una molecola dell'uno con una molecola dell'altro o con due o con un maggior numero, ma sempre senza intermediari. MM. Thomson e Wollaston riferiscono, infatti, esperienze che sembrano confermare tale teoria. Il primo ha trovato che il sur-ossalato di potassio contiene due volte più acido di quanto ne serva per saturare l'alcale; e il secondo, che il sotto-carbonato di potassio contiene, al contrario, due volte più alcali di quanto ne servano per saturare l'acido.

I numerosi risultati che ho fatto conoscere in questa Memoria sono anche molto favorevoli a questa teoria. Ma M. Beethollet, il quale pensa che le combinazioni si fanno in un modo continuo, cita come prova della sua opinione i solfati acidi, il vetro, le leghe e le miscele di diversi liquidi, composti tutti molto variabili nelle loro proporzioni e insiste principalmente sull'identità della forza che produce le combinazioni chimiche e le soluzioni.

Queste due opinioni hanno, quindi, ciascuna a loro favore un gran numero di fatti; ma seppur interamente opposte in apparenza, è facile conciliarle¹⁰.

Bisogna dapprima ammettere, con M. Berthollet, che l'azione chimica si esercita indefinitamente in un modo continuo tra le molecole dei corpi, qualunque sia il loro numero e il loro rapporto, e che, in generale, si possono ottenere composti a proporzioni variabili. Ma poi, bisogna ammettere nello stesso tempo che oltre l'insolubilità, la coesione e l'elasticità che tendono a produrre combinazioni in proporzioni fisse, l'azione chimica si esercita con più forza quando gli elementi stanno tra loro in rapporti semplici o in proporzioni multiple le une delle altre e che essa produce allora composti che si separano più facilmente. Si conciliano in questo modo le due opinioni e si mantiene questa grande legge chimica: che tutte le volte che due sostanze sono in presenza l'una dell'altra, nella loro sfera di attività, esse agiscono secondo le loro masse e danno, in generale, composti a proporzioni molto variabili, a meno che queste proporzioni non siano determinate da circostanze particolari.

Conclusioni. Ho mostrato in questa Memoria che le combinazioni delle sostanze gassose si fanno sempre nei rapporti più semplici e tali che, assumendo uno dei termini come unitario, l'altro sta come 1 a 2 o al più 3. Questi rapporti di volume non si osservano nelle sostanze solide e liquide o quando si considerano i pesi ed essi sono una nuova prova che è solo allo stato gassoso che i corpi sono posti nelle stesse condizioni e che presentano leggi regolari. È notevole vedere che il gas ammoniacale neutralizza esattamente un volume simile all'interno degli acidi gassosi ed è probabile che se gli acidi e gli alcali fossero allo stato elastico, si combinerebbero tutti, a volume uguale, per produrre sali neutri. La capacità di saturazione degli acidi e degli alcali misurata dai volumi sarà quindi la stessa, e ciò sarà forse il vero modo di valutarli. Le contrazioni hanno pure rapporti semplici con il volume di uno di essi e questa proprietà è ancora particolare alle sostanze gassose.

(N. d. I. R.)

¹⁰Nel momento della pubblicazione di questo lavoro, Gay-Lussac non aveva ancora trent'anni: gli era difficile contestare troppo direttamente le idee del suo maestro e amico Berthollet che lo aveva guidato nei suoi primi lavori (N.d.I.R)

Saggio su un modo di determinare le masse relative delle molecole elementari dei corpi e le proporzioni secondo le quali esse entrano nelle combinazioni. A. Avogadro (1811)

Il conte Amedeo Avogadro di Quaregna (1776 - 1856) nacque a Torino. Diretto verso l'avvocatura da suo padre, che apparteneva all'alta magistratura piemontese, compì i suoi studi di diritto e fu nominato segretario della prefettura di Torino. Ma le leggi dei fenomeni naturali l'attrassero molto di più delle leggi forgiate dagli uomini. A ventisette anni, pubblicò in collaborazione con suo fratello Felice una memoria intitolata: *Essai analytique sur l'Électricité*, che gli consentì di essere nominato l'anno successivo membro corrispondente dell'Accademia di Torino.

Suo padre l'autorizzò allora a lasciare l'amministrazione. Fu nominato professore di filosofia naturale al liceo di Vercelli e visse per quindici anni in un ritiro tranquillo, inviando numerosi lavori scientifici alle riviste francesi e italiane, in particolare la sua celebre memoria sulla *massa relativa delle molecole chimiche*, che è riprodotta in questo volume.

Nominato, nel 1820, professore di fisica matematica all'Università di Torino, vide tre anni più tardi sopprimere la sua cattedra in seguito a cambiamenti politici. Restò allora dieci anni lontano dall'insegnamento, continuando sempre a occuparsi di studi scientifici. La cattedra fu infine ristabilita dal re Carlo Alberto, ma fu affidata al matematico francese Cauchy che aveva dovuto abbandonare il suo insegnamento al Collegio di Francia in seguito alla rivoluzione di luglio. Dopo un anno Cauchy rinunciò alle sue nuove funzioni e Avogadro fu riammesso nella sua precedente situazione che occupò fino all'età di sessantacinque anni.

Si fece soprattutto conoscere per la pubblicazione di un grosso trattato in quattro volumi sulla *Physique des corps pondérable*. Si è ancora debitori di Avogadro per l'introduzione in Italia del sistema metrico. Presidente della commissione dei pesi e misure, non risparmiò i propri sforzi né le proprie fatiche per arrivare a convincere i suoi compatrioti della superiorità delle nuove misure¹¹.

Avogadro, prima della pubblicazione della memoria di Gay-Lussac, fu colpito dall'incompatibilità che esisteva tra i risultati delle esperienze dello scienziato francese, l'ipotesi di Dalton che attribuiva la combinazione chimica alla saldatura di un certo numero di molecole di corpi differenti e una seconda ipotesi relativa alla costituzione dei gas che consisteva nel considerare come racchiudenti uno stesso numero di molecole in volumi uguali. Questa ipotesi, generalmente attribuita ad Avogadro, era stata formulata molto tempo prima da Bernoulli ed era rimasta allo stato latente nelle idee scientifiche dell'epoca, poiché era stata già qualche anno prima enunciata, poi abbandonata da Dalton e lo fu alcuni anni più tardi da Ampère. Secondo queste due ipotesi, il volume di una combinazione gassosa avrebbe dovuto essere uguale al più piccolo volume dei corpi costituenti mentre in generale è il doppio. Per eliminare questa difficoltà, Avogadro propose di ammettere che nella combinazione chimica le molecole gassose si possono dividere in due o in un maggior numero di parti. Nella sua memoria, qui riprodotta, mostra come questa nuova ipotesi debba essere applicata ai risultati degli esperimenti di Gay-Lussac e come la si possa utilizzare per calcolare il volume di vapore di un certo numero di corpi semplici le cui densità gassose non erano note.

¹¹Informazioni riprese da una conferenza del Professor Ernst Cohen, tenuta il 21 aprile 1911, davanti alla Società Olandese dei naturalisti e dei medici.

H. L. C.

I. M. Gay-Lussac ha mostrato in una Memoria interessante che le combinazioni dei gas tra loro si fanno sempre secondo rapporti molto semplici in volume e che, quando il risultato della combinazione è gassoso, il suo volume è pure in rapporto molto semplice con quello dei suoi componenti; ma i rapporti di quantità di sostanze nelle combinazioni sembrerebbero poter dipendere solo dal numero relativo delle molecole che si combinano e da quello delle molecole composte che ne risultano. Bisogna, quindi, ammettere che vi sono anche rapporti molto semplici tra i volumi delle sostanze gassose e quello delle molecole semplici o composte che li forma. L'ipotesi che si presenta per prima a questo proposito e che sembra anche la sola ammissibile è di supporre che il numero di molecole integranti (molecole) in gas qualsiasi è sempre lo stesso a volume uguale o è sempre proporzionale ai volumi. Infatti, se si supponesse che il numero delle molecole contenute in un volume dato fosse differente per i gas differenti, non sarebbe molto possibile immaginare che la legge che presiederebbe alla distanza delle molecole possa dare, in tutti i casi, rapporti così semplici quanto i fatti citati ci obbligano ad ammettere tra il volume e il numero delle molecole. Al contrario, si pensa molto bene che le molecole nei gas, essendo ad una distanza tale che la loro attrazione reciproca non si possa esercitare tra di esse, la loro attrazione differente per il calorico possa limitarsi a condensarne una quantità più o meno grande attorno ad esse, senza che l'atmosfera formata da questo fluido abbia maggiore estensione per le une che per le altre e, di conseguenza, senza che la distanza tra le molecole vari, o, in altre parole, senza che il numero di molecole contenute in un volume dato sia esso stesso diverso. M. Dalton, in verità, ha avanzato un'ipotesi direttamente contraria a questo riguardo, cioè, che la quantità di calorico sia sempre la stessa per le molecole di un corpo qualsiasi allo stato gassoso e che l'attrazione più o meno grande per il calorico non faccia che condensare più o meno questa quantità di calorico attorno alle molecole; ma nell'oscurità in cui siamo sul modo in cui si esercita l'attrazione delle molecole sul calorico, nulla può essere determinato *a priori* per l'uno o per l'altra di queste ipotesi e si sarà piuttosto portati ad adottare un'ipotesi mista, che farà variare la distanza delle molecole e la quantità di calorico secondo leggi sconosciute, se quelle proposte non fossero basate su questa semplicità di rapporto tra i volumi nelle combinazioni dei gas che sembra non poter essere altrimenti spiegata.

Partendo da questa ipotesi, si vede che si ha il modo di determinare molto facilmente le masse relative delle molecole dei corpi che si possono avere allo stato gassoso e il numero relativo di queste molecole nelle combinazioni; poiché i rapporti delle masse delle molecole sono allora gli stessi di quelli delle densità di diversi gas, a pressione e temperatura uguale, e il numero relativo delle molecole in una combinazione è data immediatamente dal rapporto dei volumi dei gas che la formano. Per esempio, i numeri 1, 10359 (1, 1053) e 0, 07321 (0, 06948) esprimono le densità dei due gas ossigeno e idrogeno, quando si prende quella dell'aria atmosferica per unità, e il rapporto tra i due numeri che rappresentano, di conseguenza, quella che si ha tra le masse dei due volumi uguali di questi due gas, questo stesso rapporto esprimerà, nell'ipotesi proposta, il rapporto delle masse delle loro molecole. Così la massa della molecola dell'ossigeno sarà circa 15 volte quella della molecola di idrogeno, o più esattamente, starà a quella come 15, 074 sta a 1 (15, 87 a 1). Analogamente, la massa della molecola dell'azoto starà a quella dell'idrogeno come

0,96913 sta a 0,07321, cioè come 13, o più esattamente 13,238 a 1 (13,90 a 1). D'altro canto, siccome si sa che il rapporto dei volumi dell'idrogeno e dell'ossigeno nella formazione dell'acqua è di 2 a 1, ne segue che l'acqua risulta dall'unione di ogni molecola di ossigeno con due molecole di idrogeno. Analogamente, secondo le proporzioni in volume stabilite da M. Gay-Lussac negli elementi dell'ammoniaca, dei gas ossido d'azoto e nitroso e dell'acido nitrico, l'ammoniaca risulterà dall'unione di una molecola di azoto con tre di idrogeno, il gas ossido di azoto da una molecola di ossigeno con due di azoto, il gas nitroso da una molecola di azoto con una di ossigeno e l'acido nitrico da una di azoto con due di ossigeno.

II. Una riflessione sembra dapprima opporsi all'ammissione della nostra ipotesi riguardo i corpi composti. Sembra che una molecola composta di due o più molecole elementari debba avere la sua massa uguale alla somma delle masse di queste molecole e che, in particolare, se in una combinazione una molecola di un corpo si aggiunge a due o più molecole di un altro corpo, il numero di molecole composte dovrebbe restare lo stesso di quello delle molecole del primo corpo. Secondo ciò nella nostra ipotesi, quando un gas si combina con due o più volte il suo volume di un altro gas, il composto che ne risulta, se è gassoso, non potrà avere che un volume uguale al primo di questi gas. Ciò non avviene in generale nei fatti. Per esempio, il volume dell'acqua supposta gassosa è, come ha mostrato M. Gay-Lussac, doppio di quello del gas ossigeno che vi entra, o, che è la stessa cosa, uguale a quello dell'idrogeno, invece di essere uguale a quello dell'ossigeno; ma ci si presenta assai naturalmente un mezzo per spiegare i fatti di questo tipo conformemente alla nostra ipotesi: supporre, cioè, che le molecole¹² costituenti (molecole) di un gas semplice qualunque, cioè quelli che si tengono ad una distanza tale da non poter esercitare la loro azione reciproca, non sono formati da una sola molecola elementare (atomo), ma risultano da un certo numero di queste molecole riunite in una sola per attrazione e che, quando molecole di un'altra sostanza si devono unire a queste per formare molecole composte, la molecola integrante (molecola) che ne dovrebbe risultare si dividerà in due o più parti o molecole integranti composte della metà, del quarto, ecc. del numero di molecole elementari di cui era formata la molecola costituente la prima sostanza, combinata con la metà, il quarto, ecc. del numero di molecole costituenti l'altra sostanza, che si dovrebbe combinare con la molecola totale o, che è lo stesso, con un numero uguale a quello di semi-molecole (atomi), del quarto di molecola, ecc. di questa seconda sostanza; di modo che il numero delle molecole integranti del composto divenga doppio, quadruplo, ecc., di quanto dovrebbe essere questa suddivisione e tale che basti a soddisfare al volume del gas che ne risulta¹³.

Percorrendo i diversi composti gassosi più conosciuti, trovo solo esempi di raddoppiamento di volume relativamente al volume di quello dei componenti, che aggiunge una o più volte il suo volume dell'altro: lo si è già visto per l'acqua. Il volume del gas ammoniaca è, come si sa, doppio di quello dell'azoto che vi entra. M. Gay-Lussac ha mostrato anche che il volume del gas ossido di azoto è uguale a quello dell'azoto che ne fa parte e, di conseguenza, doppio di quello dell'ossigeno. Infine, il gas nitroso che contiene volumi uguali di azoto e ossigeno ha un volume uguale alla somma dei due gas componenti, cioè, al doppio del volume di ciascuno

¹²La molecola costituente è la molecola del corpo semplice. La molecola integrante è la molecola del corpo composto. La molecola elementare è l'atomo del corpo semplice. (N. d. I. R.)

¹³Così la molecola integrante dell'acqua, per esempio, sarà composta da una semi-molecola di ossigeno con una molecola, o, che è lo stesso, due semi-molecole di idrogeno.

di essi. In tutti i casi si devono dividere le molecole in due; ma è possibile che in altri casi la divisione si faccia in quattro, in otto, ecc.

III. M. Dalton, da supposizioni arbitrarie, e che gli sono sembrate come le più naturali, sul numero relativo delle molecole nelle combinazioni, ha cercato di stabilire rapporti tra le masse delle molecole dei corpi semplici. La nostra ipotesi ci mette in condizione, supponendola fondata, di confermare o di rettificare i suoi risultati con dati precisi e, soprattutto, di assegnare le molecole composte secondo il volume dei composti gassosi dipendenti in parte dalla divisione delle molecole delle quali questo fisico non ha alcuna idea.

Così Dalton ha supposto¹⁴ che l'acqua non formi l'unione dell'idrogeno e dell'ossigeno, molecola a molecola. Ne risulterebbe, secondo il rapporto in pesi di questi due componenti, che la massa della molecola di ossigeno stia a quella dell'idrogeno circa come $7\frac{1}{2}$ a 1, o, secondo le valutazioni di Dalton, come 6 a 1. Secondo la nostra ipotesi, questo rapporto è doppio, cioè 15 a 1, come si è visto. Quanto alla molecola dell'acqua, essa dovrebbe avere la sua massa espressa da $15 + 2 = 17$ circa (esattamente $16 + 2,016 = 18,016$), prendendo per unità quella dell'idrogeno, se non avesse diviso la molecola in due; ma a causa di questa divisione essa si riduce alla metà 8,5, o più esattamente 8,537, come si troverebbe anche immediatamente dividendo la densità del vapore acqueo 0,625, secondo Gay-Lussac, per la densità del vapore acqueo 0,0732. Questa massa differisce da 7, che Dalton gli assegna, solo per la differenza nella valutazione della composizione dell'acqua; di modo che a questo riguardo il risultato di Dalton si troverebbe quasi corretto dalla combinazione dei due errori che si compensano, quello sulla massa della molecola dell'ossigeno e quello di non aver considerato la divisione.

Dalton suppone che nel gas nitroso la combinazione dell'azoto e dell'ossigeno si fa di molecola in molecola: noi abbiamo visto che così è effettivamente secondo la nostra ipotesi. Così Dalton avrebbe trovato la stessa nostra massa della molecola per l'azoto, prendendo sempre per unità quella dell'idrogeno, se non fosse diviso da una valutazione differente di quella dell'ossigeno e se avesse seguito precisamente la stessa valutazione delle quantità degli elementi del gas nitroso in pesi; ma, supponendo la molecola dell'ossigeno minore della metà della nostra, ha dovuto porre anche quella dell'azoto uguale a meno della metà di quella che noi abbiamo assegnato, cioè, 5 invece di 13. Quanto alla molecola del gas nitroso anche il difetto della considerazione della divisione avvicina ancora il risultato di Dalton ad un altro; egli ha fatto $6 + 5 = 11$, mentre secondo noi è $\frac{15+13}{2} = 14$ circa, o più esattamente $\frac{15,074+13,238}{2} = 14,156$, come si troverebbe dividendo 1,03636, densità del gas nitroso, secondo Gay-Lussac, per 0,07321. Dalton ha pure stabilito allo stesso modo che i fatti nostri gli hanno dato il numero relativo delle molecole nella scomposizione dell'ossido di azoto e dell'acido nitrico e la stessa circostanza ha rettificato il risultato delle dimensioni della molecola rispetto al primo; ha fatto $6 \times 2,5 = 16$, mentre secondo noi deve essere $\frac{15,074+2 \times 13,238}{2} = 20,775$, numero che si ottiene pure dividendo 1,52092, densità del gas ossido di azoto, secondo Gay-Lussac, per quella del gas idrogeno.

Quanto all'ammoniaca, la supposizione di Dalton sul numero relativo delle molecole nella composizione sarebbe del tutto errato secondo la nostra ipotesi; egli

¹⁴In ciò che segue, mi servirò dell'esposizione delle idee di Dalton, che Thomson ci ha dato nel suo *Système de Chimie*.

suppone l'azoto e l'idrogeno uniti molecola a molecola, mentre noi abbiamo visto che una molecola di azoto si aggiunge a tre molecole di idrogeno. Secondo lui, la molecola dell'ammoniaca sarebbe $5 + 1 = 6$; secondo noi essa deve essere $\frac{13+3}{2} = 8$ o più esattamente 8,119, come si può dedurre anche immediatamente dalla densità del gas ammoniacca. La divisione della molecola che Dalton non ha fatto entrare nel suo calcolo corregge anche qui in parte l'errore che deriverebbe dalle sue altre ipotesi.

IV. Percorriamo ancora qualche altra combinazione che ci può dare, secondo la nostra ipotesi, conoscenze almeno congetturali sulle masse relative delle molecole e sul loro numero in queste combinazioni paragonandole alle ipotesi di Dalton.

M. Gay-Lussac ha mostrato che supponendo che l'acido solforico secco è composto di 100 di zolfo e 138 di ossigeno in peso, così come hanno stabilito gli ultimi lavori dei chimici e che la densità del gas acido solforoso è 2,265, essendo preso quello dell'aria come unitario, come determinato da Kirwan e ammettendo che l'acido solforico è composto di due parti in volume di gas acido solforoso e una di gas ossigeno, come risulta dalle esperienze di Gay-Lussac, il volume dell'acido solforoso è all'incirca lo stesso di quello del gas ossigeno che vi entra; e questa uguaglianza si troverebbe esatta se le basi sulle quali si è stabilito il calcolo fossero le stesse. Se si suppone esatta la determinazione di Kirwan e si respinge l'intero errore sull'analisi dell'acido solforico, si trova nell'acido solforoso che 100 di zolfo in peso prendono 95,62 di ossigeno e, di conseguenza, nell'acido solforico $95,02 + \frac{95,02}{2} = 142,53$ invece di 138. Se, al contrario, si suppone l'analisi dell'acido solforico esatta, ne seguirà che l'acido solforoso contiene 92 di ossigeno su 100 di zolfo e il suo peso specifico dovrà essere 2,30314 invece di 2,265.

Una riflessione sembra portarci a prendere la prima decisione finché la densità del gas acido solforoso sia stata confermata o rettificata da nuove esperienze; deve esserci stato nella determinazione della composizione dell'acido solforico un errore tendente ad aumentare la quantità del radicale o a diminuire quella dell'ossigeno. Questa determinazione è stata fatta dalla quantità di acido solforico secco prodotto. Sembra quasi certo che lo zolfo comune contiene idrogeno; si è quindi aggiunto al peso effettivo del radicale quello di questo idrogeno che si è dovuto convertire in acqua in questa operazione. Supporrò, quindi, l'acido solforoso composto di 92,02 di ossigeno su 100 di zolfo, o piuttosto di radicale solforico invece di 92¹⁵.

Per determinare ora la massa della molecola del radicale solforico, bisognerebbe sapere quale sarebbe la proporzione in volume di questo radicale supposto gassoso rispetto all'ossigeno, nella formazione dell'acido solforoso. L'analogia tratta dalle altre combinazioni di cui abbiamo già parlato, dove vi è in generale un raddoppiamento di volume, o divisione della molecola in due, ci porta a supporre che è lo stesso di cui si tratta, cioè che il volume del gas di zolfo è la metà di quello dell'acido solforoso e, di conseguenza, anche del gas ossigeno che vi entra. In questa ipotesi, la densità del gas di zolfo starà a quella dell'ossigeno come 100 a $\frac{95,02}{2}$, o 47,51; ciò dà 2,323 per questa densità del gas di zolfo, prendendo quella dell'aria per unità. Essendo le masse delle molecole, secondo la nostra ipotesi, nello stesso

¹⁵Questo era scritto prima che avessi visto la Memoria di M. Davy sull'acido ossi-muriatico che contiene anche nuove esperienze sullo zolfo e il fosforo. Vi determina la densità del gas acido solforoso e la trova di 2,0967. Se si ammette questa densità, si trova che nell'acido solforoso 100 di zolfo prendono 111 di ossigeno in peso e nell'acido solforico 167 invece di 138; ma forse questa densità del gas acido solforoso, secondo Davy, pecca per difetto.

rapporto delle densità dei gas ai quali essi appartengono, la massa della molecola del radicale solforico starà a quella dell'idrogeno come 2,323 a 0,07321, o come 31,73 a 1. Una di queste molecole combinate, secondo quanto abbiamo detto, con due ossigeno, formerà l'acido solforoso, astrazione fatta della divisione e combinata ancora con una ulteriore molecola di ossigeno, formerà l'acido solforico. Da ciò, l'acido solforoso sarà analogo, per il numero relativo di molecole dei suoi componenti, all'acido nitrico (NO^2) e l'acido solforico non avrà nulla di analogo relativamente all'azoto. La molecola dell'acido solforoso, tenendo conto della divisione, sarà uguale a $\frac{31,73+2 \times 15,074}{2}$, o 30,94, come si otterrebbe anche immediatamente dividendo la densità 2,265 del gas acido solforoso per quella del gas idrogeno, Quanto a quella dell'acido solforico non la si può determinare, poiché non si sa se essa ha un'ulteriore suddivisione della molecola nella sua formazione¹⁶.

Dalton aveva supposto che l'acido solforico fosse composto da due molecole di ossigeno su una di radicale e l'acido solforoso da una molecola di ossigeno e una di zolfo. Queste due ipotesi sono incompatibili tra loro, in base ai risultati di Gay-Lussac, secondo i quali le quantità di ossigeno in questi due acidi, per una quantità data di radicale, sono rappresentate da 1 e $1\frac{1}{2}$. D'altronde, è partito per la determinazione della molecola, da una errata valutazione della composizione dell'acido solforico ed è solo per caso che la massa 15, che gli assegna, si trova avere con la massa dell'ossigeno, secondo lui, un rapporto che si avvicina a quello che presentano le masse di queste due sostanze secondo la nostra ipotesi.

Vediamo ora quale congettura possiamo formare sulla massa della molecola di una sostanza che gioca in natura un ruolo molto più grande dello zolfo, cioè, quella del carbonio. Siccome è certo che il volume dell'acido carbonico è uguale a quello del gas ossigeno che vi entra, se si ammette che il volume del carbonio che forma l'altro elemento, supposto gassoso, si raddoppia per la divisione delle molecole in due, come in numerose combinazioni di questo tipo, bisognerà supporre che questo

¹⁶M. DAVY, nella Memoria citata, ha avanzato le stesse ipotesi sul numero relativo delle molecole di ossigeno e del radicale negli acidi solforosi e solforici. Partendo, d'altra parte, dalla determinazione della densità del gas acido solforoso, si trova che la densità del radicale solforico sarà 1,9862, e la sua molecola, prendendo come unità quella dell'idrogeno, 27,13. Davy, con un calcolo analogo, la fissa alla metà circa, cioè, 13,7, poiché egli suppone, secondo l'ipotesi di Dalton sull'acqua, la molecola dell'ossigeno uguale a circa la metà della nostra.

Egli trova circa la stessa massa, cioè 13,4, partendo dalla densità del gas idrogeno solforato che è, secondo questi esperimenti, 1,0645, risultato poco differente da quello di Kirwan e supponendo che questo gas (che contiene, come si sa, un volume uguale al suo del gas idrogeno unito allo zolfo) è composto di una molecola di zolfo e una di idrogeno. Siccome supponiamo la molecola dello zolfo circa doppia, dobbiamo ammettere che questo gas risulta dall'unione di una molecola di questo radicale con due almeno di idrogeno e che il suo volume è doppio di quello di questo radicale supposto gassoso, come in tanti altri casi. Io dico: almeno con due molecole di idrogeno, poiché se vi fosse già dell'idrogeno nello zolfo comune, come indicano gli esperimenti noti su questa sostanza, bisognerebbe aggiungere questa quantità. Se, per esempio, lo zolfo comune fosse composto di una molecola di radicale solforico e di idrogeno, l'idrogeno solforato lo sarebbe di tre molecole di idrogeno su una del radicale. Questo si potrebbe decidere con in confronto del peso specifico del gas idrogeno solforato con quello del gas acido solforoso, se si conoscessero entrambi esattamente. Per esempio, supponendo esatto quello del gas idrogeno solforato, secondo Davy, la molecola del radicale solforico nell'ipotesi di solo due molecole di idrogeno sarebbe 27,08, prendendo quello dell'idrogeno per unità; ma nell'ipotesi di tre molecole di idrogeno, 27,08 sarebbe ancora la somma di una molecola di radicale con una di idrogeno e la prima si ridurrebbe, di conseguenza, a 26,08. Se la densità del gas acido solforoso supposta esatta confermasse l'uno o l'altro di questi risultati, essa confermerebbe l'una o l'altro di queste ipotesi; ma non si è ancora molto d'accordo su queste densità, per poter trarre conclusioni a questo riguardo, dalle determinazioni sinora fatte.

volume è la metà di quello del gas ossigeno con il quale si combina e, di conseguenza, l'acido carbonico risulta dall'unione di una molecola di carbonio e due di ossigeno ed è anche analogo agli acidi solforoso e nitrico (NO^2), secondo le nostre supposizioni precedenti. In questo caso si trova, dalla proporzione in peso tra l'ossigeno e il carbonio, che la densità del gas di carbonio sarà 0,832, prendendo per unità quella dell'idrogeno. Questa supposizione ha tuttavia una difficoltà contro di essa, cioè dare alla molecola del carbonio una massa minore di quella dell'azoto e dell'ossigeno, mentre si sarebbe portati ad attribuire la solidità della sua aggregazione nelle temperature più elevate a una massa più considerevole di molecole, così come si osserva nei radicali solforici e fosforici. Si arriverebbe a un risultato che sarebbe al riparo da questa difficoltà supponendo nella formazione dell'acido carbonico una divisione della molecola in quattro, o anche in otto; poiché si avrebbe così la molecola del carbonio doppia o quadrupla di quella stabilita: ma questa composizione non sarebbe analoga a quella di nessun altro acido; e, d'altronde, la forma gassosa o no, secondo altri esempi che abbiamo, non sembra dipendere unicamente dalla dimensione della molecola, ma anche da qualche altra proprietà sconosciuta delle sostanze. Così vediamo l'acido solforoso sotto la forma di gas alla pressione e temperatura abituale dell'atmosfera con una molecola molto considerevole e circa uguale a quella del radicale solforico che è un solido. Il gas acido muriatico ossigenato ha una densità e, di conseguenza, una massa di molecola ancora più significativa. Il mercurio che, come vedremo, deve avere una molecola estremamente grande, è tuttavia gassoso a una temperatura infinitamente inferiore a quella che rende tale il ferro la cui molecola è meno considerevole. Così nulla impedisce che consideriamo l'acido carbonico come composto nel modo indicato sopra e per l'analogia con gli acidi nitrico e sulfurei e la molecola del carbonio come avente una massa espressa da 11,36.

