MARCO CIARDI *

Dalla filosofia naturale alla chimica: il caso Avogadro tra risultati e prospettive di ricerca **

From natural philosophy to chemistry: the Avogadro case.

Summary – This essay presents an analysis of the role of historiography in Avogadro's studies. The lecture also emphasizes the importance for historians of chemistry of an interdisciplinary approach. It represents a considerable resource for a discipline like chemistry, which is characterized by an incredible number of philosophical and historical traditions.

In un celebre saggio del 1984,[1] Jacques Roger (1920-1990),[2] uno dei più importanti storici del XX secolo, auspicava che gli storici della scienza non anglofoni si dedicassero maggiormente allo studio della scienza del proprio paese. Roger era lontano da qualsiasi tipo di rivendicazione nazionalistica; al contrario, con il suo appello lo storico francese intendeva stimolare gli studiosi a mettere in risalto la dimensione internazionale dello sviluppo della scienza nell'età moderna. Era del tutto evidente, infatti, come il predominio della storiografia anglofona avesse prodotto una serie di analisi che dovevano essere necessariamente riviste. Non a caso, proprio intorno alla metà degli anni '80 stava emergendo il caso emblematico della rivoluzione chimica. Ridotta per anni alla controversia tra Lavoisier e Priestley, la storia della chimica nell'età dei Lumi sembrava invece pienamente comprensibile soltanto alla luce della sua dimensione internazionale, attraverso l'a-

* Dipartimento di Filosofia, Università di Bologna.

** Relazione presentata al IX Convegno Nazionale di «Storia e Fondamenti della Chimica» (Modena, 25-27 ottobre 2001).

[1] JACQUES ROGER, *Per una storia storica delle scienza*, «Giornale critico della filosofia italiana», LXIII, 1984, pp. 285-314.

[2] ANTONELLO LA VERGATA, *Jacques Roger (1920-1990)*, «Nuncius», VII, 1992, pp. 181-194.

nalisi delle attività di tutte le comunità scientifiche europee.[3] Avendo iniziato proprio in quegli anni lo studio degli sviluppi della chimica post-lavoisieriana, il mio interesse si soffermò quasi immediatamente, tenendo ben presente il richiamo di Roger, sulla figura di Amedeo Avogadro (1776-1856), comunemente indicato da tutte le storie della scienza, nonché da tutti i manuali scientifici, come uno dei padri della moderna teoria atomica assieme a John Dalton e Joseph-Louis Gay-Lussac. A tanta fama, tuttavia, non corrispondeva un adeguato approfondimento storiografico. Ben poco si presentava disponibile oltre alle tradizionali pubblicazioni commemorative o a certe pagine standard riportate un po' ovunque, sia nei manuali che nei libri di storia. Pochi saggi, tutti in lingua inglese. L'ultimo contributo di rilievo di uno storico italiano, Icilio Guareschi, risaliva al 1911.[4] Le motivazioni di questa situazione erano ben delineate, su di un piano generale, da Roger. Il predomino della storiografia anglofona a livello internazionale non solo aveva determinato il fatto che si dovessero a «colleghi inglesi o americani alcuni eccellenti studi dedicati a scienziati tedeschi, francesi od italiani», ma aveva anche spinto «i ricercatori non anglofoni, ma giustamente desiderosi di riconoscimenti internazionali, a lavorare sulla scienza anglofona, trascurando quella del proprio paese».[5]

Nel 1991, proprio in occasione di uno dei congressi del Gruppo Nazionale di Storia e Fondamenti della Chimica, il quarto, tenutosi a Venezia, ho presentato i primi risultati delle mie indagini sulla genesi dell'ipotesi di Avogadro.[6] Credo perciò che non sia un'operazione inopportuna (ma spetterà ai lettori giudicare), tentare a dieci anni di distanza un primo bilancio storiografico sulle ricerche realizzate fino a questo momento, cercando anche di fare il punto sugli eventuali progetti futuri.

Naturalmente l'esposizione storiografica che mi accingo a fare non intende essere soltanto un espediente retorico. Paolo Rossi ha scritto pagine magistrali sul problema della dimenticanza. Già nel Seicento «la distinzione fra essere "filosofi" o essere "storici" si configurò per molti come una *scelta*».[7] È la natura stessa della discipline scientifiche moderne, infatti, che conduce ad assumere quest'atteggiamento nei confronti della propria storia.[8] Così accade che, «ad una certa distanza dalla sua nascita e al termine di un ciclo di sviluppo, quando una scienza si è assestata nella sua specificità e come tale viene riconosciuta, le fasi iniziali dello svi-

[3] FERDINANDO ABBRI, *Le terre, l'acqua, le arie. La rivoluzione chimica del Settecento*, Bologna, Il Mulino, 1984.

