

Francesca Turco
Dipartimento di Chimica Generale
ed Organica Applicata
Università di Torino
francesca.turco@unito.it

IL NUMERO DI AVOGADRO NON ESISTE



www.traspi.net

Avogadro, o della cattiva interpretazione

L'articolo vuole evidenziare alcune diffuse cattive interpretazioni dell'opera di Avogadro.

Dopo una breve panoramica storiografica sulla tortuosa affermazione dell'ipotesi del grande chimico viene chiarito come il famoso "numero di Avogadro" sia in realtà una costante. Per finire: i successi della scienza (europea).

Amedeo Avogadro nacque a Torino nel 1776 e vi morì nel 1856. Da queste date, oltre a un doppio anniversario "tondo" che cade quest'anno, si deduce come la definizione di "italiano" per il grande scienziato sia una forzatura in prospettiva contemporanea. La definizione più appropriata mi pare quella emergente dagli studi di Marco Ciardi e Luigi Cerruti che tratteggiano Avogadro come un eminente funzionario dello Stato Sabauda, con complicità francesi. Sotto Napoleone Parigi divenne l'indi-

scussa capitale della scienza e l'opera di Avogadro non fu confinata al pur fiorente panorama scientifico piemontese, fu anzi più visibile all'estero che in "Italia". I suoi lavori, rifiutati dall'Accademia delle Scienze torinese, comparvero su riviste francesi (scritti, naturalmente, in francese) ed ebbero buona visibilità; in particolare il *Journal de Physique*, utilizzato a più riprese da Avogadro, aveva la rispettabile tiratura di circa 800 copie. Con questo non si vuole disconoscere una stella della nostra storia scientifica ma, al contrario, suggerire una

prospettiva più ampia: Avogadro, che pure visse monasticamente isolato in Piemonte, fu scienziato internazionale, di influenza europea.

Come tutti sanno il lavoro che rese celebre Avogadro riguarda i gas, con l'enunciazione della legge sui volumi uguali di gas che contengono sempre lo stesso numero di particelle. Una storiografia molto brutale ma anche molto radicata ha a lungo proposto un semplice schema lineare per la genesi della legge: dalla combinazione della legge di Dalton (rapporti atomici semplici e interi)

con la legge di Gay-Lussac (combinazione dei volumi gassosi in rapporti semplici) emerge in modo necessario la legge di Avogadro. Che le cose non stiano affatto così è testimoniato dal lunghissimo periodo trascorso tra l'enunciazione della legge (1811) e la sua piena accettazione da parte del mondo scientifico: un cinquantennio. Questa lunga attesa è incomprensibile dal punto di vista della storiografia "finalistica" di cui sopra mentre è perfettamente spiegabile considerando con maggior attenzione il contesto conoscitivo.

La teoria atomica enunciata da Dalton nel 1808 nel *New System of Chemical Philosophy* era tutt'altro che universalmente accettata, e del resto la confusione (in senso etimologico) fra i concetti di particelle ultime, particelle integranti, volumi e mole-

formulata. Il grande Berzelius, di lì a poco il più influente fra i chimici, fu inizialmente favorevole all'ipotesi di Avogadro ma, a causa della mancata distinzione dei concetti di particelle e volumi di cui si è detto, trovò risultati contraddittori e finì con lo stravolgerla. Un percorso analogo fu seguito da Dumas, di nuovo a causa della presunta monoatomicità dei gas elementari. L'autore della cornice che diede elegante sistemazione e sicuro sostegno alle teorie di Dalton ed Avogadro fu un altro "italiano": Cannizzaro, ma dovette passare ben mezzo secolo. È infatti del 1858 (posteriore alla morte di Avogadro) il *Sunto di un corso di filosofia chimica* nel quale fu chiarita la distinzione fra atomo e molecola, che fece decadere tutte le apparenti contraddizioni che avevano ostacolato l'affermarsi dell'ipo-

ancora oggi, se pure qualche incomprensione permene ben radicata.

Voglio qui prendere, cosciente di delimitare bruscamente l'area di lettura, un elemento ben preciso dell'eredità di Avogadro, per aggiungere una tessera a un ritratto che per sua natura non può che essere un'approssimazione mutevole. Il punto scelto è la determinazione del valore della famosa costante, argomento che ci permette anche di chiarire una cattiva interpretazione di questa, molto diffusa tra i chimici, e trarre alcune conclusioni sull'equilibrio della scienza fra



cole presentava non poche difficoltà. La massima semplicità della natura era un forte principio guida delle ricerche naturalistiche ed era dunque difficile postulare l'esistenza di molecole poliatomiche per le sostanze elementari, di conseguenza poiché le particelle ultime di acqua sono più pesanti di quelle dell'ossigeno, ma quest'ultimo gas è più pesante del vapore, "è evidente che il numero di particelle ultime o molecole in un dato peso o volume di gas non è lo stesso che in un altro" [1]. Questa l'opinione di Dalton nel 1808.