Dalton ha fatto la stessa ipotesi nostra sulla composizione dell'acido carbonico ed è stato portato ad attribuire al carbonio una molecola 4,4, che è quella del gas ossigeno, secondo lui, circa nello stesso rapporto tra 11,36 e 15, massa della molecola dell'ossigeno secondo lui.

Supponendo la massa e la densità indicate alla molecola del carbonio e al gas di questa sostanza, il gas ossido di carbonio sarà formato, dalle esperienze di Gay-Lussac, da parti uguali in volume di gas di carbonio e di gas ossigeno e il suo volume sarà uguale alla somma dei volumi dei suoi componenti; di conseguenza, sarà formato dal carbonio e dall'ossigeno uniti molecola a molecola con divisione in due; il tutto in una perfetta analogia con il gas nitroso (NO).

La massa della molecola dell'acido carbonico sarà:

$$\frac{11,36 + 2 \times 15,074}{2} = 20,75 = \frac{1,5196}{0,07321}$$

e quella del gas ossido di carbonio sarà:

$$\frac{11,36 + 15,074}{2} = 13,22 = \frac{0,96782}{0,07321}$$

V. Tra le sostanze semplici non metalliche, ve ne è una ancora di cui parlare, che, essendo naturalmente gassosa, non può lasciare dubbi, secondo i nostri principi, sulla massa della sua molecola, ma sulla quale le ultime esperienze di M. Davy, e quelle stesse misteriose di MM. Gay-Lussac e Thénard ci impongono di allontanare idee ritenute finora, sebbene questi ultimi due chimici stessero ancora tentando di

spiegarle secondo le loro idee. Si vede bene che si tratta della sostanza conosciuta finora sotto il nome di acido muriatico ossigenato, o acido ossi-muriatico. Non si può più, infatti, allo stato attuale delle conoscenze, considerare questa sostanza come ancora indivisibile e l'acido muriatico come un composto di questa sostanza e dell'idrogeno. Secondo questa teoria applicheremo a queste due sostanze i nostri principi sulle combinazioni.

La densità dell'acido ossi-muriatico, secondo Gay-Lussac e Thénard, è 2,470, essendo presa come unità quella dell'aria atmosferica; ciò dà per la sua molecola, prendendo per unità quella dell'idrogeno, 33,74, partendo dalla densità del gas idrogeno determinata da MM. Biot e Arago. Secondo Davy, 100 pollici cubi inglesi di gas ossi-muriatico pesano 74,5 grani, mentre, secondo lo stesso, un uguale volume di gas idrogeno ne pesa 2,27. Ciò darebbe per la molecola di questa sostanza $\frac{74,5}{2,17} = 32,82$. Queste due valutazioni differiscono molto poco dalla massa che M. Davy assegna a questa sostanza da altre considerazioni, cioè 32,9. Risulta tanto dalle esperienze di Gay-Lussac e Thénard quanto da quelle di Davy che il gas acido muriatico è formato dalla combinazione di volumi uguali di gas ossi-muriatico e idrogeno e che il suo volume è uguale alla loro somma; ciò vuol dire, secondo la nostra ipotesi, che l'acido muriatico si forma da queste due sostanze unite molecola a molecola con divisione della molecola in due, come abbiamo già visto in tanti esempi. Da ciò, la densità del gas acido muriatico, partendo da quella del gas ossi-muriatico, deve essere 1,272; essa è 1,278 secondo le esperienze di MM. Biot e Gay-Lussac. Se si suppone esatta quest'ultima determinazione, la densità del gas ossi-muriatico dovrà essere 2,483 e la massa della sua molecola 33,91. Se si vuole adottare di preferenza questa valutazione, la massa della molecola dell'acido muriatico sarà $\frac{34,91}{2} = 17,45 = \frac{1,278}{0,07321}$. La determinazione del peso specifico del gas acido muriatico di Davy, secondo la quale 100 pollici cubi di gas pesano 39 grani, darebbe numero poco diversi, cioè. 33,36 per la massa della molecola dell'acido ossi-muriatico e 17,18 per quella dell'acido muriatico.

VI. Leggendo questa Memoria, si potrà notare, in particolare, che vi sono molti punti di accordo tra i nostri risultati particolari e quelli di Dalton, sebbene fossimo partiti da un principio generale e che Dalton si sia regolato solo su considerazioni particolari, Questo accordo depone a favore della nostra ipotesi, che, in fondo, non è altro che il sistema di Dalton, dotato di un nuovo metodo di precisione per il legame che abbiamo trovato con il fatto generale stabilito da M. Gay-Lussac. Questo sistema suppone che le combinazioni si fanno in generale in proporzioni fisse e ciò che l'esperienza mostra rispetto alle combinazioni più stabili e più interessanti per i chimici. Queste sono le sole che possono avere luogo, a quanto sembra, tra i gas, a causa della enorme dimensione delle molecole che risulterebbe da rapporti espressi dai più grandi numeri dei chimici, malgrado la divisione di molecole che è probabilmente ristretta nelle molecole limite. Si intravede che l'avvicinamento di molecole nei corpi solidi e liquidi, lasciando tra le molecole integranti solo distanze dell'ordine di quelle delle molecole elementari, può dare luogo a rapporti più complessi e anche a combinazioni in tutte le proporzioni; ma queste combinazioni saranno per così dire di un altro genere di quelle di cui ci siamo occupati e questa distinzione può servire a conciliare le idee di M. Berthollet sulle combinazioni con la teoria delle proporzioni fisse.

LETTERA DI M. AMPÈRE a M. Conte BERTHOLLET

Sulla determinazione delle proporzioni nelle quali i corpi si combinano secondo il numero e la rispettiva disposizione di cui le loro molecole nelle loro particelle integranti sono composte

(Annali di Chimica, XC. 43 (1814))

Ampère (André-Marie) [1775-1836] nacque a Palémieux presso Lione. Figlio di un negoziante poco fortunato, costruì la propria educazione quasi da solo, divorando tutte le opere che capitavano sotto mano, teatro, storia, matematica. A diciotto anni, aveva letto la *Meccanica analitica* di Lagrange e sapeva a memoria capitoli interi della *Grande Enciclopedia*. Professore all'École Generale de Bourg, poi al liceo di Lione, fu presto nominato ripetitore all'École polytechnique. A trentadue anni, fu nominato professore di questa scuola e Ispettore generale dell'istruzione pubblica. Cinque anni più tardi, entrò all'Accademia delle Scienze. Si occupò esclusivamente di matematica e si fece conoscere per la pubblicazione di qualche memoria significativa: Considerazioni sulla teoria matematica del gioco, Applicazione del calcolo delle variazioni alla meccanica, Ricerche su alcuni punti della teoria delle funzioni derivate, Integrazione delle equazioni alle derivate parziali.

Avendo visto, nel 1820, ripetere davanti all'Accademia la celebre esperienza di Oersted, si consacrò, per sette anni consecutivi, allo studio delle azioni reciproche delle correnti, divenendo abile sperimentatore per controllare le sue deduzioni matematiche e giunse, infine, a edificare la celebre teoria matematica dei fenomeni elettromagnetici che immortalò il suo nome e che è stata il punto di partenza di tutta la scienza, di tutta l'industria elettrica moderna.

Di natura poetica e sentimentale, scambiò, a ventuno anni, con la sua fidanzata Julie Caron, lettere d'amore che, pubblicate molto tempo dopo la sua morte, lo fecero meglio conoscere di tutti gli elogi accademici. La sua esistenza fu particolarmente triste; perse la sua donna dopo tre anni di matrimonio e di malattia, si rimarito non felicemente e dovette, dopo due anni, separarsi dalla seconda moglie. Cattivo professore, ridicolizzato a causa delle sue leggendarie distrazioni, incapace di imporsi di assolvere il più piccolo obbligo amministrativo, a redigere, per esempio, un rapporto ispettivo, ebbe ugualmente a soffrire delle sue relazioni con i suoi allievi, i suoi colleghi e i suoi capi. Non incontrò durante l'esistenza le i piaceri ai quali la sua bontà e l'elevazione del suo carattere gli avrebbero dato diritto.

H. L. C.

Ampère propose, a tre anni di intervallo, la stessa interpretazione delle leggi di Gay-Lussac e di Avogadro. Lo fece solo in un modo molto accidentale, nel corso di uno studio diretto a collegare la forma cristallina dei corpi solidi alla loro composizione chimica. Aveva bisogno di conoscere il numero di particelle distinte contenute in ogni molecola di una combinazione chimica; cercò di dedurla dalle proprietà dei corpi gassosi. Qui si riproducono solo le prime pagine della sua memoria, le sole in cui trattò le combinazioni gassose.

Signor Conte,

Sapete che da lungo tempo l'importante scoperta di Gay-Lussac sulle proporzioni semplici che si osservano tra i volumi di un gas composto e quelli dei gas componenti mi ha fatto nascere l'idea di una teoria che spiega non solo i fatti scoperti da questo abile chimico e i fatti analoghi osservati in seguito, ma che si può pure applicare

alla determinazione delle proporzioni di un gran numero di altri composti che, nelle circostanze comuni, non assumono lo stato gassoso.

La memoria nella quale espongo questa teoria con tutti i dettagli necessari è quasi terminata; ma, siccome occupazioni di altro genere non mi permettono di lavorarci ora, mi preme rispondere al desiderio che mi avere manifestato di conoscerla, presentandovene un estratto.

Le conseguenze dedotte dalla teoria dell'attrazione universale, considerata come la causa della coesione e la facilità con la quale la luce attraversa i corpi trasparenti, hanno condotto i fisici a pensare che le ultime molecole dei corpi fossero trattentate dalle forze attrattive e repulsive che le sono proprie, a distanze infinitamente grandi relativamente alle dimensioni di queste molecole.

Da allora le loro forme, che nessuna osservazione diretta ci può far conoscere, non hanno più alcuna influenza sui fenomeni che presentano i corpi che ne sono composti e bisogna cercare la spiegazione di questi fenomeni nel modo in cui queste molecole si pongono le une nei confronti delle altre per formare ciò che chiamo una *particella*. Secondo questa nozione, si deve considerare una particella come l'insieme di un numero determinato di molecole in una situazione determinata, racchiudenti tra esse uno spazio incomparabilmente più grande del volume delle molecole; e affinché questo spazio abbia tre dimensioni tra loro confrontabili, bisogna che una particella riunisca almeno quattro molecole. Per esprimere la situazione rispettiva delle molecole in una particella, bisogna ideare dai centri di gravità di queste molecole, ai quali si possono considerare ridotte, dei piani situati in modo da lasciare da una stessa parte tutte le molecole che si trovano fuori da ogni piano. Supponendo che nessuna molecola sia racchiusa nello spazio compreso tra questi piani, questo spazio sarà un poliedro con ad ogni vertice una molecola e basterà citare questo poliedro per esprimere la situazione rispettiva delle molecole di cui la particella si compone. Darò a questo poliedro il nome di *forma rappresentativa della particella*.

Essendo i corpi cristallizzati formati dalla sovrapposizione regolare delle particelle, la divisione meccanica indicherà piani paralleli alle facce di questo poliedro; ma ce ne potrà indicare altre risultanti da diverse leggi di decrescimento: nulla impedisce, d'altronde, che questi non siano spesso più facili da ottenere che una parte dei primi e poiché la loro suddivisione meccanica ci può ben fornire solo delle congetture per la determinazione delle forme rappresentative. È un altro metodo per conoscere queste forme, determinare, rispetto ai componenti di un corpo, il numero di molecole che si trova in ogni particella di questo corpo. Sono partito dall'ipotesi che nel caso in cui i corpi passino allo stato gassoso, solo le loro particelle siano separate le une dalle altre dalla forza espansiva del calorico a distanze molto più grandi di quelle dove le forze di affinità e di coesione hanno un'azione apprezzabile, in modo che queste distanze dipendano solo dalla temperatura e dalla pressione del gas e che a temperature uguali, le particelle di tutti i gas, sia semplici, sia composte, sono poste alla stessa distanza le une dalle altre. Il numero di particelle è, in questa ipotesi, proporzionale al volume del gas¹⁷. Quali che siano le ragioni teoriche che sembrano appoggiarla, non si può non considerarla come un'ipotesi; ma confrontando le conseguenze che ne sono un seguito necessario con i fenomeni o le proprietà che osserviamo; se essa si accorda con tutti i risultati noti dell'esperienza, se se ne deducono conseguenze che si trovano confermate da esperienze ulteriori, essa potrà

¹⁷Dopo la stesura della mia Memoria, ho appreso che M. Avogadro aveva fatto di quest'ultima idea la base di un lavoro sulle proporzioni degli elementi nelle combinazioni chimiche.

acquisire un grado i probabilità che si avvicinerà a quella che si chiama in fisica la *certezza*. Supponendola ammessa, basterà conoscere i volumi allo stato gassoso di un corpo composto e dei suoi componenti, per sapere quante particelle o porzioni di particelle dei due componenti contiene una particella del corpo composto. Il gas nitroso contiene, per esempio, la metà del suo volume in ossigeno e la metà in azoto, ne segue che una particella di gas nitroso è formata dall'unione della metà di una particella di ossigeno e dalla metà di una particella di azoto: il gas formato dalla combinazione del cloro e dell'ossido di carbonio contenente volumi di questo gas che sono uguali al suo, una delle sue particelle è formata dall'unione di una particella di cloro e da una di ossido di carbonio; il vapor acqueo contenente, secondo le belle esperienze di M. Gay-Lussac, un volume uguale di idrogeno e la metà del suo volume in ossigeno, una delle sue particelle sarà composta da una particella intera di idrogeno e dalla metà di una particella di ossigeno; per la stessa ragione, una particella di gas ossido di azoto conterrà una particella intera di azoto e metà di una particella di ossigeno; infine un volume di gas ammoniacale essendo composto di un semi volume di azoto e di un volume e mezzo di idrogeno, una particella di questo gas conterrà la metà di una particella di azoto e una particella e mezzo di idrogeno.

Se ammettiamo, come ipotesi più semplice, che mi sembra d'altra parte sufficientemente giustificata dall'accordo delle conseguenze che ne ho dedotto con i fenomeni, che le particelle dell'ossigeno, dell'azoto e dell'idrogeno sono composte di quattro molecole, ne concluderemo che quelle del gas nitroso sono pure composte da quattro molecole, due di ossigeno e due di azoto; quelle del gas ossido di azoto, di sei molecole, quattro di azoto e due di ossigeno; quelle del vapor acqueo, di sei molecole, quattro di idrogeno e due di ossigeno e quelle del gas ammoniacale, di otto molecole, sei di idrogeno e due di azoto.

L'ipotesi che le particelle del cloro sono pure composte di quattro molecole, non può accordarsi con i fenomeni che presenta questo gas nelle diverse combinazioni: si è necessariamente portati, per rendere ragione di questi fenomeni, ad ammettere otto molecole in ciascuna delle sei particelle, e a supporre, o che queste molecole sono della stessa natura, o che le particelle del cloro contengono quattro molecole di ossigeno e quattro molecole di un corpo combustibile sconosciuto.

Memoria su alcuni aspetti della teoria atomica

di M. J. B. Dumas (Annales de Chimie e de Physique, XXXIII, 337 [1826])

Dumas (Jean Baptiste) [1800 - 1884] nacque a Alais (Gard). Da una famiglia numerosa, dovette, dalla sua uscita dalla Scuola comunale, iniziare a guadagnarsi da vivere; entrò come allievo presso una farmacia della sua città natale, ma, posseduto ben presto da un desiderio insaziabile di istruirsi, partì a piedi per Ginevra, dove abitò presso il farmacista Leroyer per seguire nello stesso tempo in questa città i corsi dell'Università. Rapidamente apprezzato dai suoi maestri, Candolle, Picter, de la Rive, fu caldamente raccomandato da essi ad Arago e ottenne così, a ventiquattro anni, il posto di ripetitore di Thénard al corso di chimica dell'École Polytechnique. I posti nell'insegnamento non erano ancora divenuti funzioni amministrative nei quali l'avanzamento avveniva per anzianità. L'École Polytechnique poteva allora aprirsi a tutti i giovani geni, come Gay-Lussac, Dumas, Regnault, che diedero lustro in seguito, con i loro lavori scientifici e i loro insegnamenti, il nome di questa scuola.

L'esistenza di Dumas comprende quattro periodi distinti.

Durante tutta la sua giovinezza, fino all'età di venticinque anni, lavorò con un ardore instancabile alla sua crescita intellettuale, interessandosi pure alle questioni scientifiche, letterarie, filosofiche e anche artistiche.

Dai venticinque ai cinquantanni, consacrò tutto il suo tempo alla produzione scientifica, mostrando un ardore sul lavoro che è stato raramente uguagliato. In alcune delle sue numerose esperienze sulla composizione dell'acqua, per esempio, si mise al lavoro alle sei del mattino e restò in laboratorio fino alla metà della notte seguente, verso le tre, per ottenere le ultime pesate. Tra i suoi lavori più conosciuti, si cita la scoperta degli amidi, lo studio fondamentale della costituzione degli alcool e degli etere; importanti ricerche sugli alcaloidi e sull'indaco; in chimica minerale, la determinazione precisa della composizione dell'aria, dell'acqua e dell'acido carbonico perseguita in collaborazione con Stas e Boussignault. Ma la sua influenza dominante sui progressi della chimica si collega alla sua costante preoccupazione di ricercare in tutti i problemi scientifici l'aspetto filosofico. Se si impegnò tanto per determinare con analisi precise dell'acqua e dell'acido carbonico, i pesi atomici esatti dell'idrogeno, dell'ossigeno e del carbonio, questo fu unicamente per risolvere il problema posto da Proust, relativo all'esistenza di rapporti numerici semplici tra i pesi atomici di tutti i corpi, dovendo avere la verifica di questa ipotesi una ripercussione profonda sulle nostre concezioni della materia. Egli intraprese le sue ricerche sulle densità di vapori per arrivare alla determinazione dei reali pesi proporzionali di combinazione. Nello stesso ordine di idee, diede la sua classificazione dei metalloidi rimasta finora classica. Riuscì, infine, grazie all'autorità del suo nome, a imporre ai chimici la teoria delle sostituzioni di Laurent che il suo autore non era riuscito a far conoscere. Nel 1836, riprese questa nozione di chimica generale nelle conferenze sulla filosofia chimica che ebbero una immensa risonanza e possono ancora oggi essere lette con grande profitto.

Dumas occupò successivamente o simultaneamente le cattedre di chimica all'École Polytechnique, alla Sorbona, di cui divenne preside, e alla Scuola di medicina. Esercitò soprattutto una grande azione con consigli e incoraggiamenti che forniva ai giovani chimici, facendo per essi ciò che i suoi primi maestri di Ginevra avevano fatto per lui. Pasteur parlava sempre con emozione dell'influenza benefica che Dumas aveva esercitato su di lui.

Dai cinquanta ai settanta anni, Dumas si consacrò esclusivamente alla politica e all'amministrazione. Successivamente, deputato, ministro e senatore, fu nello stesso tempo presidente del consiglio municipale di Parigi, del Consiglio superiore dell'Istruzione pubblica, della Società di stimolo per l'industria nazionale e di un gran numero di altre società e commissioni. Esercitò un'influenza considerevole e prevalentemente positiva per il paese; fu anche, da vivo, colmato di gloria e onore. Ma ora il ricordo dei suoi servizi è ora appannato dal ricordo dei suoi titoli scientifici. Questa azione passata ci è ricordata dalle numerosi busti, ritratti e medaglie conservati nelle nostre sale di riunione o nei nostri laboratori. Eppure l'opera di amministratore fu così grande e bella come quella di scienziato. Basta ricordare la creazione della Scuola centrale delle Arti e Mestieri, l'organizzazione dell'illuminazione a gas della città di Parigi, l'inchiesta agricola sui concimi, la lotta contro la fillossera, la fondazione dell'ufficio internazionale dei pesi e delle misure. La realizzazione di un'opera simile esigeva un'attività divorante che provocò talvolta qualche attrito. Dumas esigeva dai suoi collaboratori lo stesso ardore nel lavoro e

spesso l'esercizio della sua autorità parve un poco duro a colleghi troppo inclini a considerare le riunioni di commissione come occasioni piacevoli.

Dopo la caduta dell'Impero, all'età di settanta anni, Dumas si ritirò dalla vita pubblica, terminando una felice vecchiaia circondato dalla simpatia e dalla riconoscenza di numerosi scienziati che egli aveva guidato con consigli e appoggi. Si rimise al lavoro ed entrò nel laboratorio di Pasteur dove pubblicò, come ultima opera scientifica, uno studio sulla frammentazione.

Si può dipingere nel modo migliore questo scienziato con le parole pronunciate nel 1889 da Pasteur, in occasione dell'inaugurazione del monumento commemorativo che orna una delle piazze pubbliche della sua città natale, Alais:

“È un piccolo numero di uomini così ben disposti per il lavoro silenzioso che per il dibattito delle grandi assemblee; all'infuori degli studi personali, che gli assicurano nei posterì un posto a parte, essi hanno l'intelligenza attenta a tutte le idee generali e il cuore aperto a tutti i sentimenti generosi. Questi uomini sono l'anima tutelare di una nazione.”

H. L. C.

Dumas ebbe la sensazione, se non la visione molto netta, dei servizi che l'ipotesi di Avogadro e di Ampère dovevano rendere per la scelta dei numeri proporzionali di combinazioni. Questa preoccupazione lo impegnò a determinare con la massima precisione mai raggiunta sino ad allora le densità dei gas e dei vapori. Nella sua memoria sulla teoria atomistica qui riprodotta, egli descrive i suoi metodi sperimentali e dà i risultati delle sue misure, ma non ne trae alcuna conseguenza per lo scopo che perseguiva. Riproducendo nelle prime pagine la distinzione essenziale tra le molecole gassose e le frazioni di molecole entranti in reazione chimica, non sembra aver molto penetrato tale distinzione per applicarla ai suoi dati sperimentali, per osare proclamare la necessità di avere due pesi proporzionali distinti per ogni corpo, un peso molecolare e un peso atomico.

Dopo l'introduzione della teoria atomistica, i risultati dedotti da questa pregevole concezione hanno acquistato ogni giorno una nuova importanza e sono divenuti la base per tutte le ricerche di chimica che richiedono precisione. I tentativi più recenti hanno fornito, tuttavia, relativamente ai pesi assoluti degli atomi, solo dati troppo vaghi perché li si possa considerare come definitivi. Questa incertezza proviene senza dubbio da chi ha seguito, in questo genere di discussione, metodi diversi che talvolta portano allo stesso risultato, ma che, in parecchi casi, appaiono difficili da conciliare. La condizione di dubbio nella quale ci si ritrova deve essere pienamente valutata da tutte le persone che si dedicano allo studio della chimica, poiché la maggior parte delle considerazioni generali raggiunte in questi ultimi tempi sono vere solo in condizioni date e cambiano enunciato se si sostituisce ai pesi degli atomi sui quali si basano, quelli ai quali si è stati portati per soddisfare ad altre leggi.

Mi sono imposto di fare una serie di esperienze per giungere al peso dell'atomo (molecola) di un gran numero di corpi per mezzo della loro densità allo stato di gas o di vapore. Non resta, in questo caso, che una sola ipotesi da fare, e tutti i fisici sono d'accordo a questo riguardo. Essa consiste nel supporre che, in tutti i fluidi elastici nelle stesse condizioni, le molecole si trovano poste a uguale distanza, cioè che esse sono nello stesso numero.

Il risultato più immediato di questo modo di affrontare la questione è stato già scientificamente discusso da M. Ampère; ma non sembra ancora essere ammesso nella pratica da alcun chimico, se non da M. Gay-Lussac. Consiste nel considerare le molecole dei gas semplici come suscettibili di una ulteriore divisione che si produce nel momento della combinazione e che varia secondo la natura del composto. Benché questa conseguenza non sia ancora generalmente ammessa, è impossibile evitarla quando si considera come vera l'ipotesi precedente sulla costituzione dei corpi gassosi. Considerando la questione sotto questo punto di vista, si comprende presto che la determinazione dei veri atomi con i gas o i vapori presenta difficoltà insormontabili allo stato attuale della scienza. Infatti, se le molecole (atomi) di un corpo semplice, passando allo stato gassoso, restano ancora raggruppati in certo numero, possiamo ben confrontare questi corpi in condizioni tali che essi racchiudono lo stesso numero di questi gruppi (molecole); ma ci è impossibile arrivare per il momento a conoscere come, in ciascuno di questi, esistano molecole elementari (atomi).

Ma, se si deve momentaneamente rinunciare a questo genere di determinazione, è di grande interesse stabilire in modo preciso la densità del vapore dei corpi semplici e composti, per quanto comporta la loro natura. È, infatti, il solo procedimento che possa fornire alla scienza risultati in grado di chiarire tutte le questioni relative sia alla disposizione molecolare dei corpi al momento della loro unione, sia alla proprietà generali delle molecole stesse.

Nel sistema adottato da M. Berzélius, si è seguito per la formazione dei composti un piano generale che consiste nel rappresentare i loro atomi come se fossero formati da atomi semplici riuniti, sempre in numero intero. Così, in questo sistema, l'acqua risulta di due atomi di idrogeno e di un atomo di ossigeno, l'acido idrocloridrico di un atomo di cloro e di un atomo di idrogeno, mentre, per essere conseguente con le idee enunciate sulla costituzione dei gas, bisognerebbe rappresentare l'acqua con un atomo (molecola) di idrogeno e mezzo atomo (atomo) di ossigeno, l'acido idrocloridrico con un semi atomo di cloro e un semi atomo di idrogeno.

La formula di un composto dovrebbe quindi sempre rappresentare ciò che entra in un volume di questo corpo preso allo stato gassoso.

