MARCO CIARDI (*)

Manuali, modelli, equazioni. La Fisica teorica di Amedeo Avogadro (**)

Summary - Amedeo Avogadro is one of the most mentioned scientists in chemistry handbooks. But, strange to say, the evolution of his scientific thought is still unknown to many historians. Traditional historiography places the basic Avogadro's law, "under the same physical conditions equal volumes of gases contain tha same number of particles", in the context of John Dalton's atomic theory. On the contrary, the analysis of Avogadro's first works suggests new elements for a different and correct interpretation of his place in the history of chemistry. It's an original perspective that shows how much the piedmontese scientist owes to the French physics of the first part of the 19th century (in particular to the problems suggested in the Berthollet's *Essai de statique chimique* and René Haüy *Traité élémentaire de physique*), but above all, his unusual way of being scientist.

L'ipotesi di Avogadro rappresenta, dal punto di vista di una «didattica della chimica», il logico sviluppo della teoria atomica di John Dalton e degli esperimenti sui volumi gassosi di Gay-Lussac.[1]

Già nel 1911 Icilio Guareschi, celebre chimico, nonché studioso di Avogadro, sottolineava l'utilità di spiegare in modo semplice e lineare i concetti basilari della dottrina molecolare:

> Bisogna far prima conoscere la teoria atomica di Dalton e chiarirla colle leggi delle proporzioni costanti e delle proporzioni multiple, poi esporre e sviluppare le leggi sulle combinazioni dei gas e far vedere il disaccordo che vi è tra il concetto dell'atomo indivisibile e i volumi dei gas che reagiscono: fatto ciò, bisogna allora esporre la teoria molecolare di Avogadro.[2]

Il fatto che l'ipotesi di Avogadro non sia stata ritenuta valida al momento della sua prima esposizione ha sempre generato un certo stupore fra la comunità degli

(*) Firenze.

(**) Relazione presentata al IV Convegno Nazionale di «Storia e Fondamenti della Chimica» (Venezia, 7-9 novembre 1991).

[1] Sui problemi che riguardano l'insegnamento della chimica: R. Cervellati e D. Perugini, *Guida alla didattica della chimica nella Scuola Secondaria Superiore*, Bologna, Zanichelli, 1987.

[2] AA.VV., *Onoranze centenarie internazionali ad Amedeo Avogadro*, Torino, UTET, 1911, p. 46.

scienziati. Perché i chimici evitarono di prendere in considerazione la soluzione più razionale ai problemi posti dalla teoria atomica daltoniana? L'enigma risulta meno sorprendente e tutt'altro che misterioso analizzando la reale genesi dell'ipotesi ed il contesto in cui essa venne formulata.

Avogadro costituisce un atipico modello di scienziato. Egli non fu un fisico di laboratorio, non portò mai nuove prove a sostegno delle sue ipotesi né eseguì verifiche dei dati che aveva a disposizione. L'attività del ricercatore torinese fu teorica ed astratta, basata sulla conoscenza, precisa ed attenta delle opere proposte dal panorama scientifico contemporaneo. Le analisi avogadriane consistevano nella lettura delle esperienze e delle ipotesi più svariate al fine di collegarle, organizzarle e sintetizzarle in un'unica esposizione originale.

Avogadro fu sostanzialmente un autodidatta. Le lezioni di fisica sperimentale dell'abate Vassalli-Eandi, che il giovane Amedeo seguì, nei primi anni dell'Ottocento all'Università di Torino, contribuirono esclusivamente a stabilire una direzione più costante alle proprie ricerche.[1]

Il primo lavoro di Avogadro è rappresentato da un manoscritto intitolato *Essai analytique sur l'électricité* consegnato all'Accademia delle Scienze di Torino il 20 settembre 1803. L'*Essai*, realizzato in collaborazione con il fratello Felice, non è nient'altro, come afferma lo stesso Avogadro, che lo sviluppo e la sintesi dei principi conosciuti sull'elettricità. Il fisico torinese, mettendo in mostra un'apprezzabile onestà intellettuale che conserverà nel corso di tutta la sua carriera, cita esplicitamente le matrici delle sue speculazioni: gli esperimenti pechinesi dei Gesuiti residenti in Cina, comunicati all'Accademia di Pietroburgo nel 1755, che avevano dato luogo ad una brillante memoria di Aepinus; i *New Experiments and Observations Concerning Electricity* (1759) di Robert Symmer, tradotti in francese da Nollet nel 1761; i lavori di Gianfrancesco Cigna, Giambattista Beccaria e Alessandro Volta. Praticamente tutto ciò che riguardava lo studio degli isolanti elettrici successivamente all'invenzione del condensatore.