La posizione di Gay-Lussac, allievo del fieramente anti-atomista Berthollet, era ostile a priori per ragioni di "scuola". Dunque esplicitamente contrarie le posizioni degli autori delle due leggi presupposto di quella di Avogadro, prima ancora che questa venisse

tesi di Avogadro. Al congresso di Karlsruhe del 1860 Cannizzaro sostenne brillantemente la sua teoria, del resto solidissima, dagli attacchi di Dumas, ma nonostante questa brillante affermazione internazionale e nonostante l'eleganza, la semplicità e la fertilità del lavoro descritto nel *Sunto* anche la teoria di Cannizzaro faticò ad imporsi in Francia per l'opposizione di Berthelot, impermeabile alla distinzione atomo-molecola. Per quanto controverso il lavoro di Avogadro giunse infine alla piena affermazione, né negli anni precedenti la pubblicazione del *Sunto* erano mancati i sostenitori, anzi Cannizzaro vide una prova della validità della teoria di Avogadro nel suo stesso riemergere nell'opera di vari successori, quasi fosse storicamente inevitabile [2]. Il successo dell'opera di Avogadro perdura

Europa e Stati Uniti. Il valore della costante di Avogadro, cui spesso ci si riferisce erroneamente come "numero", non interessa, in sé, i chimici praticamente per nulla, se non per risolvere qualche vano esercizio assegnato agli studenti. Sono ben pochi i chimici che, nella pratica quotidiana del loro mestiere, hanno mai avuto la necessità di utilizzare tale valore; per noi è fondamentale la mole come unità di misura, ma non è importante sapere a quante particelle essa



corrisponda, ci basta sapere che tale valore è lo stesso per tutte le sostanze, esattamente come ciò bastava ad Avogadro.

A proposito dell'importanza della mole: stupisce che molto spesso non sia chiaro a chi la utilizza quotidianamente *che cosa essa sia*: la mole è l'unità di misura della quantità di sostanza e non della massa, come sostenuto con disinvoltura in numerosi testi. La massa si misura in chilogrammi e nessun metrologo potrebbe tollerare l'esistenza di due unità per misurare la stessa cosa. Inoltre la massa è funzione della velocità, mentre la quantità di sostanza è relativisticamente invariante: sono proprio due gran-

dezze diverse. In secondo luogo la mole non è un numero, tanto che nella sua definizione [3] il famoso "numero di Avogadro" non compare per nulla. E veniamo al "numero", che tale non è. È una costante. È il fattore di proporzionalità fra la massa molare della sostanza (in g/mol) e la massa dell'entità elementare (in g). Ergo è espressa in mol^{-1} e *non è un numero puro*. Queste non sono perversioni, ma un invito a riflettere su uno strumento conoscitivo fondamentale: l'unica unità di misura che si basa sulla reattività chimica, fondamento metodologico dell'opera di Avogadro che vogliamo celebrare, così come di quella di Dalton, Dumas, Cannizzaro e molti altri.

Torniamo alla storia: che il valore della costante interessi i chimici poco o nulla è testimoniato dal fatto che esso sia stato determinato nel 1908, ovvero quasi un secolo dopo l'enunciazione della legge di Avogadro, da fisici: Rutherford e Geiger e, contemporaneamente, da Perrin. E tale determinazione continua ad interessare i fisici, o meglio quei "fisici al cubo" [4] che sono i metrologi, per collegare le scale del microscopico e del macroscopico e per

preparare campioni di massa basati su misurazioni microscopiche, così come già avviene per il metro ed il secondo. Attualmente il valore della costante è noto con un'incertezza di otto parti su cento milioni. I due gruppi all'avanguardia in questo senso sono l'Istituto Colonnetti, italiano e il tedesco Physikalisch-Technische Bundesanstalt; gli Stati Uniti sono solo al terzo posto. La metrologia non è l'unico settore in cui la scienza europea ha riguardato terreno: come dimostrano altri brillanti successi della ricerca europea, quali il sistema di posizionamento satellitare Galileo, la ricerca scientifica e la tecnologia europee stanno riducendo il margine della supremazia statunitense, emersa nel secondo dopoguerra e schiacciante negli scorsi decenni. A proposito di parti e di milioni, linguaggio proprio dei chimici, alcune tecniche analitiche consentono ormai la determinazione di quantità di sostanza pari alle attomoli e visto che, grazie ai numerosi esercizi svolti, la costante di Avogadro la conosciamo, possiamo dire di riuscire a "vedere" qualcosa come 10.000 atomi. Non male.

Bibliografia e note

- [1] Dalton New System of Chemical Philosophy, Russel, London, 1808, p. 187, qui citato da L. Cerruti, M. Ciardi, Amedeo Avogadro, in Maestri dell'Ateneo torinese dal Settecento al Novecento, a cura di R. Allio, Università di Torino, 2004, pp. 23-46.
- [2] S. Cannizzaro, Scritti intorno alla teoria molecolare e atomica ed alla notazione chimica, Lo Statuto, Palermo, 1896, p. 302.
- [3] "La mole è la quantità di sostanza di un sistema che contiene tante entità elementari quanti sono gli atomi in 0,012 kg di carbonio 12. Quando si impiega la mole, le entità elementari devono essere specificate e possono essere atomi, molecole, ioni, elettroni, altre particelle o gruppi specificati di tali particelle."
- [4] Conosco, indirettamente, almeno un metrologo che trova affettuosa e divertente questa definizione.
 - a) M. Ciardi, L'atomo fantasma, Olschki, Firenze, 1995.
 - b) Amedeo Avogadro, Saggi e memorie sulla teoria atomica (1811-1838), a cura di M. Ciardi, Giunti, Firenze, 1995.
 - c) L. Cerruti, La mole. Uno studio sulla epistemologia regionale dei chimici, monografia n° 17, Istituto di metrologia "G. Colonnetti", Torino, 1984.
 - d) L. Cerruti, Dante's bones, Geography and History of Italian Science, 1748-1870, in The Sciences in the European Periphery During the Enlightenment, Kluwer Academic Publishers, Dordrecht, 1999.
 - e) F. Turco, L. Cerruti, *Chimica nella Scuola*, 2002, **XXIV**(4), 111.
 - f) F. Turco, L. Cerruti, *Chimica nella Scuola*, 2002, **XXIV**(5), 147.