[4] ICILIO GUARESCHI, *Amedeo Avogadro e la sua opera scientifica. Discorso storico-critico*, in A. AVOGADRO, *Opere scelte*, Torino, UTET, 1911, pp. I-CXL.

[5] J. ROGER, *op. cit.*, p. 286.

[6] M. CIARDI, *Manuali, modelli, equazioni. La Fisica teorica di Amedeo Avogadro*, in *Atti del IV Convegno Nazionale di Storia e Fondamenti della Chimica (Venezia, 7-9 novembre 1991)*, a cura di Gianni Michelon, Accademia Nazionale delle Scienze detta dei XL, 1992, pp. 207-214.

[7] PAOLO ROSSI, *La scienza e la dimenticanza*, «Iride», VIII, n. 14, 1995, p. 156.

[8] Per un approfondimento di questa tematica, P. ROSSI, *Sulle origini dell'idea di progresso*, in ID., *Naufragi senza spettatore. L'idea di progresso*, Bologna, Il Mulino, 1995, pp. 45-106.

luppo non appaiono più facilmente comprensibili: l'inizio viene sempre compreso ed espresso in modi assai diversi da come era stato compreso ed espresso agli esordi del processo».[9] Proprio per questo motivo «gli scienziati tendono a collocare la loro attività sotto il segno di una concezione lineare del progresso» e le «teorie e le posizioni superate appaiono loro sempre o come veri e propri errori o come verità parziali o come gradini dai quali bisognava passare per giungere alla verità». Essi, perciò, «riscrivono continuamente una storia all'indietro»,[10] perdendo completamente la dimensione storica delle problematiche scientifiche. La perdita della memoria, tuttavia, non è una malattia genetica che caratterizza esclusivamente gli scienziati. Può avere anche una larga diffusione sociale ed ambientale e contagiare gli stessi storici, inclusi gli storici della scienza. Ma se anche gli storici dimenticano la storia della propria disciplina, può accadere che le proprie ricerche vengano presentate come novità di rilievo, quando invece rappresentano delle ovvietà dal punto di vista storiografico.

Negli ultimi decenni di questo secolo la storia della scienza ha senz'altro assunto i caratteri di disciplina professionale, raggiungendo un indubbio riconoscimento a livello istituzionale.[11] Come ha scritto Arnold Thackray, ancora «nel 1950 il Nord-America poteva vantare forse 5 storici della scienza di professione».[12] Mentre all'inizio del secolo la storia della scienza costituiva generalmente un «passatempo per dilettanti», per «scienziati in pensione» e «antiquari del sapere», essa sta oggi raggiungendo livelli di specializzazione sempre più elevati.[13] Ma, soprat-

[9] P. Rossi, *La scienza e l'oblio*, in Id., *Il passato, la memoria, l'oblio*, Bologna, Il Mulino, 1991, p. 156.

[10] P. Rossi, *La scienza e la dimenticanza*, cit., pp. 154-155.

[11] Per un quadro complessivo degli sviluppi della storia della scienza nel Novecento, cfr., Paolo Rossi, *Profilo di storia della scienza nel Novecento*, in Id., *I ragni e le formiche. Un'apologia della storia della scienza*, Bologna, Il Mulino, 1986, pp. 163-209; Pietro Corsi, *Scienza. Storia della scienza*, in Enciclopedia Italiana. Supplemento, Roma, Istituto della Enciclopedia Italiana, 1995, pp. 677-687. A questi contributi si rimanda per un ulteriore approfondimento bibliografico. Per la storia della scienza in Italia: Ferdinando Abbri-P. Rossi, *History of Science in Italy*, «Isis», LXXVII, 1986, pp. 213-218; Gianni Micheli, *La storia della scienza nella cultura italiana, in La scienza tra filosofia e storia in Italia nel Novecento*, a cura di Fabio Minazzi e Luigi Zanzi, Roma, Istituto Poligrafico e Zecca dello Stato, 1987, pp. 295-308; Maurizio Torrini, *Osservazioni sulla storia della scienza in Italia*, in *Le storie e la storia della cultura*, Napoli, Morano, 1988, pp. 47-74; F. Abbri, *La storia della scienza in Italia*, in *Storia della scienza e della medicina. Bibliografia critica*, a cura di P. Corsi e Paul Weindling, Roma-Napoli, Theoria, 1990, pp. 549-574. Per la storia della chimica, Marco Beretta, *Between Chemical Histories and History of Science: Journals in the History of Chemistry*, in *Journals and History of Science*, edited by M. Beretta, Claudio Pogliano and Pietro Redondi, Firenze, Olschki, 1998, pp. 57-75.

