

Cannizzaro e la costruzione del pensiero chimico

Il valore formativo della teoria atomica secondo Cannizzaro



*Divisione di Didattica della Società Chimica Italiana
Bertinoro 8-9 Dicembre 2025*

Antonio Testoni

*“Rimontiamo all’epoca di Dalton, leggiamo nella storia della chimica di Thompson la confessione che questo chimico fa dell’effetto prodotto su di lui dall’esposizione che **Dalton** gli fece della sua teoria: «Io rimasi incantato della nuova luce che immediatamente colpì il mio spirito, e vidi d’un sol colpo d’occhio l’immensa **importanza** di tale teoria» ... Essa è il riassunto più **succinto**, più **preciso**, più **evidente** e più **accessibile** ai differenti tipi di spirito che si incontrano in una **scuola**, di tutto ciò che concerne **l’origine**, il **significato**, il **valore** e **l’uso** delle formule grezze e delle equazioni.”*

A. Cannizzaro, *Sui limiti e sulla forma dell’insegnamento teorico della chimica*, Gazzetta Chimica Italiana, 1872

*“La teoria atomica non aspettò per nascere che tutte le leggi empiriche sulle proporzioni fossero conosciute in modo indipendente ed enunciate con precisione; al contrario fu essa che ne fece **indovinare e scoprire la maggior parte**, fu essa che fece apprezzare il valore del poco che prima si conosceva su questo soggetto, fu essa infine che prestò il linguaggio per esprimere tutte queste leggi.”*

A. Cannizzaro, *Sui limiti e sulla forma dell'insegnamento teorico della chimica*, Gazzetta Chimica Italiana, 1872

*“Per condurre i miei **allievi**³ al medesimo convincimento che io ho, li ho voluti porre sulla medesima strada per la quale io ci sono giunto, cioè **l’esame storico** delle teorie chimiche. Incominciai dunque nella prima lezione a dimostrare come dall’esame delle proprietà dei corpi aeriformi e dalla legge di **Gay Lussac**, sui rapporti di volume tra i componenti ed i composti, scaturì quasi spontanea l’ipotesi sopra ricordata che fu per la prima volta annunciata da **Avogadro** e poco dopo da Ampere.”*

A. Cannizzaro, *Sunto di un corso di filosofia chimica*, Testo commentato da L. Cerruti, Sellerio Editore, 1991

³ Nella retorica di questo testo, «**gli allievi**» di Cannizzaro hanno una funzione importante. Essi sono chiamati in causa quando l'argomentazione affronta temi «scottanti» e l'Autore vuole rivolgersi ai lettori **adulti** attraverso i suoi interlocutori formali, i giovani che seguivano le sue lezioni a Genova. Il richiamo al metodo storico-critico, **prezioso** dal punto di vista didattico, va inteso anche nel senso letterale, di una «strada» per la **comprensione**.”

Nota n.3 di L. Cerruti al testo di S. Cannizzaro, *Sunto di un corso di filosofia chimica*, Sellerio Editore, 1991

*“Essendo cotali ricordi storici **non** l’oggetto principale di questa memoria, ma bensì un **mezzo** e direi quasi un utile artificio a meglio **chiarire** l’argomento di essa, son certamente dispensato dagli obblighi di uno storico, di porzionare cioè lo svolgimento delle varie parti e di seguire un rigoroso ordine cronologico. **Sceglierò** perciò tra i fatti di maggior rilievo quelli che più direttamente giovano allo scopo che mi sono proposto e li esporrò con quella estensione e con quell’ordine che giudicherò più **utile** al fine postomi... di offrire ai giovani chimici avviati alla carriera dell’**insegnamento** occasione e materia che li inviti a meditare su questa parte **fondamentale** della nostra scienza... nell’interpretare e prevedere le trasformazioni delle sostanze.”*

S. Cannizzaro, *Considerazioni sull’applicazione della teoria atomica alla chimica*, Gazzetta Chimica Italiana, 1871

Amedeo Avogadro



A. Avogadro, *Essai d'une manière de déterminer les masses relatives des molécules élémentaires des corps, et les proportions selon lesquelles elles entrent dans ces combinaisons*, 1811

*“**Gay-Lussac** ha mostrato in una Memoria interessante che le combinazioni dei gas fra 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 delle quantità di sostanze nelle combinazioni pare non possano che dipendere dal **numero** relativo delle molecole che si combinano e da quello delle molecole composte che ne risultano. Bisogna dunque **ammettere** che vi siano anche dei rapporti molto semplici fra i volumi delle sostanze gassose e il numero delle **molecole semplici** o **composte** che le formano. La **prima ipotesi** che ci si presenta a questo riguardo e che sembrerebbe essere la sola ammissibile, è di supporre che in qualunque gas il numero delle **molecole integranti** è **sempre lo stesso a volume uguale**, o è sempre proporzionale ai volumi.”*