Bisogna ammettere che le conoscenze che possediamo a questo riguardo rendono difficile l'impiego di questa regola. Abbiamo solo quattro corpi semplici la cui densità sia stata determinata direttamente e ciò non permette di arrivare a leggi generali sul modo di divisione che le loro molecole subiscono passando allo stato di combinazione. La scienza è abbastanza povera di risultati relativi ai corpi composti. Il lavoro che ho intrapreso ha per scopo riunire tutti i dati di questo tipo che si possono acquisire e di cercare le leggi che presiedono alla disposizione molecolare dei gas o dei vapori. Prima di permettere qualche conclusione generale su questo aspetto, ho voluto riunire tutti i risultati che potevo ottenere; ma ho incontrato, in più di un caso, difficoltà così singolari che ho dovuto impegnarmi ad esaminare di nuovo i dati analitici e, di conseguenza, a pubblicare successivamente i fatti che ho osservato. Il concatenamento delle idee e la necessità di studiare ogni questione sotto i suoi diversi aspetti mi condurrà necessariamente ad un lavoro di durata troppo lunga perché possa attendermi la fine senza fissare ad un altro periodo altri principali risultati di questa serie di ricerche in modo autentico.

Oltre lo scopo essenziale di questa serie di ricerche che consiste nel sostituire con nozioni positive i dati arbitrari sui quali si basa la teoria atomistica quasi

completamente, me ne sono proposto un altro non meno importante ai miei occhi. È la classificazione naturale dei corpi semplici.

Intendo per classificazione naturale una disposizione di questi corpi in gruppi fondati su caratteri molto importanti affinché si possa considerarli come capaci di determinare tutte le proprietà secondarie.

Questi caratteri sono i diversi modi di combinazione dei corpi, la loro capacità per il calore e il volume del loro atomo preso allo stato solido. Quest'ultima caratteristica, sulla quale mi propongo di attirare ben presto l'attenzione dell'Accademia, sembra della massima importanza in quanto essa mostra la reale causa dell'isomorfismo di certi corpi e che permette di prevederla in alcuni casi in cui non è stata osservata.

Spero che riunendo così tutti i dati che lo stato della scienza permette di ottenere, potrò giungere a chiarire i principali punti della teoria atomistica e a porre le basi di una classificazione realmente naturale nel senso che si attribuisce a questa parola in botanica e in zoologia. I gruppi che cerco di formare prima di riunire i corpi le cui molecole possiedono proprietà simili, offriranno per lo studio una facilità molto grande, nello stesso tempo indicheranno analogie atte a condurre in modo sicuro alla scoperta di nuovi composti.

Prima di entrare in tema, devo far conoscere in modo generale i procedimenti che ho impiegato in queste esperienze. Quando ho potuto, ho preso la densità dei gas con procedimenti noti e con i mezzi comuni; ma siccome spesso non ho avuto l'occasione di pesare gas puri, ho avuto cura di indicare, in ogni caso particolare, le precauzioni che sono stato obbligato a prendere. Quanto ai vapori, mi sono servito piuttosto dello strumento ben conosciuto di Gay-Lussac, a volte un mezzo più semplice che credo offra la massima precisione. Sono stato obbligato a cercare un procedimento diverso da quelli che M. Gay-Lussac e di M. Despretz avevano fatto conoscere, per la necessità in cui mi sono trovato di pesare il vapore di certi corpi che intaccavano il mercurio. Dopo qualche tentativo, mi sono fermato al metodo seguente, che diverrà, ne sono certo, del tutto usuale nei laboratori, per la sua semplicità. Esso si applica a tutti i corpi in grado di entrare in ebollizione a una temperatura minore di quella in cui il vetro inizia a sciogliersi.

Esso consiste in generale nel riempire con il vapore che si vuole studiare una palla di capacità nota, a pressione atmosferica e a una temperatura determinata, necessariamente superiore al punto di ebollizione del corpo. Si giunge a realizzare queste condizioni ponendo in una palla a collo affusolato un eccesso della materia e innalzando la temperatura a un grado opportuno. Quando si vuole mettere fine all'esperienza, si chiude il becco della palla per mezzo di un cannello. Si osserva la temperatura della palla e la pressione atmosferica, poi si determina il peso della materia restante nel vaso e il volume dello stesso. Questi dati bastano per giungere al risultato.

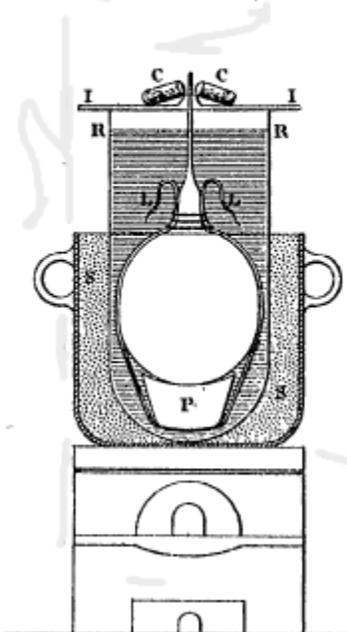
La sola condizione difficile da ottenere, è l'uguaglianza di temperatura e la sua esatta determinazione. Vi si può arrivare tuttavia ponendo la sfera in un bagno di acqua bollente o in un bagno di acido solforico più o meno concentrato, oppure, infine, in un bagno di lega in fusione di M. Arcel. Nel primo caso, la temperatura è determinata; nel secondo, si può impiegare il termometro a mercurio; ma nel terzo, si è obbligati a fare uso del termometro ad aria.

Persuasato che questo procedimento diverrà di uso frequente, credo di dover entrare in qualche dettaglio sulle diverse modifiche di cui è capace e sul modo di calcolarne

i risultati.

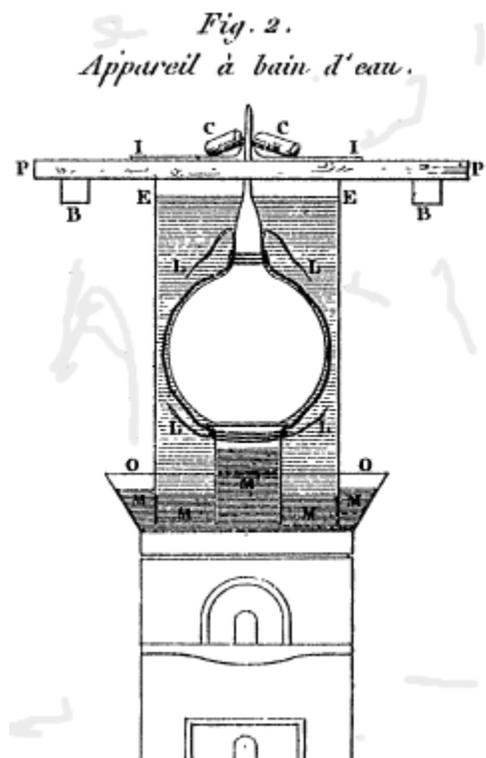
Impiego tre strumenti diversi. Il primo per le temperatura da 150° a $200^{\circ}C$; il secondo per quelle che non superano $150^{\circ}C$; il terzo può andare fino al rosso nascente.

Fig. 1.
Appareil à bain
d'acide sulfurique.



Nel primo caso, si fissa una massa di piombo (fig. 1; P) alla parte inferiore della sfera per mezzo di una lamina di piombo (LL) che si attacca attorno al collo della sfera, sia per mezzo di un filo di platino, sia mediante una lamina di piombo. Si dispone poi la sfera così zavorrata in una campana di vetro inserita in un bagno di sabbia (SS), che contiene una bacinella di ferro. Si versa nella campana di vetro dell'acido solforico concentrato fino a due pollici dal suo bordo (RR), poi si ricopre la campana con una lamina di rame (H) forata per lasciar passare la punta della sfera e con due altri fori più grandi per immergere i termometri. Attorno alla punta della sfera si pone qualche carbone incandescente (CC), che impedisce la condensazione in questo punto dell'eccesso di materia introdotta nella palla. Fatto tutto questo, si accende il fuoco nella fornace e si innalza la temperatura molto vivamente fino a 10 o 12° al di sopra del punto di ebollizione della materia. Ma, in questa fase, bisogna moderare il fuoco perché il getto di vapore proveniente dall'eccesso del corpo impiegato non sia troppo rapido. Si porta così poco alla volta la temperatura fino a 30 o 40° al di sopra del punto di ebollizione del corpo, e quando si è giunti circa al valore voluto, si chiudono le uscite della fornace, si lascia stabilire l'equilibrio della temperatura e operando rapidamente sul cannello si chiude la punta della sfera. Si annota la temperatura del bagno e la pressione atmosferica. Dopo il raffreddamento dello strumento, si pesa la sfera e ciò dà il peso

del vapore. Si rompe poi la sua punta sotto l'acqua o sotto il mercurio e si misura l'aria, se ne è rimasta, per tenerne conto nel calcolo. Si riempie la palla di acqua distillata e la si pesa di nuovo allo scopo di conoscere la sua capacità. Si prende infine, per la terza volta, il suo peso pieno di aria secca e l'esperienza è terminata; si hanno così tutti gli elementi necessari per determinare il volume e il peso del vapore a una temperatura data.



Quando si ha bisogno di una temperatura inferiore a $150^{\circ}C$, si può modificare questo strumento in modo da rendere l'impiego più rapido e comodo. A questo scopo (fig. 2), si sostituisce la zavorra in piombo con un vaso contenente mercurio (M'). Due o tre lamine di piombo (LL) fissate con fili di platino al collo della palla servono a mantenere lo strumento in posizione. Per innalzarne la temperatura, lo si mette in una bacinella di ferro contenente mercurio (MM) e la si circonda con un manicotto che si riempie fino a EE , a due pollici dal suo bordo, sia di acqua pura, sia di acido solforico in una quantità di acqua opportuna, secondo la temperatura che si vuole raggiungere. Per prevenire le oscillazioni del manicotto, si pone nella sua parte superiore una tavola (PP) con un foro il cui diametro è uguale a quello della parte interna dello stesso manicotto. Essa si basa, di conseguenza, sullo spessore del vetro. Essa è, d'altra parte, provvista di qualche bacchetta di ferro (BB) o di piombo che aumentano il suo peso e che danno all'insieme dello strumento una perfetta stabilità. Infine, si adatta all'apertura della tavola una lamina di piombo forata (H) simile a quella dello strumento precedente e che serve a sostenere alcuni carboni (CC). Si dirige l'esperienza nello stesso modo e con le stesse precauzioni.

L'ultimo di questi strumenti si scalda più velocemente. Si vede meglio l'interno della palla, il cilindro di vetro è meno soggetto a rotture; ma non si può superare una temperatura di 150° , a causa dell'impiego del mercurio. Il bagno di questo metalli avente sempre una temperatura superiore a quella del liquido, ne volatilizza nelle parti (*OO*) una quantità molto considerevole, di cui è difficile evitare gli effetti pericolosi. Il mercurio sarà allora fortemente attaccato da un acido in grado di sopportare una temperatura più elevata senza bollire.

Al di sopra dei 150° , bisogna quindi fare ricorso al primo strumento. L'esperienza è più lenta, esige più attenzione nelle modalità di riscaldamento; ma almeno non è accompagnata da alcun pericolo, poiché se la campana si rompe, essendo sostenuta da tutte le parti, si avrà sempre il tempo di allontanarsi prima che l'acido si espanda nel bagno di sabbia.

Io ho completamente abbandonato l'impiego dell'olio in queste esperienze. Ad una temperatura elevata, questo liquido annerisce quando è a contatto con il mercurio e non si vede più l'interno della boccia. Inoltre, i vapori che espande sono molto sconvenienti, sia per il loro effetto sulla salute, sia per la facilità con la quale si infiammano. Infine, al termine di qualche esperienza, tutti gli strumenti sono talmente sporchi che si incontra molta fatica e disgusto nel loro maneggio. Sono convinto che tutte le persone che tenteranno esperienze di questo tipo troveranno che tra tutti i liquidi, l'acido solforico è quello che offre i minori inconvenienti.

Per fissare le idee sull'impiego di questo primo tipo di strumento, riferisco i risultati di un'esperienza sul vapore di iodio.

Iodio. Le ricerche di M. Gay-Lussac sullo iodio hanno avuto risultati così netti e precisi che non può rimanere alcuna incertezza sul ruolo di questi corpi. Prendere direttamente la densità del suo vapore era quindi un'opera non comandata; ma ho voluto farlo per parecchi motivi: in primo luogo, per sostituire un'ipotesi alla verità molto probabile con un dato positivo; in secondo luogo, per verificare l'esattezza del metodo di cui mi sono servito. Credo di dover dare qualche dettaglio sul modo in cui ho fatto un'esperienza che si può considerare come alquanto delicata. Ho preso dello iodio distillato sul cloruro di calcio. Era sotto forma di bei cristalli lunghi da 8 a 10 linee. L'ho introdotto in una palla di vetro di cui ho assottigliato il collo a mo' di lampada, lasciando un'apertura di circa 1 *mm* di diametro. La palla è stata posta in un bagno di acido solforico che poteva raggiungere 200° senza bollire. Il vapore di iodio si è lentamente sviluppato ed è solo a 175° C che la parte sagomata del collo ha minacciato di ostruirsi. Al di sotto di questo punto, le porzioni di iodio che vi si depositavano si volatilizzavano rapidamente nell'aria e questa parte del contenitore era sempre libera. Si è, quindi, da questo momento scaldato la punta della palla per mezzo di un carbone che girava attorno ad esso e si è portata la temperatura del bagno lentamente fino a 185° . La palla ha impiegato più di un'ora a giungere da 175° a 185° e si è posto fine all'esperienza solo quando non si sono più osservate goccioline di iodio liquido sulle pareti del contenitore. Nelle prime fasi dell'esperienza, il vapore di iodio era violetto; ma alla fine il suo colore era così intenso che non si poteva scorgere né il giorno, né la fiamma di una lampada attraverso la sfera, che aveva soltanto 4 o 5 pollici di diametro. Sui bordi, il suo colore era blu; per riflessione, esso era di un nero perfetto. La punta della palla è stata chiusa a 185° C. Si è pesato la palla dopo il raffreddamento, poi la si è aperta sotto l'acqua e si è raccolta l'aria restante. Si è lavata la boccia con della potassa per portar via lo iodio, la si è riempita di acqua distillata e pesata di nuovo:

infine la si è svuotata, poi essiccata nel vuoto dopo averla scaldata per accelerare la deessiccazione, la si è riempita di aria secca e si è preso il suo peso per la terza volta. Ecco i dati di un'esperienza condotta con la massima cura¹⁸:

107 ^{gr} , 532 boccia piena d'aria secca a 24° C e 0 ^m , 757	<i>p</i>
110 ^{gr} , 025 boccia piena di vapore e di aria a 185° C e 0 ^m , 757	<i>p'</i>
0 ^l , 066 non mescolato al vapore, misurato sull'acqua a 22° C e 0 ^m , 757	
664, 350 boccia piena d'acqua a 22° C	<i>P</i>

da cui si ricava 11^{gr}, 323 per il peso del litro di iodio e 8, 716 per la densità del suo vapore.

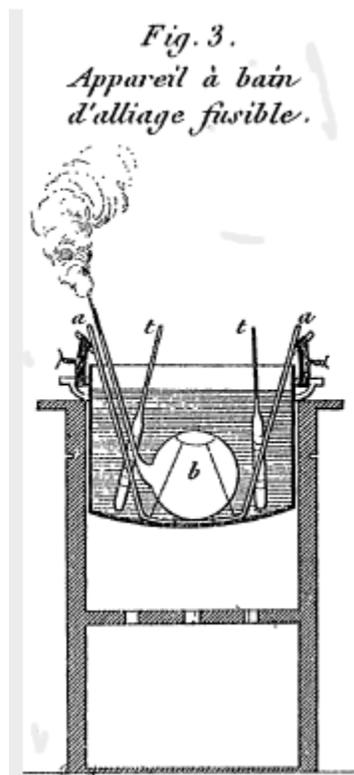
Partendo dalla densità dell'acido idroiodico osservato da M. Gay-Lussac, cioè 4, 4288, si troverebbe 8, 7879; mentre se si calcola sul peso dell'atomo di iodio, come le esperienze dello stesso scienziato stabiliscono, si trova sola 8, 6118, essendo l'atomo uguale a 781, 05. Se si calcolasse il peso dell'atomo dopo la densità che ho ottenuto direttamente, si troverebbe 790, 4. Presento questi valori solo allo scopo di fissare le idee e di mostrare i limiti nei quali l'errore si troverebbe compreso se si assegnasse un'uguale fiducia a questi diversi metodi. Ma mi sembra più probabile che i metodi chimici comuni sono suscettibili di una precisione maggiore delle esperienze del tipo di quelle che ho qui riferito. Non estenderò oltre le conseguenze del mio risultato e lo considererò come una semplice verifica delle idee di M. Gay-Lussac sulle combinazioni dello iodio.

Il tipo di strumento presentato e il metodo in se stessi sono evidentemente applicabili a tutti i corpi in grado di bollire al di sotto della temperatura alla quale il vetro inizia a sciogliersi. Bisogna solo, per ottenere un grado uniforme e superiore al punto di ebollizione dell'acido solforico o dell'olio, fare uso di un bagno metallico capace di arrivarvi. Questo vantaggio si trova nella lega fondibile di Arcet. Io me ne sono servito in numerose circostanze con un vantaggio e una facilità che era lontana da essere sperata.

Lo strumento che ho impiegato (fig. 3) si compone di una bacinella in ghisa, destinata a ricevere la lega e la boccia. Una barra di ferro (*aa*) ricurvata a forma di U e portante un piccolo cerchio nel mezzo della parte inferiore, serve a sostenere l'involucro e i termometri; essa è solidamente attaccata ai manici della bacinella per mezzo di un intreccio di filo di ferro. La boccia *b* è attaccata alla parte inferiore della barra con un poco di filo di ferro. I termometri ad aria *ll* sono legati allo stesso modo ai rami montanti. La bacinella è fissata sulla fornace, sia con una lastra di ferro forata, sia per mezzo di due barre di ferro che passano nei manici.

¹⁸Dalla formula $P - p + (P - p)\delta$, dove δ è il rapporto delle densità dell'acqua e dell'aria nelle condizioni sperimentali, si giunge a conoscere in modo sufficientemente corretto la capacità della boccia. Si calcola allora il peso p'' del volume di aria che contiene e si ha $p' + p'' - p$ per il peso della miscela di vapore e aria. D'altro canto, si corregge il volume di questa miscela per la temperatura, la pressione e la dilatazione del vetro e la si riporta a 0° e 0, 76. Non resta che dedurre da questi risultati grezzi ciò che concerne l'aria rimanente. Per questo, si riporta il suo volume a 0° e 0, 76, correggendolo per il vapore acqueo; lo si sottrae dal volume della miscela; facciamo lo stesso per il suo peso e rimangono allora come ultimi valori il peso e il volume del vapore puro.

Questo genere di calcolo è un poco lungo, ma è facile. È dubbio che lo si possa abbreviare, a causa delle diverse correzioni che ognuno dei dati esige.



Ecco le modalità di conduzione delle esperienze. Disposto lo strumento, si pongono dei frammenti di miscela fondibile nella bacinella e si scalda fino al suo punto di fusione. Allora si può riempire il vaso di miscela fusa senza temere di determinare la rottura degli strumenti in vetro, soprattutto se si ha cura di aggiungere la miscela poco alla volta. Quando la bacinella è sufficientemente riempita, si innalza la temperatura. Presto la materia entra in ebollizione e si libera un getto di vapore più o meno rapido. Si riconosce che l'eccesso di materia è stata espulsa quando il vapore che si proietta dapprima a 3 o 4 piedi al di fuori dello strumento con un sibilo vivace si trova ridotto a un getto di una o due linee e si sprigiona senza rumore, malgrado l'innalzamento continuo della temperatura. Lascio di solito innalzare la temperatura per quindici o venti minuti; fisso al cannello i termometri e la boccia e tolgo il fuoco. Si può portare la temperatura fino al rosso nascente; gli strumenti non subiscono alcuna deformazione.

Quando, per il raffreddamento, il bagno ha raggiunto 100 o 120°, verso la miscela in un'altra bacinella. Ne rimane uno strato sottile sugli strumenti di vetro che rende il loro raffreddamento più uniforme e li preserva da rotture. Quando essi sono divenuti maneggevoli, si stacca questo strato facilmente raschiando la loro superficie e si termina la pulitura per mezzo del mercurio che scioglie le piccole parti di miscela che avrebbero potuto sfuggire all'operazione meccanica.

Le pesate e i calcoli sono gli stessi delle esperienze precedenti, e bisogna determinare dapprima la temperatura indicata dai termometri ad aria¹⁹.

Cito ancora un esempio per mostrare il grado di fiducia che merita questo metodo e sceglierò il vapore di mercurio.

Mercurio. Tra il piccolo numero di corpi semplici che possono assumere lo stato gassoso, il mercurio è uno di quelli ai quali attribuisco maggiore importanza. Il suo frequente utilizzo nelle esperienze di fisica e di chimica renderà senza dubbio più di una volta utile la conoscenza precisa della sua densità allo stato di vapore. Per determinarla, ho preparato io stesso del mercurio perfettamente puro e ne ho introdotti 40 g, che avevo portato ad ebollizione qualche istante prima nella boccia affusolata che ho posto nel mio strumento con la miscela di Arcet. La temperatura è stata innalzata dolcemente e malgrado questa precauzione, quando è arrivata al punto di ebollizione del mercurio, il vapore che si liberava dal becco della boccia produceva un getto così prolungato e sufficientemente forte che ho creduto che un'esplosione mettesse fine all'esperimento. Tuttavia l'emissione, dopo essere durata circa mezzora, è cessata quasi di colpo e si è aumentato il fuoco. Dopo un certo tempo, vedendo che il vapore espulso non era più valutabile, sebbene lo strumento fosse ben al di sopra del punto di ebollizione del mercurio, ho chiuso la boccia e il termometro.

Il primo termometro ha indicato una temperatura di 448° C

Il secondo termometro ha indicato una temperatura di 444° C

Ecco i dati dell'esperienza:

Ho calcolato i risultati in base alla media di 446° C

0^l, 235186 capacità della boccia a 0° C

0^g, 812 peso del mercurio in vapore che la riempiva a 446° C e 0^m, 765.

Al termine dell'esperienza, si sono notate alcuni frammenti di ossido rosso di mercurio all'interno della boccia. Per sapere fino a quale punto questa circostanza, che sembrava del tutto trascurabile, poteva influire sui risultati, si è preso il peso della boccia contenente il mercurio, il peso dello stesso contenitore pieno d'acqua, il suo peso pieno di aria secca e, infine, separatamente il peso del mercurio che si era raggrumato in una sola gocciolina facile da isolare senza alcuna perdita. Calcolando il peso del mercurio dopo le tre prime pesate, si trovò 0^{gr}, 820; ma questo valore doveva comprendere il peso dell'ossido formato. Il mercurio pesato direttamente diede 0^{gr}, 812, valore al quale si è fermato.

Quando si apre la boccia sull'acqua, si riempie direttamente e non rimane solo una bolla d'aria troppo piccola per essere misurata e proveniente senza alcun dubbio dall'acqua stessa.

¹⁹Si arriva per mezzo della formola seguente:

$$t = \frac{V}{V'} - t$$

0,00375

che dà una prima approssimazione per la temperatura t , dove V è il volume totale nel termometro, V' il volume a 0° dell'aria restante nel termometro al momento in cui si è fermato. Per avere la temperatura più esattamente, bisogna impiegare il valore trovato t per correggere il volume V per la dilatazione del vetro, introdurre questo nuovo valore V'' nella formola, e ciò dà:

$$t' = \frac{V''}{V'} - t$$

0,00375

La temperatura t' è allora una sufficiente approssimazione.

Risulta da questi dati che il peso del litro di vapore di mercurio è uguale a 9^{gr} , 0625 e che la sua densità confrontata con l'aria è di 6, 9760.

Prendendo il numero dato da Berzelius per il peso dell'atomo di questo corpo, cioè 2531, 6 si troverebbe 27, 9134, numero molto diverso. Ma dividendo questo numero per quattro, si arriva a 6, 9783 che coincide in modo del tutto soddisfacente con il risultato dell'esperienza.

Non voglio discutere ora le conseguenze di questo fatto, relativamente alla teoria atomistica; tornerà con un esame più dettagliato delle combinazioni del mercurio.

Passo immediatamente all'esame delle combinazioni volatili o gassose di alcuni corpi tra i quali si sono segnalate analogie fondate. Esaminiamo dapprima il fosforo e l'arsenico.

Fosforo. Si può arrivare in parecchi modi alla densità del vapore del fosforo. Vado dapprima a dedurre dalle mie esperienze sui fosfori idrogenati. Considerando l'idrogeno proto-fosforato come composto di 3 volumi di idrogeno e 1 volume di vapore di fosforo condensato in due, si trova:

$$\begin{array}{r} 1, 213 \times 2 = 2, 426 \quad 2 \text{ volumi di idrogeno fosforato} \\ 0, 0687 \times 3 = 0, 2061 \quad 3 \text{ volumi idrogeno} \\ \hline 2, 2199 \quad \text{densità del vapore di fosforo} \end{array}$$

Prendendo 200 per il peso dell'atomo di fosforo e 1, 1026 per la densità dell'ossigeno, si avrebbe 2, 2052 per quella del vapore di fosforo. L'esperienza è quindi qui ben in accordo con il calcolo.

Per verificare questo risultato, mi sono servito del proto-cloruro di fosforo. Ciò che ho impiegato bolliva a $78^{\circ} C$, a pressione di 0^m , 763. Ho preso la densità del suo vapore nell'apparecchio di Gay-Lussac e unisco qui i dati dell'esperienza, così come le densità che se ne deducono.

1^{gr} , 347 proto-cloruro di fosforo	
322 cm^3 di vapore	0^m , 767 barom.
$100^{\circ} C$ temperatura del vapore	
0^m , 078 colonna di mercurio al di sopra del bagno	26° , 5 temperatura
0^{gr} , 3532 peso del litro di proto-cloruro di fosforo a 0° e 0, 76	
4, 8750 sua densità	

Sappiamo senza dubbio che il proto-cloruro di fosforo è formato da 3 volumi di cloro e da 1 volume di vapore di fosforo; si ha quindi:

$$\begin{array}{r} 2, 470 \times 3 = 7, 410 \quad 3 \text{ volumi di cloro} \\ 2, 2052 \quad 1 \text{ volume di fosforo} \\ \hline 9, 6152 \\ 2 \quad = 4, 8076 \end{array}$$

cioè 3 volumi di cloro e 1 volume di vapore di fosforo condensati in 2 volumi. Esaminiamo ora le combinazioni dell'arsenico con l'idrogeno e il cloro.

Ricerche

sulla struttura intima dei corpi inorganici definiti e considerazioni generali sul ruolo che svolgono le loro particelle ultime nei principali fenomeni della natura, come la conducibilità dell'elettricità e del calore, il magnetismo, la rifrazione (semplice e doppia) e la polarizzazione della luce.

di A. M. GAUDIN (*Annales de Chimie e de Physique*, LH, 113 [1833])

Gaudin (Antoine), 1804-1880, nato a Saintes (Charente-Inferiore), fu, per trent'anni, calcolatore al Bureau des Longitudes. Egli è noto soprattutto per un'opera intitolata *l'Architecture du monde des atomes*, nella quale si sforza di rappresentare le forme cristalline dei corpi solidi per mezzo di strutture composte da raggruppamenti variabili di diversi atomi entranti nella loro composizione chimica. Ma le sue speculazioni sulla costituzione della materia, la sua definizione così netta dell'atomo e della molecola non attirarono sul momento l'attenzione del mondo scientifico.

Riuscì per primo a fondere al cannello ossidrico il quarzo in vetro trasparente e a fabbricare con lo stesso procedimento rubini artificiali, riscaldando alluminio addizionato con piccole quantità di bicromato di potassio.