In seguito, fra il 1803 ed il 1811, cioè fra il manoscritto sull'elettricità ed il celebre *Essai*, in cui è contenuta l'ipotesi molecolare, Avogadro presentò altri tre manoscritti all'Accademia delle Scienze di Torino. Il primo, che affronta il problema della natura e della composizione dei sali metallici, è del 1804; il secondo, datato novembre 1808, riguardava l'analisi degli indici rifrattivi dei vari gas a differente pressione e si basava sulla lettura di una memoria di Biot e Arago, che prendeva in considerazione il problema più generale dell'affinità e l'interazione fra un corpo e le particelle della luce; il terzo parlava della distribuzione dell'elettricità nei corpi conduttori. Quest'ultima memoria, che fu discussa in una seduta dei membri

[1] Notizie biografiche su Lorenzo Romano Amedeo Carlo Avogadro (1776-1856) in B. Tecchio, *Cenni necrologici del conte e commendatore Amedeo Avogadro di Quaregna e Cerreto*, Torino, 1856; G.D. Botto, *Sulla vita e sulle opere del conte Amedeo Avogadro. Cenni biografici*, Torino, Stamperia Reale, 1857; I. Guareschi, *Amedeo Avogadro e la teoria molecolare*, Torino, UTET, 1901. Figlio di uno dei più importanti uomini politici piemontesi della seconda metà del Settecento, Avogadro si laureò in Diritto Canonico nel 1796; in seguito, affrontò un periodo di tirocinio presso l'ufficio dell'Avvocato dei Poveri e l'Avvocatura generale e, nel 1801, fu nominato Segretario della Prefettura del Dipartimento dell'Eridano. Avogadro non abbandonò mai l'attività giuridica e questo favorì, senza dubbio, la sua carriera accademica e scientifica.

dell'Accademia il 30 marzo 1811, appena qualche mese prima della pubblicazione dell'*Essai* sul *Journal de Physique*, dimostra chiaramente che Avogadro era ben lontano dall'essere interessato soltanto al problema della teoria atomica della materia.

Il fisico torinese integrava le nozioni basilari dei manuali scientifici con la lettura di un numero impressionante di articoli sulle materie più disparate, dalla astronomia alla botanica, dalla mineralogia alla meteorologia. I personali appunti manoscritti di Avogadro ci offrono un quadro completo delle fonti alle quali egli attinse i dati essenziali per la stesura dei propri lavori.[4]

L'immagine che viene progressivamente messa a fuoco, ripercorrendo i primi passi della carriera di Avogadro, è quella di un giovane curioso ricercatore, privo di un obiettivo determinato, ma sostanzialmente interessato a tutto ciò che riguardava il problema delle affinità. Attratto, soprattutto, dalle novità scientifiche più importanti ed interessanti. Ad esempio, le *Idées sur l'acidité et l'alcalinité*, pubblicate sul *Journal de Physique* nel luglio del 1809, risentirono sensibilmente della lettura della memoria *On some chemical agencies of electricity*, la prima delle *Bakerian Lecture* di Humphry Davy, che vinse il Premio per il Galvanismo nel 1807. Davy fu autorizzato a ritirare il premio a Parigi nonostante la difficile situazione politica fra Inghilterra e Francia. Ciò contribuì non poco ad aumentare la sua popolarità sul continente e, soprattutto, a suscitare l'interesse e la curiosità di Avogadro.