Il ricorso a questa molteplice aggettivazione (*molecole integranti, molecole semplici, molecole composte, molecole elementari, molecole parziali, molecole costituenti ...*) riflette il clima di profonda incertezza teorica e concettuale dell'epoca, una complessità che in un contesto didattico di base non è opportuno affrontare. Risulta invece più efficace “*attualizzare*” il lessico dell'epoca, rendendolo più comprensibile. Un esempio particolarmente chiaro è offerto da Wurtz, che retrospettivamente mette ordine nella terminologia utilizzata da Avogadro:

*“Mentre Dalton non aveva distinto che una sola specie di particelle ultime, gli atomi, Avogadro ammise l'esistenza di **due** specie di particelle ultime [molecole integranti e molecole elementari], distinzione importante consacrata dal progresso della scienza [...] Le molecole elementari di Avogadro sono gli **atomi**, le molecole integranti sparse in numero uguale nei corpi gassosi sono quelle che noi oggi chiamiamo **molecole**.”*

A.D. Wurtz, *La teoria atomica*, 1879

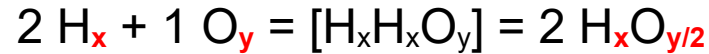
*“Partendo da questa ipotesi, si ha il mezzo di determinare assai facilmente le **masse relative** delle **molecole** dei corpi che si possono avere allo stato gassoso e il **numero relativo** di queste molecole nelle **combinazioni**; i rapporti delle masse delle molecole sono allora gli stessi di quelli delle **densità** dei diversi gas, a pressione e a temperature uguali, e il numero relativo delle molecole in una **combinazione** è dato immediatamente dal **rapporto dei volumi** dei gas che la formano...*

*Così la massa della molecola dell'**ossigeno** sarà circa **15** volte quella della molecola di idrogeno, o, più esattamente, essa starà a questa come 15,074 sta a 1... D'altra parte, essendo noto 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 1 molecola di ossigeno con 2 molecole d'idrogeno.**”*

*“Una **riflessione pare opporsi**, a prima vista, all'ammissione della nostra ipotesi sui corpi composti [...] Se in una combinazione, a **1 molecola** di un corpo si **aggiungono 2** o più molecole di un altro corpo, il numero delle molecole composte dovrebbe restare uguale al numero delle molecole del primo corpo. Quindi, nella nostra ipotesi, allorquando un gas si combina con due o più volte il suo **volume** con un altro gas, il composto che ne risulta, se è gassoso, non potrà che avere un volume uguale al primo di questi gas...*

*Nei **fatti**, però, in generale ciò **non avviene**. Per esempio, il volume dell'**acqua** supposta gassosa è, come ha fatto vedere Gay-Lussac, **doppio** di quello del gas ossigeno che vi entra o, il che è poi la stessa cosa, uguale a quello dell'idrogeno, invece di essere uguale a quello dell'ossigeno.”*

*“Tuttavia esiste un mezzo assai naturale per spiegare i fatti di questo genere in conformità alla nostra ipotesi: ed è di supporre che le molecole costituenti d'un qualsiasi **gas semplice... non** siano formate da una sola **molecola elementare**, ma risultino da un certo numero di queste molecole riunite in una sola per mezzo dell'attrazione. Quando le molecole di un'altra sostanza devono essere aggiunte alla prima per formare delle molecole composte, la **molecola integrante** che ne dovrebbe risultare **si divide in due o più parti** di modo che il numero delle molecole integranti del composto diventi il doppio, quadruplo, ecc. di ciò che dovrebbe essere senza questa divisione e tale che basti a **soddisfare** il volume del gas che ne risulta...”*



*“Quanto alla molecola dell’acqua, essa dovrebbe avere una massa pari a $15 + 2 = 17$ circa, prendendo come unità quella dell’idrogeno, se **non** vi fosse divisione in due della molecola; ma a causa di questa **divisione** essa si riduce della metà $8\frac{1}{2}$ o più esattamente 8,357, come si ricava dividendo la densità del vapore 0,625, secondo Gay Lussac, per la densità dell’idrogeno 0,0732.”*

Stanislao Cannizzaro



Stanislao Cannizzaro, *Sunto di un corso di filosofia chimica*, Nuovo Cimento, 1858