[12] A. Thackray, *Science: has its Present Past a Future?*, in *Historical and Philosophical Perspective of Science*, a cura di R. H. Stuewer, Minneapolis, University of Minnesota Press, 1970; trad. it., *Il passato prossimo della scienza ha un futuro ?*, in *Storiografia delle scienze e storia della psicologia*, a cura di Nicoletta Caramelli, Bologna, Il Mulino, 1979, p. 85.

[13] Sui pericoli dello specialismo degli studi di storia della scienza si vedano P. Rossi, *Imma-*

tutto, la storia della scienza viene progressivamente definendosi come disciplina storica, coronando in qualche modo il sogno di Paul Tannery il quale, nel lontano 1905, auspicava che «per essere un buon storico non basta essere scienziato. Bisogna prima di tutto *volersi* dedicare alla storia, cioè averne il gusto; bisogna sviluppare in sé il senso storico che è essenzialmente differente da quello scientifico; bisogna infine acquisire una serie di conoscenze particolari, di ausilio indispensabile per lo storico, che sono invece del tutto inutili allo scienziato che si interessa solo al progresso della scienza».[14] Tutto ciò non può essere ignorato da chi intenda dedicarsi seriamente e professionalmente allo studio della storia della scienza. Altrimenti (come ho già altrove tentato di sottolineare),[15] si finisce per comportarsi come gli storici improvvisati di Galileo a cui fa riferimento Paolo Rossi. Molti di questi interpreti, infatti, «ritengono di poter tracciare rapide sintesi, di risolvere questioni che hanno a lungo affaticato gli storici di professione. Non sono minimamente sfiorati dal sospetto che parlare di Galilei in pubblico avendo letto un po' del *Dialogo*, un po' dei *Discorsi*, la monografia di Geymonat e (nei casi migliori) qualche pagina di Koyré li colloca (agli occhi degli storici di professione) nella identica posizione in cui si troverebbe uno storico che sulla base della memoria di Einstein, della parziale lettura di "Sottile è il Signore" e de "Il Signor Robinson e la relatività" pretendesse di svolgere un autorevole intervento ad un congresso di fisica della particelle».[16]

L'opera di Avogadro è stata a lungo presentata secondo uno schema ben preciso: [17] all'inizio dell'Ottocento, dopo l'affermazione della teoria atomica di Dalton e in seguito alla formulazione da parte di Gay-Lussac della legge sulla combinazione dei volumi gassosi, Avogadro arrivò nel 1811 all'enunciazione della legge che lo ha reso celebre: "volumi uguali di gas diversi nella stesse condizioni di temperatura e pressione contengono lo stesso numero di particelle". Così facendo Avogadro riuscì a stabilire una chiara distinzione fra atomi e molecole. Secondo questa interpretazione, il problema riguardante la validità della teoria atomica risulta

gini di Galileo, «Nuncius», IX, 1994, n. 1, pp. 3-4; A. La Vergata, *Fra storia della filosofia e storia della scienza. Luoghi comuni inevitabili, polemiche fasulle e pericoli reali*, in *Storia della Filosofia, Storia della Scienza. Saggi in onore di Paolo Rossi*, a cura di A. La Vergata e Alessandro Pagnini, Firenze, La Nuova Italia, 1995, p. 391.

[14] Paul Tannery, *De l'histoire générale des sciences*, «Revue de Synthèse historique», VII, n. 12, 1904, p. 1; trad. it. in *Problemi e prospettive*, cit., p. 18.

[15] M. Ciardi, *Chimci, storici e storia della chimica*, «Bollettino del Gruppo Nazionale Fondamenti e Storia della Chimica», gennaio 1998, n. 3, pp. 7-8.