Due testi comunque, più di altri, influenzarono le ricerche e la visione gene-

[4] A. Avogadro, *Manoscritti scientifici*, Manoscritti 461-556, Biblioteca Civica di Torino. Si tratta di 75 volumi di circa 700 pagine ognuno costituiti da note, appunti, riassunti. I manoscritti contengono, inoltre, le prime stesure delle principali memorie di Avogadro. I manoscritti del 1808 e del 1811 non sono conservati nell'Archivio dell'Accademia delle Scienze di Torino (probabilmente sono andati perduti) e per questo gli storici ne hanno sempre ignorato l'esistenza. È possibile avere notizia di tali misteriose memorie consultando i *Verbali originali manoscritti della Classe di Scienze Fisiche e Matematiche* dell'Accademia per gli anni 1806-1814. Il testo originale dei due lavori è comunque presente nei Manoscritti scientifici. L'esistenza di queste inedite memorie implica una revisione della tradizionale bibliografia avogadriana fra il 1803 e il 1811:

1) *Essai analytique sur l'électricité*, manoscritto 70, Accademia delle Scienze di Torino, 1803.
2) *Considérations sur la nature des substances connues sous le nom de sels métalliques et sur l'ordre de combinaisons auquel il paraît le plus convenable de les rapporter*, Manoscritto 69, Accademia delle Scienze di Torino, 1804.
3) *Considérations sur l'état dans lequel doit se trouver une couche d'un corps non-conducteur de l'électricité, lorsqu'elle est interposée entre deux surfaces douées d'électricité de différente espèce*, «Journal de Physique», LXIII, 1806, pp. 450-462.
4) *Second mémoire sur l'électricité, ou suite des considérations sur l'état où se trouve une couche de corps isolateurs interposée entre deux surfaces douées d'électricités d'espèce contraire*, «Journal de Physique», LXV, 1807, pp. 130-145.
5) *Espèce de calculus sur le pouvoir refringent de quelques substances, comparé à celui de leurs composans, avec des conjectures sur la cause des anomalies qui s'y présentent*, Manoscritto scientifico 469, pp. 78-95 (memoria presentata nella *Séance* del 26 novembre 1808).
6) *Idées sur l'acidité et l'alcalinité*, «Journal de Physique», LXIX, 1809, pp. 142-148.
7) *De la distribution de l'électricité sur la surface des corps conducteurs*, Manoscritto scientifico 467, pp. 109-124 (memoria presentata nella *Séance* del 30 marzo 1811).
8) *Essai d'une manière de déterminer les masses relatives des molécules élémentaires des corps, et les proportions selon lesquelles elles entrent dans ces combinaisons*, «Journal de Physique», LXXIII, 1811, pp. 58-76.

rale del mondo del fisico torinese: l'*Essai de statique chimique* (1803) di Claude-Louis Berthollet e la seconda edizione del *Traité élémentaire de physique* (1806) dell'abate René Haüy.

Avogadro aveva fatto la conoscenza di Berthollet in occasione delle *Considérations* sui sali metallici del 1804. Quel lavoro, infatti, era essenzialmente basato sui dati e sulle informazioni proposte da Berthollet nelle *Recherches sur les lois de l'affinité* (1801).[5]

Berthollet fu, assieme a Laplace, la figura più carismatica della scienza francese nell'età napoleonica e le sue opere costituirono un imprescindibile (anche se non sempre apprezzato) punto di riferimento. La fisica di Berthollet proponeva una descrizione del mondo in termini di particelle discrete fra le quali agivano, in linea retta, forze a distanza. L'obiettivo che lo scienziato francese si proponeva era quello di realizzare il *newtonian dream*, la determinazione della forza universale d'attrazione non solo per i fenomeni astronomici, ma anche fra le particelle elementari della materia. Utilizzare, cioè le equazioni del moto per spiegare qualsiasi aspetto della realtà naturale.