*“Io credo che i progressi della scienza, fatti in questi ultimi anni, abbiano confermato l’ipotesi di **Avogadro**, di Ampere e di Dumas sulla simile costituzione dei corpi allo stato aeriforme, cioè che volumi uguali di essi, sieno semplici, sieno composti, contengono l’egual numero di **molecole**; non però l’egual numero di atomi, potendo le molecole dei vari corpi o quelle dello stesso corpo nei vari suoi stati, contenere un **vario numero di atomi**, sia della medesima natura, sia di natura diversa”*

S. Cannizzaro, *Sunto di un corso di filosofia chimica*, Nuovo Cimento, 1858

*“Stando alla ipotesi sopra citata, i **pesi delle molecole** sono proporzionali alle densità dei corpi nello stato aeriforme... Essendo l'idrogeno il gas più leggero, potrebbe prendersi come unità a cui riferire le densità degli altri corpi aeriformi, le quali in tal caso esprimono i pesi delle molecole, comparati al peso della **molecola dell'idrogeno fatto = 1.***

*Siccome io preferisco prendere per unità comune ai pesi delle molecole e delle loro frazioni il peso non di una intera ma di **mezza** molecola d'idrogeno, così riferisco le densità dei vari corpi aeriformi a quella dell'**idrogeno fatta = 2.**”*

Scrivo le due serie di numeri esprimenti questi pesi nel modo seguente:

NOMI DEI CORPI	DENSITÀ ossia pesi di un volume, fatto = 1 quello di un volume d'idrogeno, ossia pesi delle molecole compa- rati al peso di una intera molecola d'idrogeno considerata come uni- tà.	DENSITÀ riferite a quella dell'idrogeno ⁽¹⁾ = 2, ossia pesi delle molecole com- parati al peso della mezza moleco- la d'idrogeno preso per unità.
Idrogeno	1	2
Ossigeno ordinario	16	32
Ossigeno elettrizzato	64	128
Zolfo sotto 1000°	96	192
Zolfo sopra 1000° ⁽²⁾	32	64
Cloro	35,5	71
Bromo	80	160
Arsenico	150	300
Mercurio	100	200
Acqua	9	18
Acido cloridico	18,25	36,50 ⁽³⁾
Acido acetico	30	60

*“Se il corpo è indecomponibile siamo costretti ad ammettere che la sua molecola è tutta fatta dal peso di una medesima quantità di materia. Se il corpo è composto, se ne fa l'**analisi elementare**, ossia si scoprono i rapporti costanti fra i pesi dei componenti; quindi si divide il **peso della molecola** in parti proporzionali ai numeri esprimanti i pesi relativi dei componenti e così si hanno le quantità di loro contenute nella molecola del composto, riferite alla medesima unità alla quale sono riferiti i pesi di tutte le molecole. Con questo metodo fo il quadro seguente.”*

NOME DEL CORPO	PESO	PESI				
	di un volume, ossia peso della molecola riferito al peso della mezza molecola di idrogeno = 1.	componenti un volume, ossia pesi componenti la molecola, tutti riferiti al peso della mezza molecola d'idrogeno =1				
Idrogeno	2	2	d'idrogeno.			
Ossigeno ordinario	32	32	d'ossigeno.			
Ossigeno elettrizzato	128	128	d'ossigeno.			
Solfo sotto 1000°	192	192	di solfo.			
Solfo sopra 1000° (?)	64	64	di solfo.			
Fosforo	124	124	di fosforo.			
Cloro	71	71	di cloro.			
Bromo	160	160	di bromo.			
Jodo	254	254	d'iodo.			
Azoto	28	28	d'azoto.			
Arsenico	300	300	d'arsenico.			
Mercurio	200	200	di mercurio.			
Acido cloridrico	36,5	35,5	di cloro	1	d'idrogeno	
Acido bromidrico	81	80	bromo	1	»	
Acido iodidrico	128	127	d'iodio	2	»	
Acqua	18	16	d'ossigeno	2	»	
Ammoniaca	17	14	d'azoto	3	»	
Idrogeno arsenicato	78	75	d'arsenico	3	»	
Idrogeno fosforato	35	32	di fosforo	3	»	
Calomelano	235,5	35,5	di cloro	200	di mercurio	
Sublimato	271	71	»	200	»	
Cloruro d'arsenico	181,5	106,5	»	75	d'arsenico	
Protocloruro di fosforo	138,5	106,5	»	32	di fosforo	
Percloruro di ferro	325	213	»	112	di ferro	
Protossido d'azoto	44	16	d'ossigeno	28	d'azoto	
Biossido d'azoto	50	16	»	14	» ⁽⁴⁾	
Ossido di carbonio	28	16	»	12	di carbonio	
Acido carbonico	44	32	»	12	»	
Eterene	28	4	d'idrogeno	24	»	
Propilene	42	6	»	36	»	
Acido acetico idrato	60	4	»	32	d'ossig.	24 di carb.
Acido acetico anidro	102	6	»	48	»	48 »
Alcool	46	6	»	16	»	24 »
Etere	74	10	»	»	24	» ⁽⁵⁾