H. L. C.

Gaudin è il successore di Ampère. Come lui si preoccupò di costruire i cristalli con costruzioni di molecole e la considerazione dei corpi gassosi è per lui un mezzo indiretto di avere informazioni sul numero esatto delle parti costitutive della molecola chimica o della particella cristallina. Ebbe il grande merito di insistere per primo in modo assolutamente categorico sulla necessità di dare due nomi distinti alle molecole di cui si ammetteva l'esistenza allo stato isolato nei gas e alle frazioni di molecole coinvolte nelle reazioni chimiche. Propose di attribuire a queste frazioni di molecole il nome di atomi. Questa definizione di molecole e di atomi è stata conservata. Si sono qui riprodotte soltanto, come per Ampère, alcune pagine delle sue memorie che si riferiscono ai corpi gassosi.

PRIMA PARTE - Nuovo modo di considerare i corpi gassosi, con l'applicazione alla determinazione del peso relativo degli atomi²⁰.

Ogni giorno la teoria atomica, perfezionandosi, fa compiere nuove conquiste alla chimica filosofica; a tal punto che vediamo quest'ultima scienza gettare una viva luce sulla sorgente di numerosi fenomeni che ci offrono i fluidi imponderabili; è quindi dovere dei chimici e dei fisici esporre le loro idee e richiedere la discussione sui punti della teoria atomica che sono ancora indecisi; poiché non sono i fatti che mancano, essi pullulano, al contrario, e sono in attesa, per portare i loro frutti, di una teoria che possa collegarli tra loro.

Dissipata l'incertezza da questo lato, sarà più facile fissare il numero degli atomi contenuti in questi gruppi, detti molecole, che sono l'essenza dei corpi; e, di conseguenza, studiando i cristalli, prevedere la disposizione relativa degli atomi e quella delle molecole tra loro. Così formato un solido, si tratterà di determinare la direzione delle file o dei rami di atomi che lo attraversano, e di assegnare il ruolo che essi svolgono nella modifica o deviazione delle ondulazioni dell'etere che si propaga attraverso la sua massa. Per quanto poco vi sia di accordo tra la teoria e l'esperienza, bisognerà considerare la prima, non dico come vera, ma come verosimile e

²⁰Fu Ampère per primo che ha attirato l'attenzione su questo tema, ma non lo ha trattato nella stessa maniera e ne ha tratto conclusioni differenti.

questo ci basterà; poiché è solo il primo passo che è necessario fare su una strada oscura e finora impenetrabile; infatti, se ci fosse dato di conoscere la forma di una sola molecola, che dubita che si possa scoprire il resto?

Comprendendo tutta l'importanza di questo argomento, i miei pensieri hanno ruotato per lungo tempo intorno ad esso; e oso sperare che ciò non sia avvenuto invano. Ho solo dato un piccolo grado di pubblicità alle mie idee, essendomi limitato ad annunciarle; vengo oggi a presentare alcuni sviluppi che si collegano a diversi paragrafi della nota che ho fatto litografare nell'ottobre 1831.

In fatto di pesi atomici, si tratta solo delle loro cifre decimali, possiamo ammetterli ad occhi chiusi, se provengono dai MM. Berzelius e Dumas²¹: la loro abilità consumata, il loro sapere, la loro esattezza e franchezza con una sicura garanzia di precisione; ma se si tratta di un numero atomico molecolare, sul quale differiscono tra loro, è dalla teoria, e tutti i chimici, per quanto piccoli siano, sono chiamati a prendere parte alla discussione; è, quindi, con qualche diffidenza delle sue forze, ma sospinto da un ardente desiderio di conoscere la verità, che l'allievo di uno di essi si azzarda a combattere i suoi maestri.

Per evitare il più possibile le ripetizioni e rendere il linguaggio più preciso, è importante definire i termini di cui ci serviremo e di ammetterne di nuovi.

Stabiliremo, quindi, una distinzione ben marcata tra i termini *atomo* e *molecola*, e ciò con maggior ragione, che, se finora non si è pervenuti alle stesse mie conclusioni, è unicamente colpa di non aver stabilito questa distinzione.

Un *atomo* sarà per noi un piccolo corpo sferoide omogeneo, un punto materiale essenzialmente indivisibile, mentre una *molecola* sarà un gruppo *isolato* di atomi, in numero qualsiasi e di natura qualsiasi.

Al fine di scartare le perifrasi e invece di dire: una molecola composta da uno, due, tre, quattro, cinque, numerosi atomo, ecc. faremo seguire al sostantivo molecola l'aggettivo monoatomico, biatomico, triatomico, tetraatomico, pentatomico, poliatomico, ecc.

Poiché il numero atomico molecolare²² è ciò che ci interessa maggiormente conoscere, è essenziale darci termini con la massima precisione possibile; così, pertanto, M designerà un atomo di un metallo qualunque, MM o meglio ancora $+M$ (M^2O) di M. Berzelius sarà sempre chiamato sotto ossido, \dot{M} (MO) sempre chiamato protossido, M (\ddot{M}^2O^3) sesquiossido e M ($\ddot{M}O^2$) diossido; sarà così per i solfuri, i cloruri ecc., e diremo ossido di rame, protossido di potassio, sesquiossido di alluminio, biossido di titanio, tricloruro di arsenico, quadri-cloruro di titanio, quinti-solfuro di potassio.

Ciò definito, e come conseguenza della legge di M. Gay-Lussac, porremo in principio con M. Ampère che in tutti i corpi gassosi alla stessa pressione e temperatura, le molecole sono sensibilmente alla stessa distanza; sottolineiamo che dico sensibilmente e che ammetto, con M. Berzelius, una certa deviazione che non consente di ottenere immediatamente il reale peso atomico relativo, per i corpi diversi dai gas permanenti e i loro composti, con quella precisione con cui è stata presa la densità del vapore; deviazione che tuttavia può influire tutt'al più sugli ultimi decimali, senza mai poter riguardare le cifre più significative.

²¹Parlo qui solo dei chimici che si sono occupati in modo particolare di perfezionare le tabelle atomiche.

²²Numero di atomi contenuto nella molecola dei corpi considerati.

Tutti sanno che un volume di cloro, combinandosi con un volume di idrogeno, dà due volumi di gas idroclorico; poiché (per ipotesi) le molecole, nei gas semplici, sono alla stessa distanza, ne segue che se le particelle di cloro e di idrogeno sono atomi, esse non si possono combinare se non 1 a 1; ma allora le particelle di gas idroclorico si troveranno due volte meno numerose, sotto l'unità di volume, di quelle dei gas componenti; e, di conseguenza, a una distanza uguale a $\sqrt[3]{2}$, essendo quella delle particelle gassose semplici tra loro $\sqrt[3]{1}$; cioè presa per unità; quindi, affinché l'ipotesi sia verificata, bisogna che le particelle primitive possano dividersi in due; quindi esse non sono atomi.

Si obietterà che potrebbe darsi che le molecole di gas idroclorico si tengano alla distanza $\sqrt[3]{2}$, poiché anche tra i metalli si osserva questo rapporto²³; è per questo che continuiamo la serie delle combinazioni.

Un volume di gas ossigeno, combinandosi con due volumi di gas idrogeno, dà due volumi di vapore acqueo, se le particelle sono atomi; e purché tutte le molecole siano identiche, bisognerà che ogni particella di ossigeno si appropri di due particelle di gas idrogeno; vi saranno quindi tre particelle in tutto in ogni molecola di acqua e il numero di queste sarà uguale a quello delle particelle di ossigeno preesistente, cioè un volume dilatato a due volumi; il loro numero sarà, quindi, $\frac{1}{2}$ per l'unità di volume e la loro distanza $\sqrt[3]{2}$ come per il gas idroclorico.

Un volume di gas azoto, combinandosi con tre volumi di idrogeno, darà (se ciò si potrà fare immediatamente) due volumi di gas ammoniacca; affinché non vi siano state divisioni di particelle, bisognerà che tre particelle di idrogeno si raggruppino attorno a una particella di azoto, ciò che ne farà quattro in tutto per una molecola di gas ammoniacca; inoltre queste occuperanno due volumi dopo la combinazione: la loro quantità relativa sarà quindi $\frac{1}{2}$ e la loro distanza $\sqrt[3]{2}$, come per il gas idroclorico e il vapore acqueo.

Si giunge agli stessi risultati e alle stesse conseguenze discutendo il modo di essere dei gas ossidi di azoto; confrontando la densità dei vapori di bromo e di iodio con quella dei gas idrobromico e idriodico; e per il gas acido carbonico e ossido di carbonio, prendendo per segno rappresentativo della loro molecola le formole $\overset{\cdot\cdot}{C}$ e $\overset{\cdot}{C}$ che nessuno contesta.

La composizione ben nota dell'alcool dà una particella di ossigeno, 2 di carbonio e 6 di idrogeno; in tutto 9 volumi occupanti dopo la combinazione 2 volumi soltanto, cioè uno spazio doppio dell'ossigeno contenuto; ciò che riduce le molecole a $\frac{1}{2}$ e dà per la loro distanza $\sqrt[3]{2}$.

Sarà così anche per l'etere solforico; la sua composizione e la sua densità mostrano che un volume di ossigeno, con 4 volumi di vapore di carbonio e 10 volumi di gas idrogeno vi si trovano condensati al doppio del gas ossigeno. Inoltre, tutti i corpi il cui vapore è stato pesato e analizzato, sono nello stesso caso; vediamo quindi che nei composti, supponendo che la particella di gas semplice sia un atomo, conserviamo sempre la legge posta in principio; solo la condizione che ci siamo imposti di non dividere le particelle ci ha obbligato a derogare di primo acchito e non abbiamo cessato dopo di trovarlo in difetto; prova convincente che vi è un qualche vizio nascosto; ma continuiamo.

Secondo M. Dumas, la densità del vapore di mercurio, rapportata all'aria, è di 6,976; confrontato al gas ossigeno, essa diviene 6,321. Se le particelle dell'ossigeno e del mercurio fossero indivisibili, la più piccola quantità di mercurio che si

²³Potassio e sodio? arsenico e antimonio?

potrebbe combinare all'ossigeno sarebbe di 632, 1, p. 100 di ossigeno; ora, si trova dall'esperienza che è 1265, 8, il doppio di 632, 1; è impossibile allora che una simile combinazione abbia luogo senza che la nostra particella di ossigeno si divida in due; quindi, non è un atomo. Il solo modo di sfuggire a questa conseguenza è di supporre che le particelle del vapore di mercurio siano in numero $\frac{1}{2}$ e alla distanza $\sqrt[3]{2}$; ma con questa ipotesi, saremmo portati a questo risultato assurdo, cioè: se nei gas e nei vapori contenenti più elementi, il numero delle molecole è sempre $\frac{1}{2}$ e la loro distanza $\sqrt[3]{2}$, essendo questi numeri uguali all'unità nei gas semplici, vi sono tuttavia corpi semplici che seguono la legge dei corpi composti!....

M. Dumas ha trovato per la densità del vapore dei percloruri di titanio e di stagno, riferiti all'aria, 6, 836 e 8, 1997, cioè 6, 194 e 8, 3361 se li si raffronta al gas ossigeno; in un volume di questi cloruri, vi sono sicuramente 2 volumi di cloro: sottraendo quindi 4, 4265 da:

$$\begin{array}{r} 6,194 \quad \text{e} \quad 8,3361 \\ \underline{4,4265} \quad \quad \underline{4,4265} \\ 1,7674 \quad \quad 3,9096 \end{array}$$

si ha 176, 75 e 390, 96 per i pesi atomici del titanio e dello stagno, ciò che farebbe nascere la stessa obiezione vista per il mercurio, a meno che non si supponga di avere per questi corpi il numero $\frac{1}{2}$ ed essendo la distanza $\sqrt[3]{2}$.

Questa rassegna minuziosa delle principali combinazioni è più che sufficiente, per i suoi risultati, per deciderci di supporre la divisione delle particelle; ma aggiungerò ancora una prova convincente della necessità di questa divisione; e sarà ancora M. Dumas che mi fornirà dati preziosi. Si sa che egli ha determinato il peso specifico del vapore di zolfo: il numero al quale si è fermato è 6, 617, rispetto all'aria; da ciò, se si suppongono le particelle del vapore di zolfo e dei gas ossigeno e idrogeno indivisibili, si ha per la formula dell'acido solforico concentrato $S + 3H$, risultato assurdo senza alcun dubbio; pertanto, le particelle dei gas semplici sono divisibili e non sono quindi atomi.

Riprendiamo le combinazioni dei gas; e poiché le particelle sono sempre ritenute alla stessa distanza, per una stessa pressione e temperatura, diremo 1, 2, 3 particelle, invece di 1, 2, 3 volumi e sostituiremo anche la parola molecola a quella di particella poiché questa è ritenuta ora contenere più atomi.

Una molecola di gas idrogeno, combinandosi con una molecola di cloro, dà due molecole di gas idroclorico; purché la combinazione si faccia e le molecole composte osservino la stessa distanza di quelle dei gas componenti, è necessario e sufficiente che ogni molecola componente si divida in due; finché non si prova che queste metà molecole si dividono ulteriormente, le considereremo come atomi; pertanto, i gas idrogeno, cloro e idroclorico sono almeno biatomici²⁴.

Una molecola di gas ossigeno, combinandosi a due molecole di gas idrogeno, dà due molecole di vapore acqueo; affinché le molecole formate di vapore acqueo conservino tra loro la stessa distanza di quelle dei gas componenti, è necessario e sufficiente che la molecola di ossigeno si divida in due e che ogni metà si unisca a una molecola biatomica di idrogeno; pertanto, il gas ossigeno è biatomico e il vapore acqueo triatomico.

²⁴Non ho molto esaminato i sali che contengono azoto, fluoro, bromo e iodio, per poter affermare che la loro molecola non contiene più di 2 atomi.

Tre molecole di gas idrogeno, combinandosi a una molecola di gas azoto, darebbe due molecole di gas ammoniacca; affinché avvenga senza derogare alla legge, sarebbe necessario e sufficiente che una delle molecole di idrogeno e quella di gas azoto si tagliasse in due e che ogni paio di queste metà si unissero a una molecola biatomica di idrogeni; quindi il gas azoto è biatomico e il gas ammoniacca è tetraatomico.

Confrontando la densità dei vapori di bromo e di iodio a quella dei gas idrobromico e idroiodico, si riconosce che questi vapori si combinano con il gas idrogeno, assolutamente come il cloro; pertanto, infine, i gas cloro, idrogeno, ossigeno e azoto, i vapori di bromo e di iodio sono biatomici; e poiché il loro peso atomico relativo non può mancare di essere nello stesso rapporto del loro peso biatomico relativo, ne segue che il peso atomico dei corpi semplici sopra indicati è proporzionale alla densità del loro gas o vapore; quindi, prendendo l'ossigeno per 100, o meglio ancora come unità²⁵, si ha:

Idrogeno	0,062398
Azoto	0,88518
Ossigeno	1,0000
Cloro	2,21326
Bromo	4,89153
Iodio	7,89730

pesi generalmente ammessi.

La densità del vapore di mercurio, rapportata al gas ossigeno, è di 6,321, come abbiamo già visto: confrontiamo qui una molecola *biatomica* di ossigeno; ne segue che il peso della molecola di mercurio, rapportata all'atomo di ossigeno, sarà il doppio di questo numero = 12,642; è chiaramente il peso del suo atomo, poiché nessun chimico ha mai ammesso un numero minore della metà; pertanto, il vapore di mercurio è monoatomico e le sue particelle sono atomi.

Un volume di acido carbonico contiene un volume di ossigeno; di conseguenza, una molecola di acido carbonico contiene due atomi di ossigeno; se non si ammettono per questi corpi né più né meno di due atomi di ossigeno per un atomo di carbonio, è obbligato a concludere che il peso atomico del carbonio sta a quello dell'ossigeno come il peso del carbonio contenuto sta alla metà dell'ossigeno contenuto; cioè: $76,438 : \frac{200,00}{2} = 0,76438$, essendo l'ossigeno 1.

BORO

L'acido borico è composto di 45,401 di boro per 100 di ossigeno; di conseguenza, il suo cloruro conterrà 443,653 di cloro per la stessa quantità di boro: d'altro canto M. Dumas ha trovato 3,942 per la densità di questo cloruro rapportata all'aria, cioè 3,571 se la si riferisce al gas ossigeno; così quando due atomi di ossigeno pesano 1, una molecola di cloruro di boro pesa 3,571: essa peserà quindi 7,142 se la si rapporta all'atomo di ossigeno; detraendo i $\frac{442,652}{488,053} = 6,477$ si ha

$$\begin{array}{r} 7,142 \\ - 6,477 \\ \hline = 0,665 \end{array}$$

²⁵È la semplicità che dà al calcolo di peso dei vapori rapportati al gas ossigeno che mi spinge a prendere il peso dell'atomo di ossigeno per unità piuttosto che per 100.

come peso dell'atomo di ossigeno e per tutta necessità 7,32080 diverrà il peso specifico del suo vapore confrontato al gas ossigeno; ciò non potrebbe essere senza ricadere nel nostro primo sistema; pertanto 0,6812 è il reale peso relativo dell'atomo di boro. Lo stesso calcolo, applicato al gas acido fluo-borico, condurrà alla stessa conseguenza; ne segue che il boro si combina all'ossigeno nel rapporto di 2 a 3, come M. Dumas sostiene da lungo tempo contro M. Berzelius.

LEZIONE sulle notazioni chimiche

(Lezioni di filosofia chimica di J. B. Dumas, raccolte da M. Bineau, nona lezione, 1836).

Questa lezione riguarda la notazione chimica. In uno stile elegante, Dumas espone alcune idee generali piene di buon senso e di chiarezza. Raccomanda per la denominazione dei corpi semplici l'impiego di parole brevi che si prestino alla formazione di parole composte. Richiede infatti la registrazione delle notazioni per i composti binari di formule grezze; per i composti ternari al contrario, i sali per esempio, preferisce le formule dualistiche di Berzelius, che hanno il grande vantaggio di parlare agli occhi, di ricordare le basi e gli acidi generatori alla presenza dei quali si ricollega il maggior numero delle proprietà dei sali. Giustifica questa raccomandazione con l'esempio dei composti organici dove l'impiego delle formule unitarie darebbe luogo alle confusioni più deplorabili, soprattutto nei casi dei corpi che presentano numerosi isomeri. Dumas ne propone alcune innovazioni e trae da queste alcune linee di una leggera filosofia:

“Ciò fatto, avrete espresso le verità del vostro tempo, le verità della vostra epoca. Voi lascerete pertanto alla vostra intelligenza tutta la sua libertà, ricordandovi che se voi registrate così delle verità, non registrerete almeno tutta la verità e che i vostri discendenti avranno da proseguire l'opera che avete iniziato.”

H. L. C.

Signori,

In tutti i lavori di chimica che sono nelle vostre mani, voi leggete che un corpo combinandosi con un altro in numerose proporzioni dà una serie di composti che si considerano come formati dall'unione diretta dei due componenti. In tal modo l'ossigeno e l'azoto producono una serie che contiene:

Az^2O	protossido di azoto
Az^2O^2	biossido di azoto
Az^2O^3	acido azotoso
Az^2O^4	acido ipo-azotico
Az^2O^5	acido azotico

E queste formule con le quali li si rappresenta, così come i nomi che servono a designarle, ci indicano solo l'ossigeno e l'azoto in combinazione immediata, in diversi rapporti.

Tuttavia, quando ci si riflette, la ragione non è soddisfatta: ci si domanda se realmente l'esperienza ha confermato questo modo di considerare la natura della costituzione intima dei corpi composti; e nei dati dell'esperienza, possiamo trovarne la conferma. Qualche volta, al contrario, essi sembrano portare a una smentita di

questa teoria e i termini stessi che si sono naturalmente usati in alcune circostanze ci lasciano vedere l'impressione che ne è derivata.

Infatti, aggiungendo all'ossigeno e all'idrogeno necessari alla costituzione dell'acqua una nuova quantità di ossigeno, si ottiene un composto particolare, detto dagli uni *acqua ossigenata*, dagli altri *biossido di idrogeno*. Da ciò, senza che al primo approccio se ne dubiti, scegliendo l'una o l'altra di queste denominazioni, si hanno due sistemi ben distinti che si trovano in presenza. Essi non sono realmente in conflitto nell'epoca attuale: ma potrebbero svilupparsi e uno potrà cercare di rovesciare l'altro.

Ecco quindi quale è la questione: gli elementi dei corpi non fanno che combinarsi in proporzioni diverse per formare tutta la serie dei composti ai quali danno origine, o non fanno che aggiungersi a uno o a qualcuno dei composti della serie per costituire tutti gli altri? O ancora, in altre parole: l'acqua ossigenata è una semplice combinazione di ossigeno e idrogeno, o risulta piuttosto dall'unione dell'ossigeno con l'acqua preliminarmente formata?

Se consultate i vostri ricordi, osserverete che questo esempio non è il solo. Vi ricorderete i nomi di *solfuri solforati*, di *ioduri iodurati* e di altri ancora comparabili alla denominazione di *acqua ossigenata*.

Perché si dice acqua ossigenata, se non perché questa sostanza si trasforma in acqua e in ossigeno sotto gli influssi che appaiono più insignificanti in chimica, poiché la facilità con la quale questa scomposizione avviene in una moltitudine di reazioni ha dato modo di credere alla preesistenza di due prodotti che si separano?

È per lo stesso sistema di idee che i chimici adottano la denominazione di idrosolfato solforato di potassio o di solfuro di potassio solforato, che troverete nella maggior parte delle opere di chimica che risalgono a un certo numero di anni.

Più recentemente ancora, cioè da circa venti anni, si sono proposti anche i nomi di *ioduri iodurati*. Siccome l'unione del protoioduro con l'eccesso di iodio era debole, tanto che forze deboli potevano separarlo, si è preferito vedere, nei composti, lo iodio in combinazione con il protoioduro, piuttosto che considerarlo come una combinazione immediata dello iodio e del metallo.

Il nome originario dei solfiti solforati, oggi gli iposolfiti, richiama un'immagine che condurrà allo stesso modo di vedere.

Queste opinioni e la nomenclatura che ne deriva non hanno certamente prevalso; esse sono state applicate solo a un numero esiguo di corpi e i nomi che sono stati dati in questo sistema sono pure scomparsi generalmente dall'applicazione rigorosa dei principi della nomenclatura originaria. Ma essi hanno sollevato questioni della massima importanza che andiamo ad esaminare.

Quando dico, per esempio, cromato neutro di potassa, cromato acido di potassa, devo ammettere che questi due sali risultano semplicemente dalla combinazione immediata dell'acido e della base? oppure adotterò questo modo di vedere solo per il cromato neutro, considerando il cromato acido come composto di sale neutro e di acido cromatico; oppure ancora sarà permesso supporre nel cromato acido una combinazione pura e semplice di potassa e di acido cromatico con il sale precedente? Ecco tre sistemi di idee ben distinti tra i quali la scelta può essere bilanciata.

Se si vuole cercare di rendersi conto delle opinioni che i chimici hanno avuto su questi temi, bisogna trasportarsi dapprima all'epoca della creazione delle regole della nomenclatura: poiché la nomenclatura ha come obiettivo quello di esprimere il modo in cui si concepisce la composizione dei corpi e la riunione dei loro principale

costituenti. È allora che le idee sulla natura delle combinazioni si sono fissate e sarà inutile risalire più indietro.

Fu nel 1782 che Guyton de Morveau risvegliò per la prima volta l'attenzione dei chimici sulla necessità di dare ai composti delle denominazioni meno arbitrarie e atte ad indicarne la natura. A quel tempo, la teoria di Lavoisier aveva già detronizzato quella di Stahl; la nuova chimica spandeva già la sua luce brillante sui fenomeni più intimi della natura; essa gettava un così vivo splendore tanto da cominciare a portare a suo favore le intelligenze più mal disposte contro di essa, ma essa non era ancora passata nella lingua. Restava quindi da fare ancora in chimica una importante riforma ed è Guyton de Morveau che la iniziò, pubblicando una piccola opera sulla nomenclatura e presentando all'Accademia delle Scienze una memoria al riguardo. La confusione nei termini era allora estrema. Lo stesso corpo aveva spesso un gran numero di nomi e la maggior parte dei nomi in uso si basava sulle analogie più disparate. Si diceva: *olio* di vetriolo, *burro* di antimonio, *fegato* di zolfo, *crema* di tartaro, *zucchero* di saturno; i chimici sembravano avere preso in prestito la lingua dei cuochi.

Tuttavia, a fianco di questi nomi così discordanti, sarete stupiti di incontrarne altri nei quali si manifesta questa tendenza generale dell'intelligenza umana di riunire le cose che si assomigliano in modo che la nozione di unificazione appaia evidente. Il nome di *vetriolo* applicato dapprima unicamente al solfato di ferro era stato esteso a diversi altri solfati e si distingueva: il *vetriolo di ferro* o vetriolo verde, il *vetriolo di zinco* o vetriolo bianco, il *vetriolo di rame* o vetriolo blu, la *potassa vetriolata* che si chiamava pure tartaro vetriolato. Il termine *burro* era stato dato ai cloruri che si avvicinano per le loro caratteristiche esterne al cloruro di antimonio: si avevano burri di zinco, di stagno, di arsenico, di bismuto. L'*argento cornuto* o luna cornuta, designazione sotto la quale si conosceva il cloruro di argento, era pure servito da punto di partenza ed espressioni simili erano state usate per i cloruri analoghi a questo, come per esempio, il piombo cornuto o cloruro di piombo.

Partendo da là, e vedendo che si erano già naturalmente fatti diversi tentativi per riunire negli stessi gruppi e sotto nomi generici comuni i corpi che si assomigliavano per le loro proprietà e il loro modo di formazione, non sarete sorpresi che la proposizione di Guyton de Morveau abbia esercitato solo un debole interesse. Voi capirete che il suo sistema di nomenclatura non era che un tentativo assai imperfetto che richiedeva numerose modifiche. Le persone che attribuiscono a Guyton de Morveau il ruolo principale nella fondazione della nomenclatura sono quindi forse in errore; e, se è a lui che si deve il primo tentativo per questa opera importante, è certo almeno che i commissari dell'Accademia che lo hanno finito con lui hanno diritto a una grande parte della riconoscenza dei chimici.

Guyton de Morveau fu il primo che insisté sulla necessità di riformare un linguaggio che permetteva di dire, per esempio: olio di vetriolo e olio di tartaro per indicare un acido dei più energici e un sale di una reazione molto alcalina, oppure ancora: crema di tartaro e crema di calce, come per indicare un raggruppamento di natura tra il bitartarato di potassa e il carbonato di calce, mentre nessun tipo di analogia avvicina questi due composti. Egli segnalò gli inconvenienti della confusione causata da uno spreco di denominazioni, che faceva dare qualche volta alla stessa sostanza cinque o sei nomi differenti. È così che il solfato di potassa era chiamato *sale policreste di Glazer*, *arcanum duplicatum*, *sale de duobus*, *tartaro vetriolato*, *vetriolo di potassa*.

Fu certamente con ragione che Guyton de Morveau si mosse contro i vizi del linguaggio dei chimici del suo tempo e l'utilità di modificarlo dovette essere generalmente sentita; ma il suo sistema di nomenclatura non era di un tipo in grado di conciliare tutti i consensi. Quanto sia lontano infatti dal piano che si egli propose dai principi che si seguono oggi, e che, concluso con Guyton dai commissari dell'Accademia, si trovano discussi e stabiliti nella celebre relazione di Lavoisier! Giudicherete questo piano dal saggio che ho fatto mettere su questa tabella.