Berthollet intendeva utilizzare le percentuali delle quantità che entravano in gioco in una reazione per calcolare, in maniera corretta, le forze che regolavano le reazioni fra i corpi chimici. Un progetto assai difficile da realizzare, poiché, secondo il fisico francese, le proporzioni in cui si combinavano le sostanze erano continuamente variabili a seconda del metodo di preparazione del composto. Le affinità, cioè, non erano più elettive.[6]

La lettura dell'opera più prestigiosa di Berthollet, l'*Essai de statique chimique*, appunto, stimolò in Avogadro l'esigenza di avere a disposizione un metodo per stabilire le esatte combinazioni fra gli elementi. Ma la ricerca dell'attrazione chimica non fu mai l'obiettivo principale dello scienziato torinese. Il piano reale sul quale si svolsero le indagini e le analisi teoriche di Avogadro è rappresentato dalla matematizzazione della combinatoria di principi creata da Lavoisier.

Nelle *Considérations* del 1804, Avogadro, cercando di individuare l'esatto comportamento dell'ossigeno nella formazione dei sali metallici, dimostrò di conoscere dettagliatamente la teoria lavoisieriana dell'acidità. Le riflessioni di Lavoisier, che riguardavano, in maniera specifica, la determinazione delle proporzioni d'ossigeno nei corpi composti da questo elemento, erano collegate al più ampio tentativo di costruire un nuovo sistema di combinazioni chimiche. E fu proprio questo il motivo, ancor prima dell'indagine sulle affinità, che fece comprendere ad Avogadro la necessità di avere a disposizione delle regole per determinare i reali rapporti numerici fra le sostanze.

Avogadro antepose sempre alle considerazioni fisiche sulle forze d'attrazione il

[5] M. Carbi, *Teorie senza esperimenti. Le ricerche di Amedeo Avogadro sulla natura dei sali metallici*, «Nuncius», VII, n. 2, 1992, pp. 161-195.

[6] Sul *newtonian dream*: A. Thackray, *Atoms and Powers. An Essay on Newtonian Matter-Theory and the Development of Chemistry*, Cambridge, Mass. Harvard University Press, 1970; R. Fox, *The Rise and the Fall of Laplacian Physics*, «Historical Studies in the Physical Sciences», IV, 1974, pp. 89-136. Per l'influenza di Berthollet sul programma di ricerca di Avogadro cfr. J.K. Bonner, *Amedeo Avogadro: A Reassessment of his Research and its Place in Early Nineteenth Century Science*, Ph. D. dissertation, Johns Hopkins University, 1974.

progetto di un sistema di proporzioni costanti. Costanti, perché lo stesso Berthollet aveva riconosciuto, nonostante la polemica con Proust, che soltanto lo studio delle combinazioni in proporzioni fisse poteva rappresentare il fondamento di qualsiasi ricerca chimica ed essere confortato dalla precisione dei calcoli matematici.[7]

È in questa ottica che vanno inserite le analisi di Gay-Lussac sui volumi gassosi.[8] Come ha efficacemente dimostrato Maurice Crosland, le indagini del giovane assistente di Berthollet erano finalizzate allo studio della neutralizzazione delle sostanze in una reazione e alla complessa problematica delle affinità chimiche.[9] Berthollet, non potendo rifiutare la validità sperimentale dei dati di Gay-Lussac, sostenne, comunque, in linea con i principi della sua filosofia chimica, che le combinazioni allo stato gassoso rappresentavano soltanto un caso particolare nell'infinita gamma delle reazioni che avvenivano in qualunque proporzione. Rifiutando, inoltre, di identificare la semplicità dello stato aeriforme con quello molecolare rese improponibile la possibilità di formulare l'ipotesi che volumi uguali di gas contenevano lo stesso numero di particelle.[10]

La fisica francese del primo Ottocento, pur così ambiziosa nei programmi da realizzare, non perse mai di vista quella modestia intellettuale che aveva caratterizzato la metodologia scientifica di Lavoisier.