*“Una volta che si è reso familiare ai giovani il valore dei numeri come sono disposti nel quadro precedente, è facile condurli a scoprire la **legge** che risulta dalla loro **comparazione**. Comparete, dico loro, le varie quantità dello stesso elemento, contenute sia nella molecola del corpo libero, sia in quelle di tutti i diversi suoi composti, e non vi potrà sfuggire la seguente legge: **le varie quantità dello stesso elemento contenute in diverse molecole son tutte multiple intere di una medesima quantità, la quale, entrando sempre intera, deve a ragione chiamarsi atomo.**”*

Una molecola	di idrogeno libero	contiene	2	di idrogeno	$= 2 \times 1$
»	di acido cloridrico	»	1	»	$= 1 \times 1$
»	di acido bromidrico	»	1	»	$= 1 \times 1$
»	di acido iodidrico	»	1	»	$= 1 \times 1$
»	di acido cianidrico	»	1	»	$= 1 \times 1$
»	di acqua	»	2	»	$= 2 \times 1$
»	di idrogeno solforato	»	2	»	$= 2 \times 1$
»	di acido formico	»	2	»	$= 2 \times 1$
»	di ammoniaca	»	3	»	$= 3 \times 1$
»	di gas idrogeno fosforato	»	3	»	$= 3 \times 1$
»	di acido acetico	»	4	»	$= 4 \times 1$
»	di eterene	»	4	»	$= 4 \times 1$
»	di alcool	»	6	»	$= 6 \times 1$
»	di etere	»	10	»	$= 10 \times 1$

Dunque tutti i varii pesi d'idrogeno contenuti nelle diverse molecole son tutti multipli interi di quello contenuto nella molecola di acido cloridrico; ciò giustifica averlo preso per unità comune dei pesi degli atomi e delle molecole. L'atomo d'idrogeno è contenuto due volte nella molecola di idrogeno libero.

*“Collo stesso modo si dimostra che le varie quantità di **cloro** esistenti in diverse molecole son tutte multiple intere di quella contenuta nella molecola di acido cloridrico cioè di **35,5**, e che le quantità di **ossigeno** esistenti nelle varie molecole son tutte multiple intere di quella contenuta nella molecola dell’acqua, cioè di **16**, la qual quantità è **metà** di quella contenuta nella molecola di ossigeno libero...”*

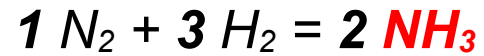
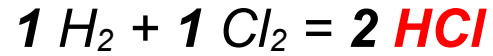
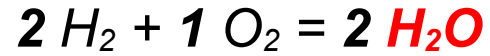
Una molecola di	ossigeno libero	contiene	32	di ossigeno	$= 2 \times 16$
»	ozono	»	128	»	$= 8 \times 16$
»	acqua	»	16	»	$= 1 \times 16$
»	etere	»	16	»	$= 1 \times 16$
»	acido acetico	»	32	»	$= 2 \times 16$
»	ec. ec. ec.	»		»	

[330]

Una molecola di	cloro libero	»	71	di cloro	$= 2 \times 35,5$
»	acido cloridrico	»	35,5	»	$= 1 \times 35,5$
»	sublimato corrosivo	»	71	»	$= 2 \times 35,5$
»	cloruro d'arsenico	»	106,5	»	$= 3 \times 35,5$
»	cloruro di stagno	»	142	»	$= 4 \times 35,5$
»	ec. ec. ec.	»			

*“Dopo ciò mi riesce facilissimo spiegare come, esprimendo con **simboli** i vari pesi atomici dei vari elementi, si possa esprimere con **formule** la composizione sia delle loro molecole, sia di quelle dei loro composti...”*

A questo punto si può scrivere:



.....

Questa impostazione ***operativa*** — chiara, rigorosa e metodologicamente limpida — costituisce uno strumento prezioso anche per la didattica di base, dove la costruzione dei concetti richiede ***tempi distesi***, passaggi solidamente ***argomentati*** e un approccio che accompagni ***gradualmente*** la formazione delle idee.