Estratto del sistema di nomenclatura proposto da Guyton de Morveau

Acidi	Sali	Basi
Vetriolico	Vetrioli	Flogistico
Nitrosi	Nitrati	Calce
Arsenicale	Arseniati	Barote
Boracici	Boraci	Oro
Fluorico	Fluori	Argento
Citroni	Citrati	Platino
Ossalico	Ossalati	Mercurio
Sebacei	Sebati	Rame Spirito di vino

Vedete che egli distingue i corpi in tre classi: gli acidi, i sali e le basi. Nei nomi degli acidi, trovate tutti i tipi di denominazione; vetriolico, nitroso, sebaceo, arsenicale, boracico. Tutti i tipi di desinenza si trovano utilizzati, senza regole e legge.

Nei sali, troviamo ancora la stessa caratteristica, L'acido vetriolico fa i vetrioli, denominazione già consacrata dall'uso antecedente a Guyton de Morveau. Nello stesso, l'acido nitroso fa i nitrati: già si distinguevano diverse specie di nitrati. Quanto ai sali formati dall'acido arsenicale, li chiamo arseniati. Ecco quindi la desinenza *ate* che si mostra per la prima volta, ma senza che la desinenza *ico* si trovi nell'acido del sale: non è poi l'applicazione di un principio generale; trovate molti altri finali tutti diversi, come quelli delle parole nitrosi, vetrioli, fluori, boraci, ossalati. Per quanto possibile, Guyton generalizza nomi già utilizzati. Ecco come è portato a nominare *fluori* tutti i fluoruri, partendo dal fluoruro di calcio che si chiama *fluorspato* e che nella sua nomenclatura prende il nome di *fluoro di ghiaccio* o di *calce*. È nello stesso spirito che dal termine borace, consacrato unicamente al borato di sodio, ne fa un termine generico, suscettibile di ammettere un plurale, *boraci*; formando una parola assai barbara.

Segue poi il gruppo delle basi. In prima fila pone il flogistico, poiché ne ammette ancora l'esistenza; poi la calce, la barite, la potassa e altri composti degni effettivamente di figurare tra le basi. Vi aggiunge i metalli; tuttavia le esperienze di Lavoisier avevano già provato in modo incontestabile che questa classe di corpi non poteva mai svolgere funzione di basi e che soltanto i loro ossidi erano in grado di ricoprire questo ruolo. Così il gruppo delle basi gli bastava già per respingere questo sistema di classificazione e di nomenclatura per tutti coloro che erano in grado di vedere la scienza da un poco più in alto. Comunque sia, è un fatto curioso che Guyton de Morveau sia stato così ben ispirato per far figurare l'alcool tra le basi, come se fosse stato stabilito a quel tempo che l'alcool non era altro che la base dell'etere. Aveva quindi posto l'alcool allo stesso posto del platino, della potassa e del flogistico.

Vedete infine, da quanto detto, che Guyton de Morveau ignorava completamente il gruppo che si poteva derivare dalle desinenze, reale base della nomenclatura attuale e che era così poco al corrente dello stato della scienza di cui voleva riformare il linguaggio tanto che non sapeva sotto quale forma i metalli entravano in combinazione con gli acidi e che credeva ancora al flogistico. Di conseguenza, non aveva cercato di ben conoscere i lavori di Lavoisier o non li aveva ben valutati.

Tuttavia un'idea felice caratterizzava la memoria di Guyton: fu lui il primo che disse: Raggruppate sotto il nome dell'acido tutti i sali che racchiudono lo stesso acido, e a questo nome generico aggiungete quello della base per distinguere la specie. Non faceva che generalizzare l'uso già consacrato per i vetrioli e i nitrati: ma era rendere un grande servizio; partendo da questo principio, si potevano formare almeno cinquecento nomi applicati a corpi conosciuti e sostituire così con nomi molto chiari per se stessi, quelli che esistevano e che erano spessi inintelligibili.

Il piano di nomenclatura di Guyton de Morveau non poteva trionfare di fronte alle numerose obiezioni che suscitò e alle quali era impossibile rispondere vittoriosamente. La questione rimase pendente e irrisolta fino al 1787. Nel periodo intermedio Guyton vinse a Parigi e si mise in rapporto con Lavoisier, Fourrieroy e Berthollet, ai quali aveva inviato l'esame della sua memoria.

Fu dalla discussione tra questi quattro personaggi e in seguito a numerose conferenze, che furono stabilite le basi di questo linguaggio così utile, che permette ai chimici di intendersi senza sforzi, linguaggio che parliamo ancora oggi, se non per alcune modeste modifiche.

In apparenza, Lavoisier svolse solo un ruolo secondario; ma non vorrei sbagliarmi, è impossibile non riconoscere che fu lui che ha maggiormente contribuito a fissare le regole della nomenclatura. In un importante discorso ben scritto, espose i principi che avevano adottato in comune dalle idee di M. Guyton de Morveau e si vede che egli svanisce di fronte a questi.

Ma vi sono in questa nomenclatura cose che gli appartengono senza dubbio. Così, da chi viene l'idea della prima classe da creare, la classe dei corpi semplici o ritenuti tali, questa classe fondamentale che fu così nettamente definita? A quale dei due va attribuita? A Guyton che, non avendo saputo distinguere questi corpi con le basi, li confuse con esse nella stessa categoria? oppure a coloro che con i lavori avevano stabilito quali fossero le sostanze che si potevano considerare come composte, e quelle che dovevano essere viste come semplici? Non si può mettere in conto ad un altro diverso da Lavoisier la classificazione e la nomenclatura degli acidi e degli ossidi determinati dai suoi esperimenti, e aggiunti a quelli che erano in discussione nella memoria di Guyton. Fu sicuramente ancora Lavoisier che corresse le idee di Guyton sui sali e che stabilì la loro reale natura.

Se il primo pensiero di una nomenclatura metodica partì da Guyton de Morveau, Lavoisier modificò a tal punto il suo sistema che sembra dover essere visto come l'effettivo fondatore della nomenclatura che seppe meritare il consenso unanime dei chimici. Ne sviluppò le basi con il talento superiore di un grande maestro; e certamente non aveva più bisogno di aiuti per crearla. Ma nel cammino che seguì l'esposizione, si evidenzia il desiderio di non ferire nessuno, di conciliarsi i consensi e di acquisire appoggi alla sua nuova dottrina le cui fondamenta dovevano passare in modo definitivo, grazie alla forma. Il nuovo linguaggio, adottato dai quattro chimici citati in precedenza, fu introdotto nella scienza nel 1787, periodo nel quale apparve l'opera in cui Lavoisier espose i risultati delle loro riflessioni e delle loro

riunioni.

Quali sono le basi di questo linguaggio? Eccole. Abbiamo considerato come semplici, ci dice Lavoisier, i corpi dai quali non si è potuto estrarne altri. Così, per evitare l'inconveniente che aveva fatto cadere il flogisto, si respinge l'intera ipotesi e, prendendo consiglio solo dall'esperienza, si dice: Chiameremo *semplice* tutto ciò che non *scomponibile*, ogni corpo che ha resistito alle prove della chimica senza risolversi in materie differenti. Questi corpi, ben inteso, potrebbero non essere come li presuppone il nome che assegniamo loro: forse un giorno si riuscirà a decomporli; ma finora li considereremo come elementari, non avendo motivo di rigettare tale ipotesi e li chiameremo corpi semplici.

Per essi, la nomenclatura non impone alcuna regola precisa. Si daranno loro, volendo, nomi insignificanti; si potrà richiamare, nominandoli, una delle loro proprietà più salienti, o meglio, qualche altro tratto della loro storia; ma ciò che importa soprattutto, è che il loro nome si presti facilmente alla formazione dei nomi composti.

Quanto ai prodotti risultanti dalla combinazione dei corpi semplici, essi sono di natura diversa e, in tutti i casi, devono ricevere denominazioni in grado di far conoscere ciò che essi sono. Così, unendosi all'ossigeno, formano acidi: bisogna che il nome di ogni acido richiami la sua composizione e lo caratterizzi immediatamente alla mente di chi intende nominarlo. Altri danno origine agli ossidi: bisogna pure che i nomi di questi ossidi richiama la loro composizione e non permettano confusioni. Dalla loro unione, gli ossidi e gli acidi producono i sali: per nominare questi sali, servono ancora termini che indicano la natura dei componenti.

Perché la composizione dei corpi è stata esaminata sotto questa forma? La risposta sarà molto facile, mi sembra. Tra numerose ipotesi troppo significative si è presa quella che lo è meno, si è scelta la più semplice di tutte, quella che si presta meglio alla formazione dei nomi composti.

Ecco senza dubbio ciò che ha spinto Lavoisier e i suoi colleghi ad adottare il modo di vedere indicato dalla loro nomenclatura; non fu il risultato di una effettiva convinzione.

In occasione degli ossidi di piombo, per esempio, si possono fare le diverse ipotesi seguenti.

Si può ammettere dapprima che questi ossidi risultano ciascuno dalla combinazione immediata del piombo e dell'ossigeno in differenti proporzioni, Ma inoltre, senza parlare del modo di vedere secondo il quale si fa del deutossido un composto del protossido e del perossido, non si può dire. L'unione dell'ossigeno con il piombo produce il litargirio; questo fa il minio combinandosi con una certa quantità di ossigeno, poi l'ossido *puce* assorbendo una certa quantità ancora maggiore? Si potrà dire ancora: Perché non si può fare l'inverso e ammettere che è l'ossido *puce* che risulta dall'unione diretta del metallo e dell'ossigeno, poiché gli altri due ossidi sono combinazioni di piombo e di ossido *puce*? Dopo di ché, un terzo verrà a sua volta esporre così il proprio parere: ma no, il piombo combinandosi con l'ossigeno non forma né l'ossido *puce*, né del litargirio; dà luogo a del minio e questo minio produce dell'ossido *puce* unendosi con l'ossigeno e del litargirio unendosi al piombo.

Non si è voluto risolvere la questione. Era un fatto incontestabile; è che il litargirio, il minio e l'ossido *puce* contengono ossigeno e piombo, senza nessun altro corpo semplice; di conseguenza, si è convenuto di chiamarli tutti ossidi, distinguendo d'altronde ognuno di essi con i mezzi che conoscete. Non si è cercato di approfondire

ulteriormente la loro natura, non si è voluto ricorrere a un esame più minuzioso, il cui risultato era sempre stato dubbio, si è meglio voluto definire semplicemente ciò che si vedeva in massa, senza pretendere del resto di giudicare i dettagli. In ciò trovo che si è avuto perfettamente ragione.

Volete altri esempi? L'acido solforico, l'acido solforoso e l'acido iposolforoso sono formati da zolfo e ossigeno. Ma se ci si abbandona alla ricerca di ipotesi sul modo in cui questi due elementi si trovano associati, ci si potrà chiedere se l'acido solforico non sia tra di essi un composto fondamentale, che dà luogo agli altri due entrando in combinazione con lo zolfo; o se non è l'acido iposolforoso che prende una certa dose di ossigeno per fare l'acido solforoso e un'altra per fare l'acido solforico; oppure ancora, se non si dovrebbe vedere piuttosto nell'acido solforoso un radicale che, unito allo zolfo e all'ossigeno, produce l'acido iposolforoso e l'acido solforico? Tra questi tre sistemi, l'imbarazzo della scelta mi spinge a non adottarne alcuno: mi limito ad enunciare che lo zolfo e l'ossigeno sono gli elementi che costituiscono i tre acidi in questione e che la loro analisi non mi fornirà altro.

Così, vedete, se non mi inganno, che ci si è riferiti al sentimento generale; si è fatta l'ipotesi più semplice. Si è detto: non possiamo pronunciarci, e d'altronde, per creare una nomenclatura semplice e comoda, non abbiamo bisogno di fissare le nostre idee in modo più preciso. Non andremo oltre per il momento: forse l'avvenire ci fornirà i mezzi per penetrare più avanti.

Ciò che si è fatto per i binari, lo si fece anche per i sali; cioè ci si è fermati analogamente alla ipotesi più naturale e facile da esprimere nella formazione dei nomi. Questa è ancora l'opinione che merita sotto tutti gli aspetti la preferenza al giorno d'oggi.

Non mi impegno a dimostrare che il sistema di Lavoisier sulla costituzione dei sali, che hanno ammesso gli autori della nomenclatura, è esatto. Fu e rimane stabilito su un senso generale di convenienza, e non è basato su prove perentorie. Ma mi impegnerò volentieri di farvi vedere che, di fronte a tutti gli altri sistemi proposti, si sollevano obiezioni della massima importanza.

Inizieremo da quelle di Davy, al quale M. Dulong ha dato il proprio appoggio, così potente ai nostri occhi. Per essere ammesso e sostenuto da tali autorità, bisognava che questo sistema fosse più che verosimile; doveva essere non solo possibile, ma anche filosofico, importante. È nato, è vero, nella mente di un uomo che sembra aver cercato tutte le occasioni di combattere la teoria di Lavoisier. Se seguite Davy in tutta la sua carriera scientifica, vedrete che egli era spesso sostenuto dal desiderio di lottare contro le dottrine di Lavoisier e che si è costantemente sforzato di sostituirle con altre nuove. Ecco come fu senza dubbio spinto a opporsi alle idee adottate sulla costituzione dei sali.

Davy parte da un sistema di idee che gli è proprio. Gli idracidi, nuovo genere di acidi alla scoperta dei quali aveva fortemente cooperato, ecco il suo punto di partenza! Lavoisier aveva riconosciuto solo gli ossiacidi. Orbene! vado a mostrare che esistono solo gli idracidi, Questa idea sembra bizzarra: essa è tale tuttavia che anche al giorno d'oggi, discutendola, si rimane quasi indecisi e che bisogna approfondire questa teoria con estrema cura, se si vuole trovare qualche motivo veramente determinante in favore di quella di Lavoisier.

Per rendere l'esposizione di quanto voglio dirvi più rapida e facile da capire, vi chiederò il permesso di impiegare i segni chimici usati al giorno d'oggi. Ci serviamo di formule ben posteriori all'epoca in cui Lavoisier e Davy proposero le loro dottrine.

Ma esse ci fornirono un modo di tradurre i loro pensieri in alcune parole e di facilitare molto il loro esame.

Ammettiamo, con Lavoisier, che l'acido solforico è SO^3 , che l'acido solforico ordinario concentrato è questo stesso acido idrato SO^3, H^2O , e che la sostanza che chiamiamo solfato di piombo è un composto dell'acido SO^3 con l'ossido di piombo PbO . Secondo Davy, niente di tutto ciò è vero, e vi direbbe: Voi credete che SO^3 è un acido, ma questo non è proprio vero: io vi sfido a mostrare in questo composto le caratteristiche di un acido. E ciò che vi è di strano, è che se si accetta la definizione, si rimane impotenti; non si può provare che il nostro acido solforico anidro sia veramente un acido. Sì, lo ripeto (perché credo di vedere tra di voi segnali di incredulità, poiché molti tra di voi, Signori, sembrano rivoltarsi interiormente contro quanto viene detto), non si può provare che SO^3 sia un acido. È, secondo Davy, l'acido comune, è SO^3, H^2O , che è l'acido effettivo e lo scrisse in modo differente; per lui, è un idracido. La formula dell'acido di Davy sarà $SO^4 + H^2$, cioè dell'acido cloridrico, dove il cloro Cl^2 è sostituito dal radicale SO^4 . E allora comprendete che mettendo questo idracido a contatto con le basi dovrà comportarsi come fanno gli altri idracidi. Il suo idrogeno si porterà sull'ossigeno degli ossidi per formare acqua e il radicale SO^4 si unirà al metallo. In questo modo, ciò che si chiama solfato di piombo non sarà del tutto $SO^3 + PbO$, ma $SO^4 + Pb$.

Ora, signori, è chiaro; potete applicare queste idee a tutti gli acidi possibili.

Davy aggiunge che il suo sistema è esatto, basta, per combinare l'acido solforico con l'ammoniaca, prendere non l'acido anidro, ma l'acido idrato: a questo riguardo, ha tenuto conto dell'esperienza e ha visto che, nel solfato di ammoniaca il più possibile disseccato, aveva sempre con SO^3 gli elementi di H^2O , di conseguenza della quale costituire il suo idracido SO^4, H^2 . Tutti i sali ammoniacali presentano una simile particolarità.

In questi ultimi tempi si è andati oltre, si è tentato di unire l'acido solforico anidro, l'acido solforoso anidro, al gas ammoniaca secca e il risultato è stato ancora favorevole all'opinione di Davy. I composti prodotti sono stati tutt'altro che i sali formati dagli stessi acidi e dall'ammoniaca in presenza di acqua: non hanno riprodotto questi quando sono stati disciolti in acqua, non hanno mostrato le proprietà generali dei solfati o dei solfiti.

Infine M. Dulong ha appoggiato le idee di Davy con le sue considerazioni sugli ossalati, che, in questo sistema, risulteranno dalla combinazione dell'acido carbonico con i metalli, ciò che darà una facile spiegazione di alcuni, o, per meglio dire, di tutte le loro proprietà.

Vedete, quindi, che una quantità di fatti vengono ad appoggiare questo modo di vedere. Tuttavia, non rovesciano quello di Lavoisier e si possono ugualmente spiegare con esso. La differenza di natura che esiste tra l'ammoniaca e gli ossidi può ben causare anche una differenza nel loro modo di comportarsi con gli acidi; e i fenomeni singolari che presenta l'acido solforico idratato disciolto nell'alcool assoluto, provando l'influenza che possono esercitare sciogliendoli sulle reazioni dei corpi, permettono di ricollegare, senza inverosimiglianza, alla stessa causa, le diversità osservate nel modo di agire dell'acido solforico, a seconda che sia anidro o idratato.

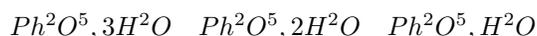
In definitiva, si sarà quindi tentati, se non di adottare la teoria di Davy, almeno di rimanere indecisi tra essa e quella di Lavoisier, se non vi fossero significative obiezioni da far valere contro la prima. Si deve solo trovare un modo di attaccarle, tanto essa appare ben stabilita, tanto essa è razionale! Essa sembra, al contrario,

semplificare la chimica. Con essa, infatti, più che degli idracidi; con essa, solo per formule simili per tutti i composti salini, o piuttosto dei sali, solo per i binari; i corpi considerati come sali diventano analoghi al cloruro di sodio.

Tuttavia, la riflessione ci fa riconoscere due motivi che tendono a far respingere questo sistema e talmente potenti da sembrarmi decisivi.

Bisognerebbe ammettere una moltitudine di esseri mai visti e che dobbiamo disperare di vedere, degli acidi per-solforici, per-azotati, per-carbonici, ecc, le cui formule saranno SO^4 , Az^2O^6 , C^2O^3 , ecc. In una parola, ogni ossiacido sopporta l'esistenza di un altro composto che contiene una ulteriore proporzione di ossigeno. Io lo dichiaro, tutte le volte che una teoria esige l'ammissione di corpi sconosciuti, bisogna diffidarne; bisogna dare il proprio assenso con la massima riserva, sin quando non è più permesso rifiutarlo, o almeno in presenza di analogie molto forti. Più questa teoria necessita di essere immaginaria, più si deve mostrare difficile. È, vedete, e forse fate il confronto voi stessi, è ricadere nell'inconveniente del flogisto; e qui, non sarebbe solo un flogisto, sarebbe uno sciame di flogisti. Vi sarebbero tanti corpi supposti quanti sono quelli conosciuti. Da ciò una confusione, un imbarazzo per la scienza al quale ci si dovrebbe rassegnare obbedendo a una verità, a una imperiosa necessità.

Vi è un'altra ragione che aumenta ancora l'inverosimiglianza di queste ipotesi. Ultimamente si è visto che l'acido fosforico, disciolto in acqua, poteva offrirsi a tre stati diversi, ognuno dei quali era dotato di particolari proprietà. Infatti egli forma tre idrati:



Il primo di questi idrati ha ricevuto il nome di acido fosforico comune; il secondo, di acido pirofosforico; il terzo, di acido metafosforico. Poco importanti questi nomi: lasciamoli da parte. Questi tre tipi di acido fosforico producono diversi sali, nei quali l'acqua che si trovava inizialmente unita all'acido si trova sostituita dalla base, atomo per atomo, sia nella totalità, sia nella parte. Del resto, queste tre varietà di acido passano facilmente da uno all'altro, sia perdendo acqua per calcinazione, sia guadagnando acqua per un contatto prolungato con questo liquido. Tra essi esistono, quindi, da una parte differenze incontestabili, e dall'altra, somiglianze che indicano un grande raggruppamento di natura. Le formule tutte semplici che si assegna loro, segnalando tra questi acidi una differenza che si potrebbe confrontare, se si vuole, a quella che esiste tra l'alcool e l'etere, rendono pure perfettamente ben conto di questi raggruppamenti. Non sarebbe più così se si considerassero questi corpi, non più come idrati di uno stesso ossiacido, ma come idracidi del tutto diversi. Sarebbero allora rappresentati da



Ecco significativi cambiamenti di natura per corpi che passano così facilmente dall'uno all'altro. Si ammetterebbero nella loro composizione differenze di primo ordine per spiegare differenze di proprietà di ordine molto secondario. L'effetto non sarà proporzionato alla causa.

Insisto su questo ragionamento poiché non trovo altri fatti da opporre al sistema sostenuto da Davy e M. Dulong. La questione non è irrevocabilmente esaurita. Da un momento all'altro, è possibile che questa teoria si riveli trionfante, sostenuta da qualche scoperta che le darà una nuova forza. Ma finora, sono dell'avviso che essa deve essere respinta, in ragione di questa moltitudine innumerevole di esseri

sconosciuti che essa suppone. Se solo ne vedessi nascere una parte!... avrei minore ripugnanza nel credere all'esistenza delle restanti.

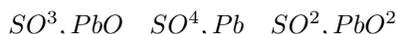
Vedete che, nei sali, Davy prende l'ossigeno della base per portarlo sull'acido. In questi ultimi tempi M. Longchamp ha fatto precisamente l'inverso. Vuole che si riporti dell'acido sulla base tanto ossigeno quanto essa ne contiene già. Secondo lui, l'acido solforico e il protossido di piombo danno, unendosi, un composto di acido solforoso e di ossido piombo, la cui formula deve essere scritta così: SO^2, PbO^2 . L'acido solforoso in commercio diviene una combinazione di acido solforoso e di acqua ossigenata: SO^2, H^2O^2 . È esattamente l'ipotesi di Davy rovesciata.

Da ciò, se prendete il solfato di sesquiossido di manganese, che si rappresenta con $3SO^3, Mn^2O^3$, basterebbe vedervi ciò che indica la formula $3SO^2, Mn^2O^6$. Da questa trasformazione, vedete che avete un acido molto forte, l'acido manganico, che gioca un ruolo di base di fronte a un acido molto debole, l'acido solforoso. Inoltre, questi sono due acidi che non possono coesistere: poiché l'acido solforoso riduce l'acido manganico allo stato di protossido di manganese.

Si tratta del solfato di alluminio, non è più $3SO^3, Al^2O^3$, ma bensì $3SO^2, Al^2O^6$. Ecco un composto Al^2O^5 , che nessuno conosce e la cui esistenza non è stata supposta e ve ne sarà una moltitudine di simili; poiché bisogna che tutti gli ossidi salificabili corrispondano al altri ossidi che contengono il doppio ossigeno; e per ogni acido in grado di combinarsi con le basi, bisognerà trovare un altro composto che racchiude un atomo di ossigeno di meno. Bisognerà ammettere l'esistenza di $FeO^2, FeO^6, Gl^2O^6, MgO^2, KO^2$, ecc. ecc. e di Ph^2O^4, Ph^2O^2 , ecc.

È inutile insistere più a lungo sulle non verosimiglianze di questa teoria assai meno felice di quella di Davy e che non presenta alcun lato filosofico.

Comunque sia, ecco tre modi di concepire la composizione dei sali e si può rappresentare il solfato di piombo con le tre formule seguenti:



Vi è ancora un'altra teoria. È la negazione di ogni predisposizione nei componenti di un sale. Essa consiste nel dire: voi cercate come gli elementi dei sali si raggruppano gli uni appresso agli altri? ... Orbene! Essi non si raggruppano gli uni appresso agli altri; sono disseminati nel composto. A dirla breve, la vostra formula non ha alcuna disposizione particolare da rappresentare; dovete scrivere SO^4Pb , o piuttosto O^4PbS , secondo l'ordine alfabetico; poiché non avete motivo per adottarne un'altra.

Poiché una teoria non è appoggiata su qualche necessità, io la respingo. Non basta che essa sia rigorosamente possibile. Essa non conterrebbe nulla di inverosimile. Bisogna che essa sia necessaria, o almeno che sia utile e basata su ragioni solide. Serve soprattutto, quando essa è destinata a sostituirla un'altra, che sia meglio stabilita e più ragionevole di quella che vuole confutare.

Quello di cui si tratta realizza queste condizioni? ecco ciò che non posso ammettere. Essa non si fonda su alcuna base reale; non getta alcuna luce sulle proprietà dei corpi; essa maschera i rapporti che esistono tra essi; e, applicata alla nomenclatura e alle formule, non farà che apportare una deplorabile confusione.

Vi dirò: vi è un composto la cui formula è $C^{12}H^{12}O^4$ o C^3H^3O ($C^3H^6O^2$). Vi farete di conseguenza un'idea giusta? Suppongo anche che si aggiunga: è un liquido etereo, molto volatile e di un odore soave. Vi fisserete sulla sua natura? Vi domanderete: ma cosa è $C^{12}H^{12}O^4$? Si vede bene, guidandosi con l'idea di etere,

che $C^{12}H^{12}O^6$ equivale a $C^4H^2O^3, C^8H^8, H^2O$ (CHO^2, C^2H^5), ma equivale anche a $C^8H^6O^3, C^4H^4, H^2O$ ($C^2H^3O^2, CH^3$). questa formula $C^{12}H^{12}O^4$, oppure a maggior ragione C^3H^3O , vi lascerà, quindi, completamente nell'incertezza.

Sarà quasi come se vi dicessi: devo intrattenervi su un personaggio di cui avete sentito parlare. Si chiama $A^2BELMRU$. Si aggiungerà pure che è un oratore illustre, uno dei membri più famosi dell'Assemblea Costituente, non fareste ancora un passo avanti. Uno dirà: Ah! è Mirabeau; l'altro; Bene! è l'abate Mauri. Una simile oscurità accompagnerà la formula $C^{12}H^{12}O^4$, che appartiene pure all'etere formico o all'acetato di metilene, Al suo posto vi presentiamo questa: $C^4H^2O^3, C^8H^8, H^2O$; poiché, non solo sapere perfettamente quale è il corpo in questione; ma dicendovi che si tratta dell'etere formico, questa formula vi offre la tavola riassuntiva di un gran numero delle sue proprietà.

Orbene! vi domando, quale nomenclatura preferite? (Io confondo qui nomenclatura, formula, modo di rappresentare la costituzione del corpo; è sempre la stessa questione). È quella che vi insegna la natura dei corpi semplici che fanno parte di un composto; oppure quella che li caratterizza nel miglior modo possibile e che meglio richiama le loro proprietà essenziali? La maniera più utile di rappresentare i corpi non è quella che bisogna preferibilmente adottare?

Del resto, non ci impuntiamo a torto. Quando non vi sono fatti che permettono di andare oltre la formula bruta, ci sappiamo fermare. Ma quando vi è un sistema di idee che si consente di presentare in un certo modo la costituzione intima di un corpo, cerchiamo un nome e una formula che ne siano l'enunciato. Non basta che esprimano fatti possibili; bisogna far loro esprimere fatti *certi* e nel maggior numero possibile. Ricordiamoci d'altronde che tutte queste questioni sono circondate da una nube che finora non è mai stata completamente dissipata e siamo pronti a sacrificare le nostre opinioni nel caso in cui *esperienze decisive* le rovesceranno.