Lavoisier riteneva che la ricerca scientifica non dovesse fornire spiegazioni sull'intima struttura delle cose e della realtà. Egli, che pure era un fisico ed aveva rivoluzionato la chimica con l'utilizzazione di metodi quantitativi, non attribuì mai una rilevante importanza al problema dell'esistenza delle particelle ultime della materia. Le analisi dovevano limitarsi ad indicare quali fossero le sostanze semplici osservabili sperimentalmente e le loro relative combinazioni, escludendo qualsiasi riferimento alle affinità che operavano nella natura.[11]

L'interpretazione lavoisieriana dei fenomeni termici prevedeva un approccio decisamente modellistico. La concezione del calore come fluido materiale e la teoria che attribuiva le variazioni di temperatura all'energia cinetica delle molecole venivano collocate su di un piano di assoluta parità. Lo scopo dello scienziato francese era quello di avere a disposizione un modello adeguato ai dati sperimentali e, soprattutto, in armonia con i calcoli matematici e non con la realtà fisica. I modelli, come sosteneva anche Laplace, dovevano interpretare un ruolo puramente strumentale.[12]

[7] Per il dibattito sulla variabilità delle proporzioni nel primo decennio dell'Ottocento, S.C. Kapoor, *Berthollet, Proust and Proportions*, «Chymia», IX, 1965, pp. 53-110.

[8] J.L. Gay-Lussac, *Mémoire sur la combinaison des substances gazeuses, les unes avec les autres*, «Mémoires de Physique et de Chimique de la Société d'Arcueil», II, Paris, 1809, pp. 207-234.

[9] M.P. Crosland, *The origin of Gay-Lussac's Law of Combining Volumes of Gases*, «Annals of Science», XVII, 1961, pp. 1-26.

[10] C.L. Berthollet, *Observations sur les proportions des éléments de quelques combinaisons*, «Mémoires de Physique et de Chimique de la Société d'Arcueil», II, Paris, 1809, pp. 470-484.

[11] Cfr. F. Abbri, *Le terre, l'acqua, le arie. La rivoluzione chimica del Settecento*, Bologna, Il Mulino, 1984; Id., *La rivoluzione chimica*, in P. Rossi (a cura di), *Storia della scienza moderna e contemporanea*, I, Torino, UTET, 1988, pp. 701-740.

[12] A.L. Lavoisier, *Traité élémentaire de chimie*, I, Paris, 1789, pp. 5-6. Sulla problematica dei modelli nella storia della fisica, E. Bellone, *I modelli e la concezione della fisica del mondo nella fisica moderna da Laplace a Bohr*, Milano, Feltrinelli, 1973.

Per questo la teoria atomica della materia di Dalton, che fu esposta per la prima volta nella terza edizione del *System of Chemistry* (1807) di Thomas Thomson, venne giudicata da Berthollet una congettura numerica tutta da verificare. Un'ipotesi ingeniosa, seducente, ma che aveva bisogno di attente verifiche sul piano sperimentale.[13]

Aldo Mieli, il più importante e preparato storico della chimica italiano della prima metà del Novecento, mise in evidenza, parlando della nascita della teoria atomica, un fondamentale aspetto che, in seguito, è stato completamente trascurato:

> Il problema che ora si presentava era quello di scoprire le regolarità, se esse esistevano, nelle composizioni per le quali si formavano le diverse sostanze. Avere trovato tali regolarità, ed averle organate in un sistema in sé compiuto, è l'opera principale svoltasi nel periodo che ho denominato periodo atomico moderno. Accanto a questo problema, e confuso spesso con esso nella mente dei vari scienziati, si trova lo svolgimento di una concezione atomica delle sostanze (...). Si errerebbe, però, se si credesse che il punto centrale del problema, risolto nel periodo del quale trattiamo, fosse quello della teoria atomica come sistema meccanico. Un tale sistema, spesso preconcetto, era quello che balenava dinanzi ai grandi chimici dell'epoca, ma il nocciolo della questione era, come ho detto, l'esame delle regolarità nelle composizioni delle sostanze.[14]

Mieli sottolineava, giustamente, che il problema dei chimici della prima metà dell'Ottocento, non era rappresentato dall'adesione ad una visione atomica della materia, ma dalla preoccupazione di creare un sistema numerico di combinazioni valido e funzionante. La legge delle proporzioni multiple di Dalton sembrò una possibile ipotesi di lavoro, che tuttavia era assolutamente improponibile da un punto di vista fisico.

L'idea che la visione della materia daltoniana si sia affermata contemporaneamente alla sua prima esposizione è un'invenzione dei manuali scientifici. La riluttanza ad occuparsi dei livelli intimi della materia, senza godere del supporto di dati e prove sperimentali, indusse i fisici francesi ad interpretare chimicamente, ma non fisicamente l'atomo daltoniano. *Atom* era il termine adottato dalla fisica britannica per designare, in generale, le particelle della materia (così come i francesi utilizzavano l'espressione *molécule*) e non era quindi indispensabile attribuire ad esso lo stesso significato daltoniano. La fisica transalpina, infatti, fece coincidere questo termine con quello di *molécule integrant*, che rappresentava la più piccola particella, ottenibile attraverso l'analisi sperimentale, nella quale una sostanza poteva essere divisa senza perdere le proprie specifiche caratteristiche; in pratica, l'equivalente molecolare dell'elemento lavoisieriano. Le particelle che costituivano gli elementi non dovevano essere identificate con lo stadio finale della realtà materiale, perché avrebbero potuto risultare ulteriormente divisibili.[15]

[13] C.L. Berthollet, *Introduction*, in T. Thomson, *Système de chimie, traduit de l'anglais sur la dernière édition de 1807 par M.J. Riffault*, I, Paris, 1809, p. 27.

[14] A. Mieli, *Il periodo atomico moderno*, «Scientia», XXII, 1917, p. 3.

[15] Sull'atomismo chimico: A. Rocke, *Chemical Atomism in the Early Nineteenth Century*, Columbus, Ohio State University Press, 1984; F. Abbri, *L'atomismo chimico*, in P. Rossi, *op. cit.*, II, pp. 269-300.

L'approccio ipotetico e modellistico che riguardava le interpretazioni fisiche della materia era ben presente nella seconda edizione del *Traité de Physique* di René Haüy. Regola fondamentale per lo scienziato era evitare di far dire alla natura più di quanto ella non dicesse e di confondere un'ipotesi semplicemente esplicativa con gli oggetti che veramente avevano un fondamento reale.[16]

Avogadro, che nell'ottobre del 1809 aveva ottenuto la cattedra di Fisica nel liceo di Vercelli, conosceva a fondo il *Traité*. L'opera dell'abate francese, infatti, era il manuale di fisica ufficialmente adottato in tutti i licei dell'Impero. E, non casualmente, nel fondamentale saggio sul modo di determinare i pesi molecolari, pubblicato soltanto due anni dopo, Avogadro insisterà su due questioni fondamentali:

1) i dati di Gay-Lussac offrivano un nuovo strumento di precisione per correggere il sistema numerico di combinazioni proposto da Dalton;

2) era impossibile esporre dei dati sulle proporzioni particellari assolutamente validi da un punto di vista fisico.

Le esperienze di Gay-Lussac rappresentano l'inequivocabile punto di partenza delle riflessioni di Avogadro sulle combinazioni chimiche. Dalton rifiutò la validità dell'ipotesi "uguali volumi - stesso numero di particelle", perché non si conciliava con i principi del suo sistema chimico, mentre Berthollet e Gay-Lussac non videro alcuna connessione fra le reazioni volumetriche e le combinazioni particellari. Avogadro, invece, che non era legato all'ambiente scientifico francese da vincoli professionali o legami d'amicizia si mostrò disponibile ad accettare questa possibile generalizzazione. Contemporaneamente, non operando all'interno del contesto di ricerca daltoniano, il fisico torinese riuscì a portare delle sostanziali modifiche alle regole di combinazione ideate da Dalton. Avogadro possedeva un'attitudine ad associare contributi scientifici estremamente diversi fra loro per contenuto e provenienza che gli consentì di creare un *collage* di informazioni inconcepibile per la maggior parte dei chimici e dei fisici dei primi decenni dell'Ottocento.

Avogadro non incontrò difficoltà nell'ammettere la divisibilità matematica di una molecola integrante. La sua visione della materia non era daltoniana, ma newtoniana, cioè composta da infiniti livelli particellari. Avogadro, però, non pensò mai di attribuire uno status ontologico definito alle molecole elementari né, tantomeno, di stabilire la bi-atomicità di queste particelle, che potevano venire identificate soltanto con delle entità matematiche.