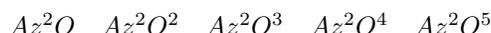
Il cammino da seguire tra mille difficoltà può essere riassunto in qualche frase. Bisogna dapprima evitare ogni idea preconcepita e fare l'analisi della sostanza proposta, poi sottoporla a prove che possano farne conoscere le reazioni principali. Quando essa sarà binaria o costituita alla maniera dei corpi binari, l'azione dei corpi semplici, molto positivi o molto negativi, sarà principalmente quella di metterne in evidenza la vera natura. Sarà salina; le basi o gli acidi forti serviranno soprattutto a chiarire la sua costituzione intima.

So bene che si può dire: questi corpi che ritenete non esistano, li fate nascere. Confesso che la loro preesistenza mi sembra verosimile e che l'ho sempre creduta. Ma se fossi stato nel dubbio, i risultati di M. Biot l'avrebbero levato. Ho visto infatti che l'essenza della terebentina deviava la luce polarizzata verso sinistra e che unendola all'acido cloridrico per formare la canfora artificiale essa non perdeva questa proprietà, ma la conservava allo stesso grado. Ho trovato un potere rotatorio inverso nell'essenza di limone, sebbene abbia la stessa composizione; e se non si è potuto verificare con esperienze precise se questo potere rimaneva intatto ne suo cloridrato, ci si è almeno accertati che questo composto deviava la luce polarizzata nello stesso senso.

Riguardo a questi corpi, i chimici e i fisici sono, quindi, portati alla stessa conseguenza: sembra, pertanto, ben stabilita; e se essa è vera per il cloridrato d'essenza di terebentina, lo deve essere anche per le sostanze analoghe. Le ricerche di M. Biot meritano quindi per le loro conseguenze tutto l'interesse dei chimici; esse possono divenire decisive per la teoria e lo sono quasi di già.

Per certi composti, la forma sotto la quale sono combinati gli elementi sembra quindi ben stabilita. Ma ve ne sono sui quali non si sa quale giudizio dare. Così, il cromato acido di potassa è un composto di acido cromico e di potassa uniti direttamente? Sono più portato a credere che sia una combinazione di cromato neutro e di acido. Analogamente, nel sotto acetato di piombo, mi sembra che si debba vedere un composto di ossido di piombo e di acetato neutro piuttosto che un risultato dell'unione immediata dell'acido acetico e dell'ossido di piombo. Questi sono problemi da risolvere sperimentalmente e non con ragionamenti *a priori*. Non si saprebbe stabilire oggi un sistema generale su questi temi. Bisogna dapprima interrogare accuratamente la natura; è solo così che sarà permesso di ottenere con precisione delle generalità.

Si è, per esempio, nella verità quando si scrive:



ammettendo nei composti così rappresentati semplici combinazioni dirette dei due corpi semplici? Non lo credo e sono persuaso, al contrario, che tra questi cinque composti ve ne siano che risultano dalla combinazione degli altri, sia tra essi, sia con uno dei due corpi elementari. Lo ripeto, spetta all'esperienza precisare lo stato effettivo della loro costituzione intima.

Molti chimici considerano oggi l'ossido di carbonio come un radicale in grado di svolgere un ruolo di corpo semplice di fronte all'ossigeno e al cloro, per esempio. Questo modo di vedere, che trova attualmente un reale appoggio, nella teoria dei composti benzoici, fu esposto qui, in un primo tentativo di filosofia chimica, al quale dedicai qualche lezione nel 1827. L'ossido di carbonio fu assimilato al cianogeno; l'acido clorossicarbonico e l'acido carbonico furono quindi rappresentati dalle formule C^2O , Cl^2 ($CO.Cl^2$) e C^2O , O ($CO.O$.); e ammissi di conseguenza che lo stesso corpo semplice potesse entrare in combinazione in due modi differenti nello stesso prodotto. Secondo le esperienze di MM. Woehler e Liebig sul benzoile, questo modo di vedere è stato generalmente adottato e ha ricevuto una nuova conferma dalla legge delle sostituzioni.

Recentemente, M. Laurent e M. Persoz hanno applicato questa idea in modo molto esteso. Secondo M. Persoz l'acido azotoso è formato dal biossido di azoto e dall'ossigeno $Az^2O^2 + O$ e l'acido azotico di acido ipoazotico e di ossigeno $Az^2O^4 + O$: in una parola, tutti gli acidi contengono un atomo di ossigeno oltre al radicale; in modo che l'acido borico deve essere $BO^2 + O$, l'acido cromico $CrO^2 + O$, ecc. Dirò che si devono ammettere queste ipotesi? Non lo credo? Vi sono troppo pochi motivi da far valere in loro favore. Evitiamo accuratamente le supposizioni gratuite. Ricordiamoci che vi è il più grande pericolo nel creare radicali ipotetici senza necessità.

Ecco quindi la mia proposta: lasciamo le serie binarie come sono; lasciate le serie saline come sono. Tuttavia, fate esperienze per assicurarvi se esse sono ben concepite e credete che la decisione presa per una serie per una serie avrà bisogno di essere verificata per le altre e che bisognerà avere fretta di generalizzare.

Devo a me stesso, devo ai miei giovani colleghi o allievi dire qui il mio pensiero senza sotterfugi. È con rammarico che vedo giovani chimici così capaci fare un uso prezioso di tutti i loro momenti, nel consacrare anche una piccola parte a combinare vagamente delle formule in un modo più o meno probabile, più o meno possibile²⁶.

²⁶Nei numerosi uditori che che non ha cessato di frequentare queste lezioni, non vi è nessuno che

La nomenclatura di Lavoisier esprime solo la natura e lo stato dei corpi: essa non aveva altro scopo. Dopo che le equivalenze chimiche furono ben stabilite, M. Berzelius pensò di creare una nomenclatura simbolica, nella quale si potesse indicare non solamente il nome degli elementi e il modo di considerare la loro riunione, ma anche le loro rispettive quantità: è quanto fece esprimendo il peso degli atomi con segni ai quali associò l'indice del loro numero. In tal modo stabilì queste formule così comode, come SO^3PbO , che dicono infatti tutto quanto vi è da enumerare. Così sono state generalmente adottate. Vi sono alcuni chimici inglesi che si rifiutano ancora di farne uso e non possiamo troppo biasimarli.

Ecco, pertanto, due nomenclature ben distinte, la nomenclatura parlata e quella scritta, aventi ciascuna i propri vantaggi e le proprie richieste. Senza dubbio la seconda è contemporaneamente di una esattezza e precisione assai preziosa; ma ne segue che servirebbe cercare di modellare la prima su di essa? No, signori, mille volte no. Bisogna che la seconda resti ciò che è stata; un linguaggio chiaro, semplice e anche elegante; un linguaggio che si possa parlare senza sforzi e comprendere senza fatica. Serve che essa sia esatta; ma anche concisa e armoniosa.

Tuttavia, è impossibile evitare che si faccia qualche tentativo tendente a confondere questi due modi di designare i corpi. Non passa quasi anno in cui l'Istituto non riceva una o due nuove proposte di nomenclatura, più o meno cattive, più o meno sciocche. Coloro che si sono occupati di storia naturale non si sorprenderanno: Voi sapete, per esempio, quanto è bella, quanto è utile la nomenclatura linneana in botanica, precisamente perché non esprime nulla, o così poco, che la voglia di modificarla deve venire difficilmente a una persona ragionevole, anche quando la scienza ha subito qualche cambiamento.

Tuttavia, vi sono persone che non si arrendono a queste ragioni e che vogliono rincarare su Linneo, al rischio di formare le denominazioni più difficile da pronunciare.

Credereste, per esempio che si sia trovato un botanico, Bergeret, che, sforzandosi di esprimere tutte le caratteristiche delle piante nel loro nome, non ha avuto l'orecchio ferito dalle parole barbare che partoriva il suo sistema? E pertanto al nome comune della *melissa*, semplice e comodo da pronunciare, sostituisce quello di *soefnéanizara*; la *lavanda* diviene *soefniaceara*; l'*ortica rossa*, *niqstyafaojiaz*; il *timo*, *qiqyafoasiaz*; e la *menta*, *oiggyafaojoaz!!!*

Ammirate la melodia di questi nomi e la facilità della loro pronuncia: orbene! ciò che vi sembra così selvaggio per la scienza dei fiori, M. Griffins lo riproduce per la chimica. I suoi nomi esprimono il *numero di atomi* e non l'ordine della loro combinazione. Sappiamo già quanto si guadagna filosoficamente; vediamo ora ciò che si guadagna rispetto all'armonia e al bel linguaggio. Attendete: bisogna che legga; altrimenti non potrei esporre. Cado sul feldspato: ecco un minerale di un

non abbia compreso il pensiero del professore. Pensiero benevole e di amicizia che è liberamente uscito da un cuore che si crede sufficientemente protetto dai suoi precedenti.

E pertanto questo frase ha suscitato le critiche di M. Laurent contro M. Dumas. Come se, aprendo il suo laboratorio a tutti i giovani chimici, al deplorabile Boullay, a M. Péligot, a M. Pelouze, a M. Laurent e a tanti altri, iniziandoli ai segreti della sua esperienza, riscaldandoli del fuoco che lo anima, M. Dumas avesse dovuto rinunciare al diritto di dare loro un consiglio!

Ah! che mi sia permesso di aggiungere che, lungi dal lasciarsi scoraggiare, spero che M. Dumas conserverà sempre verso la gioventù questa inalterabile benevolenza che lo ha già posto così in alto nella venerazione pubblica e che gli ha già permesso di suscitare tra noi questa brillante scuola di giovani chimici, speranza per la scienza e per il paese. Bineau E. (redattore di queste lezioni)

nome ben noto e comodo almeno per la sua brevità. M. Griffins non lo vuole; ama meglio dire:

Kalialisilioxy-momatriadodecaocta.

E il comune allume, bisogna chiamarlo:

Kalialinstriasulintetraoxynocta Aquindodeca.

Direte forse che questi corpi sono di una composizione alquanto complicata, che obbliga necessariamente a dar loro denominazioni lunghe e imbarazzanti. orbene! prendiamo il fluorato di barite: nel sistema di M. Griffins, si chiama *Baliborintria-flurintetra Aqi.*

Infine, il gesso, per il quale i nomi comuni mancano così poco. che potete chiamarlo scientificamente carbonato di calcio; nel linguaggio della mineralogia, calce carbonata, oppure, se volete, bianco di Meudon, bianco di Spagna, pietra calcarea, del tutto a vostro piacimento, poiché tutti questi nomi mi sembrano preferibili a quello che vado a pronunciare; il gesso prende il nome di *Calcicariproxintria.*

Queste cose non hanno bisogno di essere combattute; basta leggerle.

Lasciamo alla nomenclatura scritta la sua precisione e le sue indicazioni rigorose. Ma pensiamo che alla nomenclatura parlata, basta l'eleganza, basta un poco di questo lasciar correre senza il quale i nomi diventano di una lunghezza ridicola e faticosa.

Per finire, non posso esimermi dal testimoniare il rammarico che provo vedendo entrare nella scienza nomi come *marcaptam*, o *mercaptum*, che si basano solo su cattivi giochi di parole: poiché *mercaptam* vuole dire *corpus mercurium captans*, corpi che prendono il mercurio; e *mercaptum*, *corpus mercurio aptum*, cioè corpi uniti al mercurio. Preferirei meglio in verità il metodo di Adanson, che tira a sorte le lettere che devono formare il nome di cui ha bisogno. Dirò ancora di un nome che è stato proposto recentemente in una delle più belle memorie che la chimica possiede. L'importanza del lavoro di cui il corpo così chiamato è stato oggetto rende la mia osservazione più necessaria: è la parola *aldeide*, che significa *alcool deidrogenato*. Così nell'alcool si prende, senza creare imbarazzi etimologici, la particella *al*, che, nella lingua araba da cui è presa la parola alcool, indica la perfezione di una cosa qualsiasi; particella che, di conseguenza, non precisa nulla, che è comune a tutti i nomi arabi presi al loro massimo grado e che appartiene sia all'alcoran che all'alcool. Si è aggiunta la sillaba *id* che è più il radicale della parola idrogeno.

Il mercaptan, è del biosolfidato di idrogeno bicarbonato.

L'aldeide è in corpo le cui connessioni con l'acido acetico devono soprattutto riguardare la nomenclatura. A mio avviso, nella nomenclatura dei corpi organici, bisogna fare poca attenzione alla loro *origine* e molto ai loro *derivati*. Così, la parola cloral non mi indica nulla di essenziale, mentre la parola cloroformio esprime il fatto saliente della storia del corpo, la sua conversione in cloro e acido formico sotto l'influenza delle basi.

Posso fare queste osservazioni, ho il diritto di farle; poiché nessuno professa una più profonda stima per i lavori di M. Zeise; nessuno conosce meglio di me ciò che la scienza deve a M. Liebig e quanto M. Liebig promette alla scienza per l'avvenire. Se M. Liebig mi permette di dirgli, egli è dotato di un genio troppo potente per avere il diritto di cessare di essere logico, anche adottando una parola.

Tutto ciò è transitorio, è vero, assai fortunatamente; ma questa scusa non rende simili nomi migliori ed è una necessità criticarli in un corso come questo; soprattutto quando si pensa che questa provvisorietà possa durare per tutto il tempo che queste

baracche ignobili si ergano per un giorno e che per secoli hanno falsato gli approcci dei nostri più bei monumenti.

Terminerò questa lezione esponendovi in due parole il mio sistema sulle questioni discusse. Eccole:

Date ai corpi semplici e ai corpi che agiscono come essi nomi insignificanti, purché si prestino facilmente alla formazione dei nomi composti:

Prendete per i corpi composti le formule che, accordandosi con l'analisi elementare, rappresentano la migliore esperienza e basatele solo di essa;

Prendete per i corpi composti le formule che, in accordo con l'analisi elementare, rappresentano la migliore esperienza, e basatele solo su di essa;

Rappresentate il più possibile, in una lingua parlata, queste formule, con nomi chiari e comodi, in quanto hanno di essenziale, ma trascurando tutte le circostanze accessorie e senza pretendere di enunciare tutto.

Fatto questo, avrete espresso le verità del vostro tempo, le verità della vostra epoca. Lascerate, quindi, alla vostra intelligenza tutta la sua libertà, ricordandovi che se registrerete solo verità, non registrerete tutta la verità che i vostri nipoti dovranno proseguire l'opera che voi avete cominciato.

Generalità - Notazioni delle formule

Trattato di Chimica Organica di Ch. Gerhardt

Gerhardt (Charles-Frédéric) 1816-1856, nato a Strasburgo, ebbe un'esistenza alquanto agitata e poco felice. Partì all'età di quindici anni per andare a seguire i corsi all'École polytechnique di Carlsruhe; gli istituti per l'insegnamento tecnico avevano preso in tutta l'Europa il nome di grande scuola che era allora nel pieno del suo splendore. Dopo un rapido soggiorno in diversi laboratori tedeschi e soprattutto in quello di Liebig a Giessen, lavorò a Parigi presso il laboratorio di Chevreul e vi restò sei anni; a ventotto anni fu nominato professore di chimica all'Università di Montpellier. Ma, incapace di rimanere a lungo nello stesso ambiente, ritornò per quattro anni a Parigi dove andò, nel 1851, in una scuola di chimica pratica. Ripartì nel 1855 per Strasburgo, sua città natale, come professore all'Università e alla Scuola di Farmacia e morì l'anno seguente alla età di soli quaranta anni.

Gerhardt era piuttosto speculatore che sperimentatore; fece, tuttavia, qualche scoperta importante in chimica organica, in particolare quella delle anidridi. È celebre soprattutto per l'impulso che ha dato alla notazione chimica. A lui si deve l'uso sistematico adottato oggi di rapportare le formule dei corpi semplici e composti a uguali volumi di vapore, cioè al loro peso molecolare; la definizione del peso atomico, considerato come la più piccola parte di un corpo esistente nei pesi molecolari delle sue diverse combinazioni; l'impiego delle formule unitarie in chimica minerale, in opposizione all'antica notazione dualistica di Berzelius; introdusse infine in chimica organica la teoria dei tipi. Il successo delle sue idee fu completo solo dopo la sua morte; fu ritardato dalla violenza con la quale egli e il suo amico Laurent attaccarono i chimici più eminenti: Dumas, Regnault, Thénard, Berzélius e Liebig. La forma, come a volte succede, nuoce.

H. L. C.

Le pagine di Gerhardt qui riprodotte sono prese da uno degli ultimi capitoli dell'ultimo volume del suo Trattato di Chimica generale; esse riassumono i principi

essenziali della moderna notazione chimica. Le sue idee erano in tale opposizione con quelle dei suoi contemporanei che dovette, su richiesta del suo editore, per rendere possibile la vendita della sua opera, conservare, nei primi volumi, l'antica notazione in equivalenti e rimandare l'esposizione delle sue idee con l'impiego delle sue formula alla fine dell'opera.

La sua notazione è pienamente interna al movimento di opinione che si è progressivamente, ma inconsciamente, sviluppato tra i chimici dopo le esperienze di Gay-Lussac. Gerhardt non presenta così le sue idee; egli ignora sistematicamente i lavori dei suoi predecessori e fa trapelare il suo disprezzo per le loro preoccupazioni teoriche. Si sarebbe sorpreso se di lui si fosse detto che sarebbe stato considerato un giorno come uno dei fondatori della teoria atomica. Disdegnando tutte le speculazioni sulla costituzione della materia, proclama, come d'altronde Dumas, che le formule chimiche devono mirare solamente a richiamare con il loro contesto il maggior numero di proprietà dei corpi che sono destinate a rappresentare.

Riferisce tutte le formule a volumi uguali di vapore, poiché la maggior parte delle doppie scomposizioni della chimica organica si fanno tra volumi uguali dei corpi reagenti; poiché i pesi equivalenti dei diversi acidi o dei diversi alcool occupano lo stesso volume; poiché gli alcool e gli acidi di neutralizzano a volumi uguali, ecc. Prende come volume tipo, destinato a fungere da unità, quello della molecola di acqua che si incontra nella maggior parte delle doppie scomposizioni. Tale è l'origine dei nostri pesi molecolari.

Propose poi di raddoppiare gli equivalenti di certi corpi semplici, come il carbonio e l'ossigeno per evitare di farli sempre figurare nelle formule molecolari con un esponente pari. Ciò equivale ad assumere, benché non lo dica esplicitamente, come pesi proporzionali di ogni corpo semplice, la più piccola quantità di questo corpo esistente nei pesi molecolari dei suoi diversi composti. Questi sono i nostri pesi atomici.

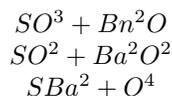
Sviluppa infine un metodo di composizione delle formule razionali dei composti organici consistente nel mettere in evidenza in queste formule da una parte certi tipi di combinazioni: H^2 , H^2O , AzH^3 , CH^4 e d'altra parte i residui, i radicali dei corpi generatori quando questi possono essere facilmente rigenerati da una reazione inversa. Un corpo può presentare parecchie formule razionali.

Senso delle Formule²⁷. È un pregiudizio generalmente diffuso che si possa, dalle formule chimiche, risalire alla costituzione molecolare dei corpi, cioè alla reale disposizione dei loro atomi, tanto che dovrei forse persuadere qualcuno dei miei lettori; la preesistenza, nel solfato di barite, per esempio, dell'acido solforico e della barite sembra così evidente, così conforme a tutte le verità acquisite che può apparire temerario voler combattere questa opinione. Tuttavia nulla è più facile che dimostrare che essa si basa su una illusione, su una falsa interpretazione dei fenomeni.

Coloro che ammettono che il solfato di barite contiene acido solforico e barite si fondano sul fatto che questo sale si produce per la combinazione diretta delle sue due parti costituenti e può di nuovo essere trasformato. Ma il solfato di barite si

²⁷ *Avvertenza.* - Il lettore è avvertito che, in tutte questa parte, ho creduto dovermi servire della mia notazione, per meglio rendere un pensiero negli sviluppi teorici. D'altra parte, per passare dalla mia notazione a quella antica, basta raddoppiare il carbonio e l'ossigeno (lo zolfo e il selenio), senza toccare i simboli dell'idrogeno, dell'azoto, del fosforo, dei metalli, del cloro, del bromo, dello iodio e del fluoro.

produce anche per la combinazione dell'acido solforoso di bario con l'ossigeno e si può pure convertire di nuovo il solfato di barite in acido solforoso o in solfuro di bario. Se la costituzione molecolare di un composto chimico si potesse dedurre dal suo modo di formazione, si avrebbero quindi, per il solfato di barite, almeno tre diverse formule.



Ecco perché i chimici danno la preferenza alla prima formula: è quella che ha il vantaggio di destare in noi il ricordo di un certo insieme di analogie, di un certo numero di corpi o di fatti simili e, in particolare, quello delle doppie scomposizioni a cui è soggetto il solfato di barite, alla maniera di altri solfati o di altri sali di barite. Quando rappresentiamo il solfato di barite come la combinazione di un acido e di una base, è per esprimere sia il modo di formazione di questo sale mediante la riunione diretta dell'acido e della base che per ricordare il suo assemblaggio, nelle trasformazioni chimiche, con il solfato di piombo o il solfato di ferro, con il fosfato di barite o il nitrato di barite; vogliamo così ricordare che si può, nel solfato di barite, sostituire l'ossido di bario con l'ossido di piombo o l'ossido di ferro e trasformarlo in altri solfati, oppure sostituire l'acido solforico con l'acido fosforico o l'acido nitrico e trasformarlo in altri sali di barite; in una parola, la formula che fa del solfato di barite una specie di edificio doppio, composto di acido e di base, deve ricordare che si può convertire questo corpo, per doppia scomposizione, in un certo numero di composti analoghi. Ecco il vero senso della dottrina dualistica e della nomenclatura su cui è basata; ciò che non esclude l'impiego, per certe dimostrazioni, delle formule rappresentanti il solfato di barite come una combinazione di acido solforoso e di perossido di bario, o di ossigeno e di solfuro di bario. Se queste ultime formule esprimono meno analogie della formula dualistica, esse fanno risaltare, d'altro canto, certi rapporti di composizione e di reazione che non sono resi visibili dalla notazione del solfato di barite come combinazione di acido e base.

Una ventina di anni fa, i primi lavori sull'alcool e gli eteri provocarono discussioni molto animate. I chimici erano divisi in due campi: gli uni rappresentavano l'etere come una combinazione di etile e di ossigeno, gli altri lo consideravano come una combinazione di acqua e di idrogeno bicarbonato; ognuno dei due partiti apportava numerosi fatti a sostegno della propria dottrina. Oggi la teoria dell'etile è quasi universalmente adottata (sotto una forma, è vero, modificata): è perché realmente la teoria dell'etile sarebbe stata riconosciuta come più vera della teoria dell'idrogeno bicarbonato? Non io penso: nella mia opinione, le due teorie dicono almeno che non hanno la pretesa di affermare: né l'una, né l'altra non saprebbe dare la costituzione assoluta dell'etere, ognuna non fa che riassumere un certo ordine di analogie, solamente la teoria dell'etile comprende più analogie della teoria dell'idrogeno carbonato; è ciò che ha fatto la fortuna della prima, è che le analogie che essa esprime sono dello stesso ordine di quelle che hanno fatto dare la preferenza alla formula del solfato di barite, come combinazione di acido e di base. Logicamente la teoria dell'etile doveva sopravvivere alla teoria dell'idrogeno bicarbonato, dal momento che in chimica minerale, la formula dualistica del solfato di barite si reggeva sull'esclusione delle formule richiamanti altri modi di formazione di questo sale. Questo, ben inteso, non impedisce di essere perfettamente razionale alla formula che rappresenta l'alcool come una combinazione di acqua e idrogeno

bicarbonato, poiché si può trasformare l'alcool in acqua e gas etilene, così come si può effettuare la reazione inversa e convertire l'etilene in alcool.

Parlerò delle due teorie applicabili ai sali ammoniacali e ai sali degli alcali organici? La teoria dell'ammonio richiama i doppi scambi possibili per questi sali e l'analogia che essi presentano, sotto questo aspetto, con i sali metallici; essa corrisponde alla teoria dell'etile. La teoria dell'ammoniaca esprime la formazione dei sali ammoniacali mediante la combinazione degli alcali con gli acidi; essa corrisponde alla teoria dell'idrogeno bicarbonato. Secondo l'analogia espressa, si potranno scegliere formule scritte nell'una o nell'altra teoria.

Riassumendo, le formule chimiche esprimono e possono esprimere solo rapporti, analogie; le migliori sono quelle che rendono visibili più rapporti, più analogie.

Questa caratteristica delle formule chimiche rende evidentemente oziose tutte le discussioni che si basano unicamente sulla questione di sapere *sotto quale forma* è coinvolto in una combinazione un tale elemento o un tale gruppo di elementi, che si può estrarre o che si può far entrare, se non si lega a questa forma un'idea precisa di reazione o di proprietà chimica. Io penso che si dica di certi corpi azotati che contengono l'azoto sotto forma di vapore nitroso NO^2 , per far intendere che l'azoto vi è stato introdotto dall'acido nitrico, che essi fanno esplosioni con il calore come i nitrati, che si riducono con l'idrogeno solforato, ecc.; io penso che si distinguono due isomeri, come l'etere metile acetico e l'etere etile formico, dicendo che uno contiene carbonio e idrogeno sotto forma di metile e di acetile, l'altro che contiene gli stessi elementi sotto forma di etile e di formile, per indicare così che ponendo questi due corpi sotto l'influenza dello stesso reattivo, si ottiene con l'uno metanolo e acido acetico, con l'altro etanolo acido formico. Qui la forma ha un senso determinato; i modi di rappresentarla graficamente, cioè di raffigurare con simboli le reazioni alle quali corrisponde essa questa, potranno non essere gli stessi per due chimici, e tuttavia esprimere in fondo lo stesso fatto, gli stessi rapporti. Due sperimentatori non possono quindi discutere sulla forma di un elemento o di un gruppo di elementi coinvolti in una combinazione se essi non impiegano gli stessi simboli, le stesse formule, per esprimere le stesse cose; la discussione può avere un esito positivo, in questo caso soltanto, quando uno dimostra con l'esperienza che il suo contraddittore si è sbagliato su un aspetto, che egli ha eseguito un'analisi difettoso o che ha mal osservato una reazione. Ma ogni discussione diviene necessariamente sterile quando essa si basa unicamente sulla configurazione delle formule, pur essendo in accordo sui fatti. Non che la scelta della notazione sia una cosa assolutamente indifferente; io considero, al contrario, una notazione razionale e regolare come uno strumento essenziale di progresso, come un potente mezzo di sviluppare le idee. Una notazione è tanto migliore se richiama alla mente più analogie, se suggerisce più pensieri fecondi; essa può essere concisa e corretta, o prolissa e confusa, come lo stile nella lingua parlata o scritta; queste sono qualità o difetti inerenti l'individualità di ciascuno, ai quali possiamo tendere o che possiamo correggere con maggiori o minori sforzi.

Si può, quindi, senza dubbio differire nell'apprezzamento della convenienza di una forma di notazione: tale genere di simboli o di segno che ci appare espressivo e sorprendente, e con il cui uso abbiamo familiarizzato, può non avere la stessa caratteristica agli occhi di altri chimici, abituati a una notazione differente. Ma ciò che non comprendo, è che i chimici, parlando ciascuno in qualche modo un linguaggio particolare, discutano tra loro quando sono perfettamente d'accordo sui fatti.

Simili discussioni sono sempre senza risultato, sia perché, senza dubbio, ognuno esprime gli stessi fatti in un linguaggio che non è compreso dal suo contraddittore, sia perché gli uni e gli altri attribuiscono al linguaggio delle formule un senso che non può avere, quello di esprimere l'organizzazione molecolare. Gli stessi chimici si intenderebbero infallibilmente se si traducevano reciprocamente in termini precisi le parole di cui si servono, se facessero uso della stessa misura, della stessa unità di confronto per esprimere le relazioni da essi osservate.

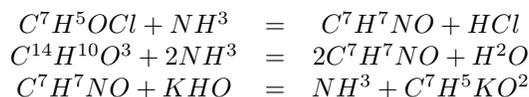
Ho pubblicato, già qualche anno fa, ricerche su numerose nuove combinazioni del platino. I miei risultati non sono stati contestati, ma sono state fortemente attaccate le mie formule. Per rammentare l'analogia così completa che queste combinazioni presentano con i sali di ammoniaca e con i sali metallici comuni, per esprimere nello stesso tempo le relazioni che esistono tra essi e altri sali di platino, le avevo rappresentate come formate da una ammoniaca nella quale l'idrogeno era sostituito dall'uno o dall'altro equivalente del platino: cosa c'è di più semplice per indicare che si può operare in questi composti tutta una serie di doppie scomposizioni ordinarie? Tuttavia un chimico straniero trova stravaganti queste formule, attribuendo loro evidentemente un senso che era lontano dal mio pensiero e pretende di dire una cosa più vera considerando i miei composti come sali *accoppiati* con ammoniaca: così per questo chimico il mio nitrato di platino-ammonio è del nitrato di biossido di platino accoppiato con ammoniaca. Il mio onorevole contraddittore mi permetterà di dirgli che si sbaglia sul senso delle mie formule e dei segni propri: gli uni e gli altri possono rappresentare solo semplici rapporti o reazioni e non l'organizzazione molecolare; siccome siamo d'accordo su questi rapporti e queste reazioni, differiamo quindi solo sul modo di renderli visibili, sul linguaggio nel quale li esprimiamo. Resta da sapere soltanto chi di noi due parla la lingua più intellegibile e più chiara; è questo il punto che il lettore apprezzerà quando conoscerà i principi sui quali si basa la notazione e che troverà esposti nei paragrafi seguenti.

EQUAZIONI CHIMICHE, RADICALI

Le formule chimiche, come abbiamo detto, non sono destinate a rappresentare la distribuzione degli atomi; ma esse hanno lo scopo di rendere evidenti, nel modo più semplice ed esatto, le relazioni che collegano i corpi tra loro in relazione delle trasformazioni.

Ogni trasformazione, ogni reazione chimica si può rendere con una *equazione* tra le materie reagenti e i prodotti di reazione. Rappresentare un corpo con una *formula razionale*, è riassumere con dei simboli convenzionali un certo numero di equazioni nelle quali figura questo corpo, essendo un altro corpo assunto come unità di confronto. Le formule razionali sono quindi in qualche modo equazioni ridotte.

Siano, per esempio, le reazioni seguenti: il cloruro di benzoile e l'ammoniaca danno del benzamide e acido cloridrico; l'acido benzoico anidro e l'ammoniaca danno del benzamide e acqua; la benzamide e la potassa caustica danno l'ammoniaca e benzoato di potassio. Queste relazioni si esprimono con le equazioni:



Queste tre equazioni, dove i termini benzamide C^7H^7NO e ammoniaca NH^3 sono comuni ad ognuno, si possono anche scrivere:

$$\begin{aligned} C^7H^7NO &= NH^3 + C^7H^7OCl - HCl \\ 2C^7H^7NO &= 2NH^3 + 2C^7H^7O - H^2O \\ C^7H^7NO &= NH^3 + C^7H^5KO^2 - KHO \end{aligned}$$

oppure

$$\begin{aligned} C^7H^7NO &= NH^3 + C^7H^5O + Cl - H - Cl \\ 2C^7H^7NO &= 2NH^3 + 2(C^7H^5O) + O - 2H - O \\ C^7H^7NO &= NH^3 + C^7H^4O + KO - H - KO \end{aligned}$$

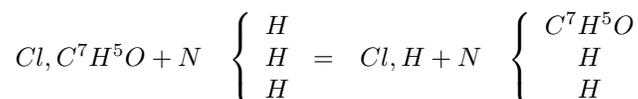
dando in definitiva:

$$\begin{aligned} C^7H^7NO &= NH^3 - H - C^7H^5O \\ 2C^7H^7NO &= 2NH^3 - 2H + 2(C^7H^5O) \\ C^7H^7NO &= NH^3 - H + C^7H^5O \end{aligned}$$

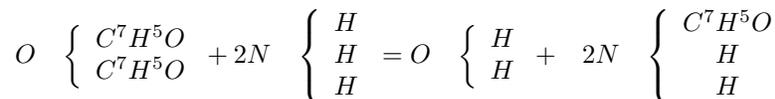
In termini chimici, ciò vuol dire che la benzamide si comporta, nelle reazioni citate, come l'ammoniaca alla quale manca l'atomo di idrogeno, al quale atomo di idrogeno sono *sostituiti* gli elementi C^7H^5O . Come formula razionale della benzamide, riferita all'ammoniaca, si scriverà:

$$NH^2(C^7H^5O) \quad oN \quad \left\{ \begin{array}{c} C^7H^5O \\ H \\ H \end{array} \right.$$

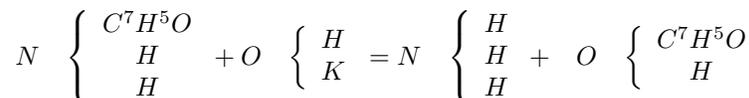
Le reazioni chimiche come le precedenti, o due corpi, mediante la loro scomposizione reciproca, producono due altri corpi, sono note sotto il nome di *doppie scomposizioni*. Si può, infatti, rappresentarle come sostituzioni o scambi di elementi che si effettuano su ciascuno dei due corpi messi a contatto. Nella prima reazione, il cloruro di benzoile scambia gli elementi C^7H^5O per H , e l'ammoniaca scambia H per gli elementi C^7H^5O :



Nella seconda reazione, l'acido benzoico anidro scambia C^7H^5O per H e l'ammoniaca scambia H per C^7H^5O



Nella terza reazione, la benzamide scambia C^7H^5O per H e la potassa scambia H per C^7H^5O :



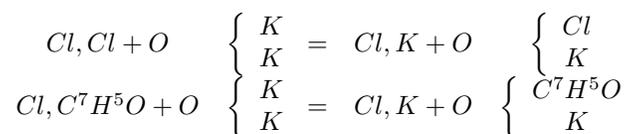
Chiamo *radicali* o *residui* gli elementi di tutti i corpi che possono essere così trasportati in un altro corpo per effetto di una doppia scomposizione, o che sono stati introdotti con una simile reazione. Così il cloruro di benzoile, l'acido benzoico anidro, la benzamide contengono il radicale C^7H^5O (benzoile); l'ammoniaca, l'acqua, la potassa contengono il radicale H (idrogeno). Siccome, d'altra parte, negli esempi citati, lo scambio avviene, non solo tra il benzoile e l'idrogeno, ma

anche tra il cloro e l'azoto (il cloruro di benzoile diviene azotato di benzile e di idrogeno), così che tra l'ossigeno e l'azoto (l'ossido di benzoile e di idrogeno diviene ossido di benzoile e di potassio), la denominazione del radicale è così applicabile al cloro del cloruro di benzoile e dell'acido cloridrico, all'azoto dell'ammoniaca e della benzamide, all'ossigeno dell'acqua e dell'acido benzoico anidro, ecc.

Si vede, da ciò, che, contrariamente alla maggior parte dei chimici, *assumo l'espressione radicale nel senso del rapporto e non in quello di corpo isolabile o isolato*. Distinguo, pertanto, il radicale idrogeno dal gas idrogeno, il radicale cloro dal cloro libero; o meglio, se si vuole rappresentare con formule razionali l'idrogeno o cloro liberi, lo studio delle reazioni porta a scrivere il gas idrogeno con i due radicale HH e il gas cloro con i due radicale $ClCl$. Nella usuale nomenclatura, il gas idrogeno sarà quindi l'idruo di idrogeno e il gas cloro sarà il cloruro di cloro; ciò vuol dire che il gas cloro e il gas idrogeno risultano da doppie scomposizioni o possono dare luogo a doppie scomposizioni del tutto simile a quelle che hanno fatto chiamare l'essenza di mandorle amare idruo di benzoile e la stessa essenza clorato di cloruro di benzoile:

Gas idrogeno o idruo di idrogeno	H, H
Essenza di mandorle amare o idruo di benzoile	H, C^7H^5O
Gas cloro o cloruro di cloro	Cl, Cl
Essenza di mandorle amare clorate o cloruro di benzoile	Cl, C^7H^5O

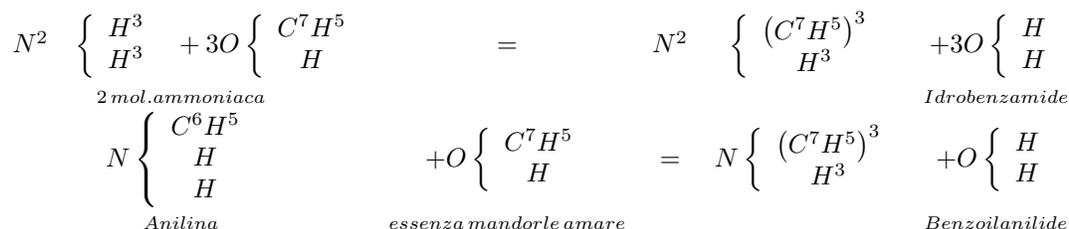
Se si tratta, per esempio, il gas cloro con della potassa, si ottiene cloruro di potassio e dell'ipoclorito di potassa, per effetto di una doppia scomposizione del tutto simile a quelle che dà luogo al cloruro di potassio e al benzoato di potassa nel trattamento del cloruro di benzoile con la potassa:



È quindi ben inteso che parlando di un radicale non indico alcun corpo sotto la forma e con le proprietà che avrebbe allo stato isolato; ma distinguo semplicemente il *rapporto* secondo il quale si sostituiscono o si trasportano da un corpo all'altro, nella doppia scomposizione, alcuni elementi o gruppi di elementi. Del resto, l'osservazione più superficiale dimostra quanto è grande la differenza che esiste tra un elemento, come si presenta allo stato libero, e questo stesso elemento compreso in una combinazione; nessuno penserà di identificare le affinità chimiche del carbone nero o del diamante con quelle del carbone contenuto in quelle migliaia di combinazioni chiamate organiche; la logica più banale ci richiede la stessa distinzione riguardo al cloruro o all'idrogeno e in generale riguardo a tutti i corpi semplici o composti.

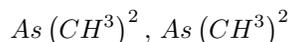
Come prima detto, impiego comunemente, come *simboli della doppia scomposizione*, la virgola o la graffa con le quali separo i radicali di un corpo. Questi simboli diventano inutili quando i radicali sono semplici, come nell'acido cloridrico o nel gas cloro. Qualche volta, tuttavia, quando un corpo, come l'acqua o l'ammoniaca, contengono più atomi di uno stesso radicale semplice, la graffa può anche essere impiegata in modo vantaggioso per la comprensione delle reazioni. Per indicare che un radicale contiene gli elementi di altri due radicali, o che ha esso stesso subito una doppia scomposizione che ha avuto come effetto quello di sostituire uno dei suoi

Ma, in altri casi, la doppia scomposizione, invece di effettuarsi su un atomo di idrogeno dell'essenza, ha effetto sull'ossigeno di questo corpo; l'essenza si comporta allora come un ossido e non come un idruro. Tale è l'azione dell'ammoniaca, dell'anilina, dell'idrogeno solforato, ecc, sull'essenza di mandorle amare:

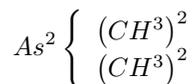


Più la composizione di un corpo è complicata, più evidentemente sono numerosi i punti di legame che può offrire agli agenti chimici; da ciò più formule razionali per un simile corpo; in virtù di questo principio, l'essenza di mandorle amare rappresenta quindi una volta l'idruro del radicale $C^7 H^5 O$ e l'ossido del radicale $C^7 H^5$.

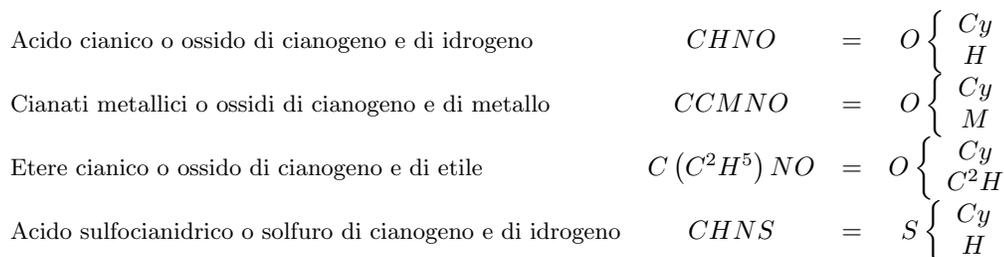
Ecco un altro esempio che porta alla stessa conclusione. Dalle belle ricerche di M. Bunsen, il cacodile rappresenta il metallo di una serie di numerose combinazioni chiamate ossido di cacodile, solfuro di cacodile, nitrato di cacodile, ecc. Ma questo stesso cacodile rappresenta anche il termine arseniuro nella serie delle combinazioni dette ossido di metile, solfuro di metile, nitrato di metile. Secondo le reazioni viste, cioè secondo i composti ai quali si associa il cacodile, le si potrà rappresentare con la formula di un metallo²⁸ (cacodiluro di cacodile),



o dalla formula di un arseniuro (arseniuro di metile),



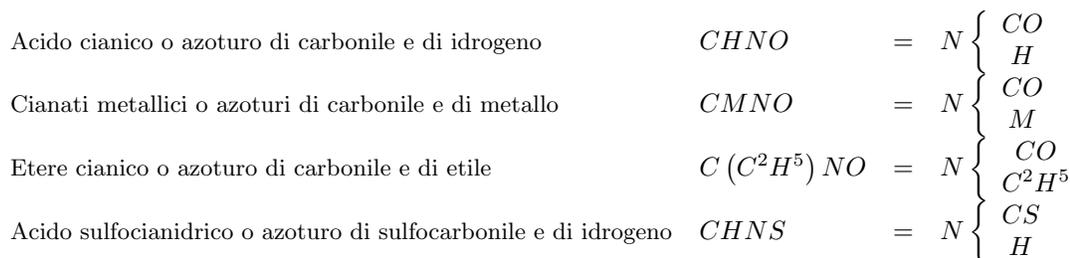
Citiamo ancora un terzo esempio. L'acido cianico, i cianati metallici, gli eteri cianici sono ossidi del radicale monoatomico cianogeno; l'acido sulfocianidrico è un solfuro dello stesso radicale:



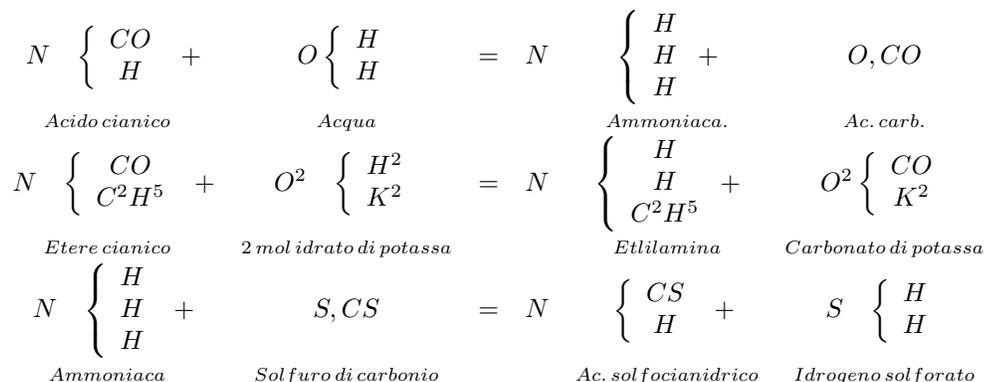
Queste formule razionali significano che i corpi precedenti presentano doppie scomposizioni nelle quali il radicale $Cy = CN$ si scambia per altri radicali, o che risultano da simili doppie scomposizioni. Esse dicono ancora che l'acido cianico e l'acido sulfocianidrico sono al corpo chiamato *cloruro di cianogeno* cioè che l'acqua e l'idrogeno solforato sono per l'acido cloridrico, ecc.

²⁸Radicale nella vecchia teoria.

Ma gli stessi composti cianici risultano anche da doppie scomposizioni, o presentano doppie scomposizioni che non si basano sul radicale CN , ma sul radicale CO delle combinazioni carboniche o sul radicale CS delle combinazioni sulfocarboniche. Così l'acido cianico e l'acqua si scompongono in acido carbonico e in ammoniaca; la potassa trasforma l'etere cianico in carbonato e in etilamina; l'acido sulfocianidrico risulta dalla reazione dell'ammoniaca e del solfuro di carbonio. È quindi del tutto razionale rappresentare i composti cianici come gli azoturi dei radicali biatomici carbonile CO e sulfocarbonile CS ;



Queste formule dicono, per esempio, che l'acido cianico sta all'ammoniaca come l'acido carbonico sta all'acqua, ecc. Le doppie scomposizioni da cui risultano le combinazioni cianiche per la metamorfosi delle combinazioni carboniche, o che danno combinazioni carboniche dalla metamorfosi dei composti cianici, possono, quindi, esprimersi così:



Il principio che *uno e un solo corpo può avere due o più formule razionali* sarà senza dubbio contestato dai chimici che pretendono di rappresentare con formule chimiche la costituzione assoluta delle molecole; non potrà, al contrario, essere negato da quelli, come me, che vedono nelle formule solo un modo di concretizzare alcuni rapporti di composizione e scomposizione. Dico di più: immobilizzando in qualche modo un corpo in una sola formula, si nascondono spesso a se stessi relazioni chimiche che un'altra formula esprime con immediatezza; limitandosi, per esempio, a rappresentare l'acido cianico come un ossido cianogeno, non si richiama il senso che le relazioni che collegano questo corpo all'acido cianidrico, al cianogeno, ai cianati, ai cianuri, al cloruro di cianogeno, ecc, mentre si elimina dal pensiero l'acido carbonico, la carbonammide, l'urea, l'ossicloruro di carbonio, tutti corpi che sono pure intimamente legati all'acido cianico come l'acido succinico, la succinammide,

il cloruro di succinile lo sono alla succinimide; se l'acido cianico ci era noto senza il cianogeno e i cianuri, i chimici li chiameranno evidentemente *carbonmide*.

Io chiamo *sistema a doppia scomposizione* ognuna delle formule razionali mediante le quali si può esprimere un corpo dal punto di vista degli scambi che può fare: l'essenza di mandorle amare, la cacodile, l'acido cianico offrono due sistemi di doppia scomposizione.

Vi possono essere senza dubbio inconvenienti in questa applicazione di più formule razionali a uno e un solo corpo; così esse comportano la necessità di chiamarli con nomi differenti; l'acido cianico sarà pertanto anche l'ossido di cianogeno e di idrogeno come anche l'azoturo di carbonile e di idrogeno. Ma siccome la nostra attuale nomenclatura è basata sulle doppie scomposizioni, si può soltanto adottare queste due denominazioni, in un senso preciso, a meno di cambiare interamente il principio della nomenclatura, ciò che, allo stato della scienza, non mi sembra del tutto possibile. Del resto,, se si procede sistematicamente nella costruzione delle formule razionali, se le si collega tra loro rapportandole a certe formule tipo, l'inconveniente che può derivare dalla loro molteplicità si trova in grande evitato. Nel mio modo di annotare, ho bisogno solo di due formule per certi corpi (aldeidi, acetoni, amidi), una sola mi basta per la maggior parte degli altri corpi; lo stato attuale delle nostre conoscenze non comporta più un gran numero di formule razionali, che si trovano d'altra parte limitate dalla scelta delle formule tipo alle quali sono riferite.

UNITÀ DI MOLECOLA, TIPI DI DOPPIE SCOMPOSIZIONI, VALORI DEI SIMBOLI

Non basta, per lo studio ragionato della chimica, precisare il senso delle formule razionali, riferendole tutte a una reazione tipo e prendendo per quella, come propongo, la doppia scomposizione, poiché è la forma più comune di metamorfosi minerali e organiche; bisogna anche scegliere una *unità di molecola*, capace della doppia scomposizione e derivare da questa unità le formule di tutti gli altri corpi. Analogamente, dopo aver formulato tutti i corpi secondo questa unità, bisogna ancora classificarli metodicamente, secondo le loro affinità più o meno grandi, in un certo numero di gruppi per i quali si scelgono termini di confronto presi tra l'unità di molecola o tra i suoi derivati più vicini; si stabiliscono così *formule tipo* che facilitano singolarmente la comprensione delle reazioni.

Quanto all'unità di molecola, non vi è miglior corpo dell'*acqua*, i cui elementi, se dissimili per le loro affinità chimiche, intervengono nel maggior numero delle reazioni conosciute. Si potrebbe prendere senza dubbio un altro corpo come unità, ma non si sceglierebbe di certo quello più comodo.

Rappresento la molecola dell'acqua con OH^2 , essendo il peso di ogni $H = 1$ e quello di $O = 16$. La maggior parte dei chimici scrive OH , altri indicano O^2H^2 (valore di $H = 1$ e $O = 8$).

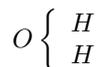
Vi sono due punti da considerare nella notazione OH^2 : il primo è relativo al numero di atomi di idrogeno presenti nell'acqua; il secondo riguarda il peso molecolare che suppone per i composti derivanti dall'acqua dalla sostituzione di un altro radicale idrogeno.

Per ciò che riguarda il primo punto, senza contare che la notazione OH^2 ha il vantaggio di richiamare la composizione dell'acqua in volume, è in accordo con il fatto generale in chimica organica che *ogni radicale monoatomico*²⁹ ha due ossidi, uno rappresentante una molecola di acqua di cui un solo volume o atomo di idrogeno

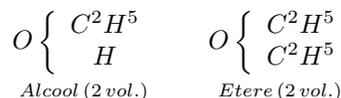
²⁹Radicale che è l'equivalente di un atomo di idrogeno.

è sostituito dall'equivalente di un altro radicale, l'altro rappresentante una molecola di acqua i cui due volumi o atomi di idrogeno sono sostituiti da questo radicale:

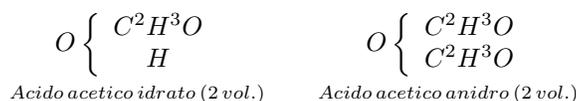
Una molecola di acqua (2 volumi)



Ossidi del radicale etile:



Ossidi di radicale acetile:



Una simile notazione si applica agli ossidi metallici: essendo un peso di 39 *potassio* = K l'equivalente di 1 *idrogeno* = H , cioè potendo rimpiazzare questa quantità con una doppia dissociazione, scrivo nella maniera seguente l'ossido di potassio e l'idrato di potassa:

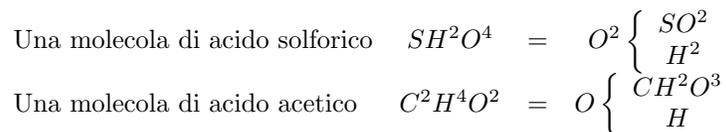
Ossidi del radicale potassio:



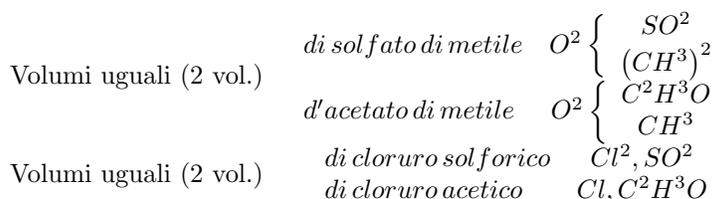
Il secondo punto per il quale la mia notazione differisce essenzialmente dalla vecchia notazione, è che, OH^2 rappresentante l'unità molecolare, ammetto che la molecola di molti corpi, cioè la quantità più piccola possibile che, per questi corpi, interviene nelle reazioni, pesi solo la metà del peso che le si attribuisce generalmente. Nella mia opinione, la molecola di alcool è quindi C^2H^6O e non $C^4H^8O^4$, ecc.; se si scrive la molecola dell'acqua OH^2 , bisogna, secondo me, sdoppiare le formule di un gran numero di sostanze affinché siano corrette. Numerosi chimici, ai quali questo punto sembra oggi perfettamente appurato, preferiscono mantenere le formule dei corpi che io sdoppio, per duplicare al contrario la formula dell'acqua, scrivendo O^2H^4 : ciò equivale alla stessa cosa; ma questi chimici, per restare conseguenti, dovranno anche duplicare le formule di tutti gli ossidi, solfuri, solfati, carbonati, ossalati, ecc., e non vedo quel particolare vantaggio che può offrire l'impiego di queste formule doppie.

Quali sono le prove, mi domanderanno, sulle quali baso la necessità di sdoppiare molte formule, principalmente quelle degli alcool, degli aldeidi, degli idrocarburi e di un gran numero di acidi e dei loro sali, essendo la molecola dell'acqua rappresentata da OH^2 ? Queste prove sono tratte dalle funzioni chimiche di questi corpi, così come dalle loro proprietà fisiche.

Eccone alcune. Quando si confronta allo stato di vapore, *sotto lo stesso volume*, la composizione dei corpi volatili che derivano da acidi organici o minerali, in particolare la composizione dei loro eteri neutri e dei loro cloruri, si trovano precisamente le quantità che corrispondono a quelle che ammetto come l'espressione delle molecole di questi acidi. Così nella mia opinione, se la molecola dell'acido acetico sarà $C^2H^4O^2$, cioè l'antica formula sdoppiata:



Si ha infatti:



Tutta la questione degli acidi polibasici è compresa in questa necessità di sdoppiare la formula dell'acido acetico, mantenendo quella dell'acido solforico: l'acido solforico, infatti, è un acido bibasico, mentre l'acido acetico è un acido monobasico, così come l'acido fosforico è un acido tribasico. Questa questione è stata sviluppata con maggiori dettagli.

La composizione e la basicità degli acidi coniugati portano alla stessa conclusione. Si vedrà in seguito che, se si prende una materia organica qualsiasi e si fa agire l'acido solforico e l'acido nitrico, la quantità più piccola possibile di acido solforico che interviene nella reazione è sempre SH^2O^4 , mentre la quantità più piccola possibile di acido nitrico è sempre NHO^3 , cioè l'antica formula sdoppiata; l'acido nitrico è pure un acido monobasico, come l'acido acetico. Se, inoltre, si considera la basicità degli acidi coniugati come l'acido solfobenzoico, l'acido nitro-cinnamico, l'acido solfo-acetico, la si trova soggetta ad una legge costante, che diviene evidente solo se si rappresenta, come me, la molecola dell'acido acetico, dell'acido nitrico, dell'acido cinnamico, dell'acido benzoico, ecc., con la metà delle formule che le sono attribuite nella vecchia teoria.