È importante sottolineare che Avogadro non utilizzò come unità di misura il peso relativo di una molecola elementare, ma continuò ad assegnare il valore 1 all'intera molecola integrante dell'elemento. Non è sorprendente, quindi, che nel caso della reazione fra idrogeno e ossigeno, ad esempio, Avogadro abbia ottenuto valori dimezzati rispetto a quelli reali. L'ipotetica formula dell'acqua del fisico torinese non sarebbe stata H_2O, ma $HO_{1/2}$. Se Avogadro avesse pensato ad una composizione rigidamente bi-particellare di una qualsiasi molecola integrante non avrebbe avuto difficoltà a stabilire i corretti pesi atomici relativi. Invece la molecola integrante di un gas generico non era costituita da un numero esatto di molecole

[16] R.J. Haüy, *Traité élémentaire de physique. Second édition revue et considérablement augmentée*, I, Paris, 1806, p. 80.

elementari, ma soltanto da un «certain nombre» che Avogadro non precisa. La scomposizione della molecola di un elemento, infatti, essendo esclusivamente dipendente dai rapporti numerici fra i reagenti ed i prodotti allo stato gassoso, non avveniva sempre in due parti distinte e definite. La stessa particella di ossigeno, che si divideva in due molecole elementari nella combinazione con l'idrogeno, avrebbe potuto, se i dati sperimentali lo avessero reso necessario, scomporsi in frazioni assai più numerose.[57]

L'ipotesi "uguali volumi - stesso numero di particelle" non era fondata su una precisa configurazione della struttura della materia, ma, al contrario, la determinava. I rapporti di combinazione fra le particelle, ipotizzati sulla base degli esperimenti e dei dati di Gay-Lussac, rappresentarono l'avvio delle indagini di Avogadro, non la conclusione. L'interesse che il fisico torinese manifestò nei decenni successivi per la problematica del calorico nacque proprio dal desiderio di poter ottenere conferme fisiche all'ipotesi numerica basata sulla combinazione dei volumi gassosi.[58]

Nei primi decenni dell'Ottocento i chimici non furono in grado di creare un metodo universalmente valido per determinare le proporzioni in cui si combinavano le sostanze. Essi ebbero a disposizione soltanto dei tentativi fondati su premesse teoriche e sperimentali completamente diverse fra loro. L'ipotesi di Avogadro rappresentò esattamente una di queste premesse in competizione con le altre. Un'ipotesi conosciuta e discussa, alla portata di qualsiasi ricercatore, né trascurata né dimenticata. Essa non fu un'intuizione isolata di un oscuro fisico di provincia, ma neppure un'idea che poteva farsi largo senza suscitare contrasti, polemiche e discussioni.

L'adesione alla soluzione proposta da Avogadro non si identificò soltanto con la risoluzione di un problema tecnico e teorico (dal quale, in ogni caso, era impossibile prescindere), ma risultò fortemente determinata dal rapporto che esiste, in generale, tra un mutamento scientifico e le tradizioni filosofiche, fra i dati fisici sperimentali e le visioni del mondo in cui tali dati vengono inseriti ed interpretati. Dal reciproco condizionarsi, cioè, fra quelle che vengono solitamente dette storia interna e storia esterna delle scienze. Un rapporto da analizzare evitando ogni possibile tipo di semplificazione o schematizzazione, ma cercando soltanto di non trascurare due semplici considerazioni che i manuali scientifici, solitamente, rinunciano a fare:

1) che una teoria vincente, come quella di Avogadro, possa avere incontrato degli ostacoli nel suo cammino prima di affermarsi;

2) che il contesto nel quale venne formulata la teoria fosse diverso da quello in cui essa ottenne il riconoscimento della sua validità.

La storia della fortuna dell'ipotesi di Avogadro potrà essere riscritta soltanto tenendo presente la possibilità di utilizzare queste interpretazioni alternative.

[57] A. Avogadro, *Essai d'une manière*, cit.

[58] Su questo argomento: R. Fox, *The Caloric Theory of Gases: From Lavoisier to Regnault*, Clarendon, Oxford, 1971, pp. 196-226; E. Bellone, *Dal calorico alla conservazione dell'energia*, in P. Rossi, *op. cit.*, II, pp. 219-268.