Non solo la densità allo stato di vapore dei corpi che, come gli eteri neutri o i cloruri di acidi, sono interamente analoghi sotto il rapporto delle funzioni chimiche, sostiene lo sdoppiamento che la mia notazione fa subire alle formule di un gran numero di corpi; altri caratteri fisici, come il punto di ebollizione, il volume specifico, ecc., giustificano pure questo sdoppiamento. Si leggano a tale proposito gli eccellenti lavori di M. Hermann Kopp³⁰, e si vedrà che gli alcool, gli eteri, gli acidi grassi volatili presentano regolarità che si comprendono solo sdoppiando la formula dell'alcool, rimanendo conservata quella dell'etere, o sdoppiando la formula dell'acido acetico idrato, mantenendo quella dell'acido acetico anidro. La considerazione dei volumi specifici ha portato M. Kopp agli stessi risultati. Simili regolarità sono state osservate da M. Wurtz nelle proprietà fisiche dei metalli organici (dei cosiddetti radicali) corrispondenti agli alcool: si constatano pure, tra le densità e i punti di ebollizione, relazioni del tutto regolari, di cui ci si può rendere conto solo scrivendo, come me, le molecole del metile, dell'etile, ecc. (prendendo la molecola dell'acqua come OH^2), dalle formule $C^2H^6 = CH^3, CH^3$ e $C^4H^{10} = C^2H^5, C^2H^5$, cioè da formule doppie rispetto a quelle che attribuiscono a questi corpi nelle vecchie teorie.

³⁰M. Will ha pubblicato accostamenti molto interessanti sugli stessi temi; *Ann. der Chem. u. Pharm.*, XCI, 257.

Dopo aver adottato la formula dell'acqua come unità di molecola³¹, si tratta di mostrare come si derivano gli altri corpi e quali sono le formule tipo che conviene scegliere per rendere tutte le formule chimiche.

Dicendo: tale corpo deriva dal tipo acqua, o rappresenta l'acqua il cui radicale ossigeno o il radicale idrogeno è sostituito dal tal altro radicale, non intendo esprimere il modo in cui gli elementi sono distribuiti nel corpo al quale si applica questo confronto; credo di avere precisato sufficientemente il senso che attribuisco alle formule chimiche affinché non ci si possa sbagliare a tale riguardo. Alcuni chimici, tuttavia, comprendono male il mio pensiero, assegnando ai miei tipi lo stesso significato dei tipi molecolari sui quali M. Dumas ha sviluppato, già da molto tempo³², congetture molto ingegnose; ma devo reclamare contro questa assimilazione, per quanto prezioso un così alto patrocinio possa essere per il successo delle mie idee; poiché, in verità, di simile vi è solo il nome preso in prestito dalla lingua volgare e i miei tipi significano tutt'altra cosa dei tipi di M. Dumas, riferendosi quelli alla supposta distribuzione degli atomi nei corpi, disposizione che, nella mia opinione, è inaccessibile all'esperienza.

I miei sono tipi di doppia scomposizione.

L'acqua, in una infinità di doppia scomposizioni, può scambiare il suo ossigeno e idrogeno con altri elementi (radicali semplici) o con gruppi di elementi (radicali composti). Io riferisco i corpi al tipo acqua, quando si possono operare su di essi scambi simili e quando i prodotti di questi scambi presentano tra loro relazioni chimiche simile a quelle che esistono tra i prodotti risultanti dalla sostituzione di altri radicali a uno dei radicali dell'acqua. Derivo, per esempio, l'etere dal tipo acqua, poiché si può, per doppia scomposizione, sostituire nell'etere l'ossigeno con il suo equivalente del cloro, del bromo, dello zolfo o dell'azoto, per formare il cloruro di etile, il bromuro di etile, il solfuro di etile o l'azoturo di etile (etilammina) e i prodotti di tali scambi stanno tra loro negli stessi rapporti chimici del cloruro di idrogeno, del bromuro di idrogeno, del solfuro di idrogeno e dell'azoturo di idrogeno (ammoniaca), risultanti dalla sostituzione dei radicali cloro, bromo, zolfo e azoto al radicale ossigeno dell'acqua. Ecco ciò che intendo dire per rapporti chimici simili. Le reazioni che offre un corpo, le trasformazioni, le doppie scomposizioni che può subire, non sono fortuite; esse sono al contrario legate tra loro dalla più stretta interdipendenza e ognuno sa che la conoscenza di una sola reazione basta spesso per prevederne molte altre. Sapendo che il tipo acqua o ossido di idrogeno dà, con certi reagenti, cloruro di idrogeno, se l'esperienza mi insegna anche che l'etere o l'ossido di etile si trasforma, con una reazione simile, in cloruro di etile, faccio derivare l'etere dal tipo acqua, poiché la interdipendenza delle reazioni mi indica l'esistenza di un bromuro di etile, di un solfuro di etile e la possibilità di produrre questi composti con reagenti analoghi a quelli che danno i termini corrispondenti al radicale idrogeno. Se si ottiene, per esempio, cloruro di idrogeno con l'acqua e il percloruro di fosforo, del bromuro di idrogeno con l'acqua e il perbromuro di fosforo e che, d'altra parte, si produce del cloruro di etile con l'etere e il percloruro di fosforo³³, del bromuro di etile con l'etere e il perbromuro di fosforo, del solfuro

³¹Chiamo metodo unitario l'insieme dei principi che applico allo studio della chimica e che sono basati sulla scelta di una unità di molecola e di una unità di reazione per il confronto delle funzioni chimiche dei corpi.

³²Dumas, *C. R. de l'Ac. des Sc.*, X, 149.

³³In un tubo chiuso.

di etile con l'etere e il persolfuro di fosforo dico che il cloruro di etile, il bromuro di etile e il solfuro di etile stanno tra loro nelle stesse relazioni chimiche del cloruro di idrogeno, del bromuro di idrogeno e del solfuro di idrogeno. I composti citati al radicale etile sono pertanto i termini che, per quanto riguarda la composizione e gli scambi che possono subire, corrispondono chimicamente ai termini riferiti al radicale idrogeno.

Senza dubbio non è sempre nelle stesse circostanze e con l'impiego di reagenti identici che si producono i termini che si corrispondono; la temperatura e la pressione alle quali si opera, lo stato, la volatilità, la solubilità, la massa dei corpi messi in presenza sono altrettante condizioni che influenzano le reazioni chimiche, in modo variabile e secondo leggi che ci sono ancora sconosciute. Tuttavia, so di non sbagliarmi sul significato che attribuisco alla parola *tipo*: derivando un corpo del tipo acqua, intendo esprimere che a questo corpo considerato come ossido, corrisponde un cloruro, un bromuro, un solfuro, un azoturo, ecc., passibili di doppia scomposizione, o risultanti da doppie scomposizioni analoghe a quelle che presentano l'acido cloridrico, l'acido bromidrico, l'idrogeno solforato, l'ammoniaca, ecc., o che danno luogo a questi stessi composti. Il tipo è quindi l'unità di paragone per tutti i corpi che possono avere scambi simili o risultare da scambi simili. Siccome ogni doppia scomposizione è, in definitiva, l'interpretazione in linguaggio chimico di una equazione contenente quattro termini, si può dire che un tipo è il termine costante al quale equivale un corpo in una serie di equazioni simili³⁴.

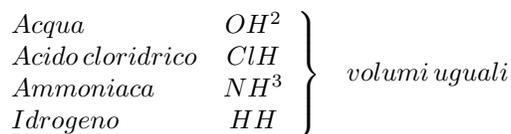
Per derivare un corpo del tipo acqua, bisogna conoscere almeno una reazione nella quale questo corpo si trasforma per doppia scomposizione, o nella quale si produce una doppia scomposizione. Si trovano così quali sono i *radicali* di questo corpo, in grado di essere trasportati, in questi scambi, al posto del radicale idrogeno o del radicale ossigeno nell'acqua.

Procedendo così su tutti i corpi della chimica e riunendo in gruppi i corpi che offrono tra loro certe somiglianze per la loro attitudine a subire la doppia scomposizione, o per il loro modo di formazione della doppia scomposizione, si arriva a questo risultato che i corpi che si assemblano maggiormente hanno sempre un radicale comune. Così gli ossidi che derivano dall'acqua per la sostituzione di un altro radicale al radicale idrogeno e che hanno in comune il radicale ossigeno, gli ossidi, si riuniscono tra loro maggiormente che non ad altri corpi contenenti radicali diversi dall'ossigeno; analogamente, se il radicale ossigeno dell'acqua è sostituito dal radicale cloro, come nei cloruri dove il radicale cloro è comune, si trova che questi si riuniscono tra loro maggiormente degli ossidi o, in generale, dei corpi che contengono radicali diversi dal radicale cloro, ecc.

Da ciò, per facilitare la classificazione dei corpi secondo le loro funzioni, si possono, invece di prendere soltanto l'acqua come formula tipo, accludere, come tipi derivati, composti che risultano dalla sostituzione del radicale ossigeno dell'acqua, come il cloruro di idrogeno, l'azoturo di idrogeno, ecc., purché si precisi preliminarmente, come questi ultimi tipi derivano dal tipo acqua. Lo studio dei composti organici, come si vedrà in seguito, prova che i quattro tipo acqua, acido cloridrico, ammoniaca, idrogeno bastano per una classificazione metodica. Queste *quattro*

³⁴Nell'esempio citato sopra, la benzamide è riferita al tipo ammoniaca, che è il termine costante nelle tre equazioni indicate.

formule tipo si indicano nel modo seguente:



Il tipo acqua comprende gli ossidi (basi, acidi, sali, alcool, ecc.), o solfuri, i seleniuri e i tellururi.

Il tipo acido cloridrico comprende i cloruri, i fluoruri, i bromuri, gli ioduri e i cianuri.

Il tipo ammoniaca comprende gli azoturi e i fosforuri.

Il tipo idrogeno comprende gli idruri metallici e i metalli (arseniuri, antimoniuri, ecc.),

Le seguenti osservazioni giustificheranno la notazione da me adottata per ognuno di questi tipi.

La molecola dell'acqua, come si sa, si compone di 1 volume di ossigeno e di 2 volumi di idrogeno: la formula OH^2 rappresenta 2 volumi di vapore. Questa notazione è preferibile alla formula OH , poiché essa è conforme al fatto che *ogni radicale monoatomico dà sempre due derivati del tipo acqua*, cioè forma due ossidi. Chiamo derivati *primari* gli ossidi in cui un solo volume o atomo di idrogeno del tipo è rimpiazzato da un altro radicale, dove le basi idrate e gli acidi idrati ne fanno parte. I derivati *secondari* sono gli ossidi in cui i 2 volumi o atomi di idrogeno del tipo sono sostituiti da un altro radicale; essi comprendono, tra gli altri, le basi e gli acidi anidre.

Tra i corpi che possono essere derivati dal tipo acqua, essendo il radicale idrogeno di questo tipo sostituito da altri radicali, non presentano caratteri più marcati, e, se si vuole, più opposti degli acidi e delle basi. Si sa già, dalle nozioni di chimica più elementari, che gli acidi non reagiscono in genere tra di loro, ma reagiscono fortemente sulle basi; che, d'altra parte, le basi, tra loro senza azione reciproca, producono sempre un effetto chimico sugli acidi. Benché questa distinzione non sia rigorosa, poiché esiste una transizione dagli acidi alle basi³⁵, si può, tuttavia, servirsi come elemento di classificazione per caratterizzare alcuni gruppi di corpi che si raggruppano tra loro, più che con altri gruppi; basta, per maggiore precisione, intendersi sulla scelta di un acido-tipo e di una base-tipo, di prendere, per esempio, l'acido solforico e la potassa. Conviene così raggruppare gli ossidi in ossidi *positivi*, cioè, contenenti radicali che, essendo sostituiti all'idrogeno dell'acqua, producono corpi più vicini alle proprietà della potassa che a quelle dell'acido solforico; e in ossidi *negativi*, cioè contenenti radicali che, sostituiti all'idrogeno dell'acqua, producono corpi più vicini all'acido solforico che alla potassa. Simili suddivisioni si possono fare tra i derivati di altri tipi.

Se si suppone nell'acqua l'ossigeno sostituito dal suo equivalente di zolfo, si ha la formula SH^2 , che rappresenta un volume di idrogeno solforato (2 volumi) uguale al volume dell'acqua presa come tipo. Questa formula è pure conforme all'esistenza di due solfuri per ogni radicale monoatomico (i solfuri primari comprendono i composti chiamati solfidrati). Esiste, d'altra parte, una grande analogia tra gli

³⁵Si immaginino gli acidi e le basi disposte su una retta come i gradi nella scala di un termometro dove l'acqua occupa lo zero di una simile scala; sarà, allora, possibile assegnare un posto a ogni acido e ogni base, dove l'acido solforico occupa tale grado al di sotto dello zero, mentre la potassa sarà al di sopra.

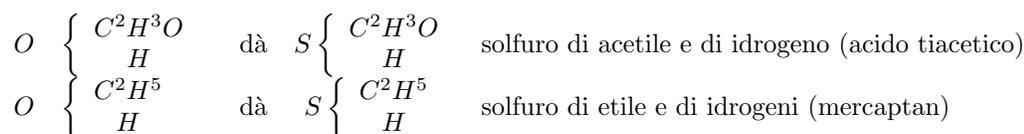
ossidi e i solfuri, tale da poter fare dei solfuri un gruppo a parte tra i derivati del tipo acqua. Così è anche per i seleniuri e i tellururi.

Per sostituire nell'acqua ossigenata con un suo equivalente di cloro, l'esperienza prova che servono 2 volumi o atomi di cloro per 1 volume o atomo di ossigeno; l'acido cloridrico Cl^2H^2 (4 volumi), che risulta da questa sostituzione, non occupa, allo stato di gas, lo stesso volume dell'acqua OH^2 ; inoltre, lo studio dei composti organici prova che *ogni radicale monoatomico dà un solo cloruro*. È, quindi, più razionale scrivere il tipo dei cloruri con la formula $\frac{1}{2}(Cl^2H^2) = ClH$ che rappresenta 2 volumi, come il tipo acqua OH^2 . Infatti, mentre vi sono due ossidi di potassio (ossido e idrato), due ossidi di etile (acido acetico idrato e acido acetico anidro), vi è un solo cloruro di potassio, un solo cloruro di etile, un solo cloruro di acetile.

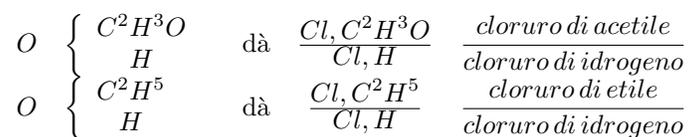
I fluoruri, i bromuri, gli ioduri, i cianuri sono da derivare, con le stesse ragioni, dal tipo acido cloridrico ClH .

Nulla dimostra meglio lo sdoppiamento della molecola dell'acqua OH^2 (o dell'idrogeno solforato SH^2), allorché l'ossigeno (o lo zolfo) vengono sostituiti dal suo equivalente di cloro Cl^2 , di bromo Br^2 o di iodio I^2 , che lo studio comparativo delle reazioni degli acidi organici e degli alcool con il persolfuro e il percloruro di fosforo.

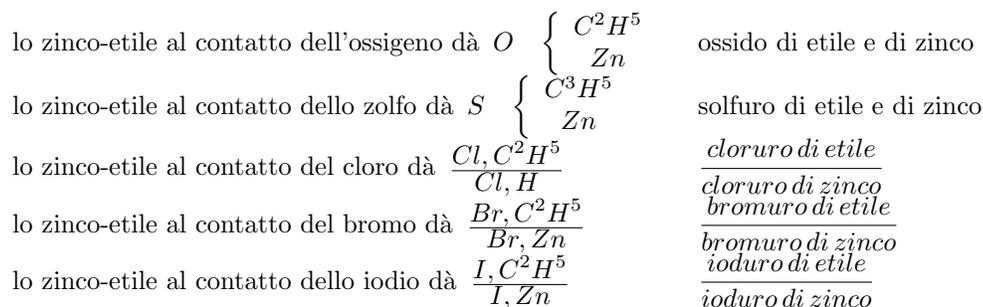
Dalle recenti esperienze di M. Kékulé, gli acidi e gli alcool danno, con il persolfuro di fosforo, i solfuri corrispondenti; così:



Quando si fa agire il percloruro di fosforo sugli stessi acidi o alcool, la reazione è perfettamente identica; soltanto, oltre ai cloruri corrispondenti, si ottiene sempre acido cloridrico (Cahours); così:

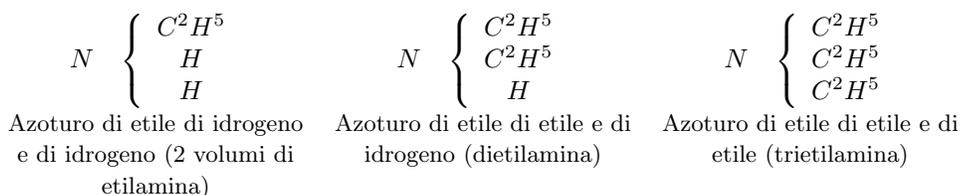


I fatti seguenti sono pure caratteristici. Secondo M. Farkland,



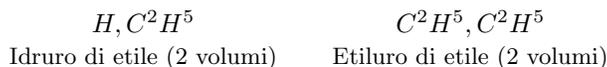
Si vede, da questi esempi, che, quando il radicale ossigeno è sostituito da un suo equivalente di cloro, di bromo o di iodio, si producono sempre, per effetto dello sdoppiamento del tipo acqua, due corpi che sono complementari l'uno dell'altro.

Per sostituire nell'acqua il radicale ossigeno con il suo equivalente di azoto, l'esperienza prova che servono $\frac{2}{3}$ di volume di azoto per un volume di ossigeno; l'ammoniaca, risultante da questa sostituzione $N \frac{2}{3} H^2$ ($1, \frac{1}{2}$ volume), non occupa lo stesso volume dell'acqua dove essa è stata prodotta; inoltre, è pure costante che *per ogni radicale monoatomico vi sono tra azoturi*. Si è, quindi, naturalmente, portati a rappresentare il tipo degli azoturi con la formula $\frac{3}{2} (N \frac{2}{3} H^2) = NH^3$, rappresentando 2 volumi come i tipi acqua OH^2 e acido cloridrico ClH :



Si possono chiamare gli azoturi *primari, secondari e terziari*, a seconda che essi rappresentino il tipo ammoniaca con sostituzione di 1, di 2 o di 3 atomi di idrogeno. I fosfuri sono pure derivabili dall'ammoniaca.

Infine, per sostituire il radicale idrogeno, nell'acqua (o piuttosto in un ossido derivato), con il suo equivalente di idrogeno, l'esperienza prova ancora che bisogna impiegare 2 volumi o atomi di idrogeno per 1 volume o atomo di ossigeno; si ha così per il gas idrogeno H^2H^2 (4 volumi); riportati allo stesso volume dei tipi precedenti, si esprimerà con $\frac{1}{2} (H^2H^2) = HH$. Così come gli ossidi danno due termini per ogni radicale monoatomico, si trovano anche sempre due termini nel tipo idrogeno, cioè, l'idruro (corrispondente all'ossido primario) e il metallo propriamente detto (corrispondente all'ossido secondario):



In chimica organica, il modo migliore di definire un corpo consiste nel metterlo, in qualche modo, in proporzione con altri tre corpi noti. Se si dice, per esempio, il cloruro di benzoile è per l'acido benzoico quello che il cloruro di cianogeno è per l'acido cianico, o quello che il cloruro di idrogeno (l'acido cloridrico) è per l'ossido di idrogeno (per l'acqua), si offre un'idea sufficiente delle relazioni chimiche del cloruro di benzoile, essendo noti, ben inteso, i tre corpi con i quali li si mette in proporzione sotto questo rapporto. Questo è precisamente l'uso al quale sono destinati i quattro corpi tipo, l'acqua, l'acido cloridrico, l'ammoniaca e l'idrogeno; essi servono a mettere in proporzione i composti organici di cui si tratta di definire le funzioni chimiche, cioè di riassumere sia le doppie scomposizioni che possono subire, sia le doppie scomposizioni a cui danno origine.

Un fatto importante deriva dai principi precedentemente esposti, è che *i corpi semplici stessi devono essere annotati come corpi composti*. È facile da dimostrare.

Partendo dalla nostra unità di molecola, dico che, se la molecola dell'acqua si rappresenta con OH^2 , la molecola del cloro libero, per esempio, si indicherà con Cl^2 o piuttosto $ClCl$, e non Cl ; nella nomenclatura comune, il cloro libero sarà quindi del cloruro di cloro.

Come peraltro abbiamo fatto osservare, nella maggior parte delle reazioni note, il cloro libero interviene come Cl^2 o come un multiplo intero di Cl^2 ; ciò sembra,

quindi, già indicare che la molecola, cioè la più piccola quantità possibile di cloro libero, intervenendo nelle trasformazioni, contiene due atomi di cloro, potendo, ben intesi, separarsi in certe reazioni, senza divenire liberi isolatamente. Ma, come vi sono casi in cui due atomi di cloro reagiscono su due molecole di una materia organica, e che potrebbero, di conseguenza, interpretarsi come reazioni tra un atomo di cloro e una sola molecola di materia organica, il fatto citato non può apparire conclusivo, d'altra parte non sarebbe stato invocato come appoggio di formule doppie dell'ossigeno e dello zolfo liberi, questi due corpi offrono come regola generale il caso particolare che, per il cloro, è soggetto a due interpretazioni.

Bisogna, quindi, cercare la prova della formula doppia del cloro libero nelle proporzioni secondo le quali interviene nelle reazioni. Questa prova è nettamente data dall'analogia completa che esiste nel rapporto delle reazioni tra il cloro libero e numerosi corpi composti. Si sa che alcuni cloruri, in particolare quelli i cui ossidi corrispondenti costituiscono degli acidi, hanno la proprietà di trasformarsi tramite gli alcali in una miscela di cloruro alcalino e di sale ossigenato a base di alcali. Così:

Il cloruro di benzoile $ClBz$ dà cloruro e benzoato.

Il cloruro di cianogeno $ClCy$ dà cloruro e cianato.

Il cloruro di bromo $ClBr$ dà cloruro e bromato.

Il cloruro di iodio ClI dà cloruro e iodato.

Il cloro libero $ClCl$ dà cloruro e clorato (o ipoclorite).

Secondo queste reazioni, è incontestabile che il cloro libero offre lo stesso sistema di doppia scomposizione del cloruro di bromo, del cloruro di iodio, del cloruro di cianogeno, del cloruro di benzoile; il cloro libero è per questi cloruri ciò che l'acido clorico è per l'acido bromico, per l'acido iodico, per l'acido cianico, per l'acido benzoico. Il gas cloro è pertanto il cloruro del radicale cloro così come il cloruro di benzoile è il cloruro del radicale benzoile; e, se a questo radicale benzoile corrisponde un ossido (l'acido benzoico) un idruro (l'essenza di mandorle amare), un azoturo (la tribenzamide)³⁶, corrisponderà al radicale cloro un ossido (l'acido ipocloroso), un idruro (l'acido cloridrico), un azoturo (il cloruro di azoto):

Radicale benzoile C^2H^5O , equivalente di H .

Cloruro	Cl, Cl	cloro libero
Idruro	HCl	acido cloridrico
Azoturo	$N \left\{ \begin{array}{l} Cl \\ Cl \\ Cl \end{array} \right.$	cloruro di azoto

Si vede, da ciò, che se si considera il cloro libero e, in generale, i corpi semplici, secondo gli stessi principi che i corpi composti che si basano sull'unità di reazione da noi adottata, si definisce meglio il posto occupato dai corpi semplici nelle serie chimiche, che considerando gli stessi corpi semplici come specie privilegiate (i radicali dell'antica teoria dualistica), come sovrani attorno ai quali i corpi composti si raggrupperebbero come tanti vassalli. Poiché le formule chimiche esprimono e possono esprimere soltanto i rapporti di composizione e di reazione che i corpi presentano tra loro, si precisano evidentemente meglio questi rapporti assumendo i

³⁶Suppongo qui, per necessità di ragionamento, l'esistenza della tribenzamide analoga agli amidi terziari che io e M. Chiozza, abbiamo fatto conoscere.

corpi elementari in qualità di semplici termini nelle serie, dicendo che essi ne rappresentano il termine ossido, il termine cloruro o il termine azoturo, ecc., che non facendone degli esseri eccezionali,

Quanto dico del cloro si applica anche allo zolfo, all'ossigeno e, in generale, a tutti i corpi semplici. Per lo zolfo, per esempio, si ha la seguente serie:

Ossido	OS	acido iposolfuroso anidro
Solfuro	SS	zolfo libero
Idruro	H^2S	idrogeno solforato
Cloruro	Cl^2S	cloruro di zolfo

Lo zolfo libero è, quindi, il solfuro corrispondente all'acido iposolfuroso, così come il solfuro di benzoile è il solfuro corrispondente all'acido benzoico. Lo zolfo libero offre lo stesso sistema di doppia scomposizione del solfuro di benzoile: con dello zolfo libero e un alcalino, si ottiene una miscela di zolfo e di iposolfito (fegato di zolfo), con del solfuro di benzoile e un alcalino si ottiene una miscela di solfuro e di benzoato.

Ecco per l'azoto:

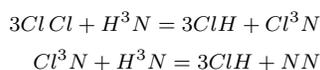
Radicale azoto N , equivalente di H^3 .

Ossido	O^3	$\begin{cases} N \\ N \end{cases}$	acido nitroso anidro
Idruro	H^3N		ammoniaca
Cloruro	Cl^3N		cloruro di azoto
Azoturo	NN		azoto libero

Si vede, da queste formule, che l'azoto libero è l'azoturo corrispondente all'acido nitroso, cioè all'amido terziario di questo acido. Tutte le reazioni lo provano: con l'idruro di azoto (l'ammoniaca) e il cloruro di azoto si ottiene azoto libero e acido cloridrico; l'acido nitroso anidro e l'azoturo di idrogeno danno azoto libero e acqua, così come l'acido benzoico anidro e l'ammoniaca danno benzamide e acqua; l'acido nitroso e l'anilina danno azoto e acido fenico; l'acido nitroso e la benzamide danno azoto e acido benzoico³⁷.

Raddoppiando la formula dei corpi semplici, allo stato libero, rappresentando la molecola del gas cloro, del gas ossigeno, del gas idrogeno, del gas azoto, ecc., con le formule $ClCl$, OO , HH , NN , ecc., non faccio altro che generalizzare un principio che per primo ho enunciato al momento della scoperta dei cosiddetti radicali degli alcool da parte di M. Frankland, cioè, che le formule CH^3 del metile, C^2H^5 dell'etile, C^5H^{11} dell'amile, sono da raddoppiare per rappresentare la molecole di questi corpi, che, propriamente parlando, dovrebbero chiamarsi metiluro di metile, etiluro di etile, amiluro di amile. La considerazione delle densità di vapore mi aveva portato a questa opinione; i fatti sono venuti poi a confermarla; le proprietà così regolari dei metalli misti (etiluro di amile, ecc.), che offrono lo stesso sistema di doppia scomposizione dei cosiddetti radicali alcolici, non comporta altra interpretazione; il

³⁷La liberazione di azoto dall'ammoniaca e dal cloro si spiega nello stesso modo:



senso, d'altronde, che attribuisco alle formule razionali giustifica pienamente il mio modo di vedere.

La notazione che è basata sull'adozione dell'acqua OH^2 come unità di molecola e delle formule tipo indicate in precedenza, esige qualche modifica nel *valore dei simboli* oggi adottati dai chimici.

Queste modifiche si basano principalmente sull'ossigeno, lo zolfo, il selenio, il tellurio e il carbonio.

Prendendo il peso atomico dell'idrogeno come unitario, e scrivendo l'acqua OH^2 , è evidente che il peso atomico di O diviene 16, cioè il doppio del valore nell'antica notazione, dove l'acqua si scrive OH . Così è per i pesi atomici dello zolfo S , del selenio Se e del tellurio Te , che diventano rispettivamente 32, 80 e 128, invece di 16, 40 e 64.

L'ossido di carbonio e l'acido carbonico si scrivono CO e CO^2 , come nell'antica notazione e il peso atomico C del carbonio diviene 12 invece di 6.