[16] P. Rossi, *Immagini di Galileo*, cit., pp. 4-5.

[17] Su questo problema cfr. N. Fisher, *Avogadro, the Chemists, and Historians of Chemistry*, «History of Science», XX, 1982, pp. 77-102, 212-234. Fisher sottolinea correttamente che questa interpretazione ha rappresentato un luogo comune fra gli storici della chimica, e quindi una completa bibliografia sul tema «coinciderebbe con una completa bibliografia della storia della chimica nel diciannovesimo secolo» (p. 92).

essere già risolto nel 1811, quando Avogadro dimostrò le potenzialità insite nella visione della materia di Dalton. Jurij I. Solov'ev ha scritto, ad esempio, che «Avogadro diede una interpretazione atomistica della legge dei volumi di Gay-Lussac ed approfondì l'ipotesi atomistica con nuove concezioni».[18] Storicamente, tuttavia, la validità dell'ipotesi di Avogadro non fu riconosciuta al momento della sua prima esposizione, ma soltanto mezzo secolo più tardi, fatto che ha sempre generato un certo stupore negli scienziati. Per quale motivo infatti fisici e chimici evitarono di prendere in considerazione una soluzione logica, evidente e razionale che avrebbe permesso di risolvere tutti i problemi attinenti alla determinazione dei pesi atomici e molecolari delle sostanze? La storiografia ha a lungo giudicato sorprendente ed incomprensibile il trattamento a cui fu sottoposta la generalizzazione "uguali volumi – stesso numero di particelle". Questa credenza è ancora oggi ben presente nei manuali e nei testi di divulgazione scientifica. Come utile esempio, andiamo a leggere cosa scrive Isaac Asimov nella sua *Cronologia delle scoperte scientifiche*:

> L'ipotesi di Avogadro, se applicata pienamente, avrebbe spiegato molto riguardo ai pesi atomici e alla costituzione atomica dei composti. Purtroppo, l'ipotesi venne ampiamente ignorata per mezzo secolo, e i chimici rimasero inutilmente confusi in molti modi durante quel periodo.[19]

Da un punto di vista storiografico, tuttavia, verso la fine degli anni '60 del Novecento sono state poste le premesse per una migliore comprensione di questa apparente contraddizione.[20] In particolare, si è iniziato a mettere in evidenza come l'atomismo fisico di Dalton non abbia affatto riscosso un successo al momento della sua presentazione. Esso si affermò faticosamente al di fuori dell'Inghilterra, mentre sul terreno della teoria atomica si scontrarono differenti e ben distinte ipotesi. L'idea che la visione della materia daltoniana si sia affermata in Europa contemporaneamente alla sua prima esposizione non ha retto alla prova di serie e documentate indagini storiche. La riluttanza ad occuparsi dei livelli intimi della materia, senza godere del supporto di dati quantitativi e prove sperimentali, indusse i fisici francesi ad interpretare chimicamente, ma non fisicamente l'atomo di Dalton. *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 risultava quindi indispensabile attribuire ad esso lo stesso significato daltoniano. La

[18] JURIJ I. SOLOV'EV, *L'evoluzione del pensiero chimico dal '600 ai giorni nostri* (1971), Milano, Mondadori, 1976, p. 167.

[19] ISAAC ASIMOV, *Cronologia delle scoperte scientifiche* (1989), Milano, Pan, 1991, p. 290.

[20] ARNOLD W. THACKRAY, *The Origins of Dalton's Chemical Atomic Theory: Daltonian Doubts Resolved*, «Isis», LVII, 1966, pp. 35-54; MAURICE P. CROSLAND, *The First Reception of Dalton's Atomic Theory in France*, in *John Dalton and the Progress of Science*, a cura di Donald S.L. Cardwell, Manchester, Manchester University press, 1968, pp. 274-287; SEYMOUR H. MAUSKOPF, *Haüy's Model of Chemical Equivalence: Daltonian Doubts Exhumed*, «Ambix», XVII, 1970, pp. 182-191.

fisica transalpina, infatti, fece coincidere questo termine con quello di *molécule integrante*. La molecola integrante costituiva, per la fisica francese, la più piccola particella nella quale una sostanza, attraverso l'analisi sperimentale, poteva essere divisa senza perdere le proprie specifiche caratteristiche. Essa in pratica, rappresentando l'equivalente molecolare dell'elemento lavoisieriano, andò a assumere progressivamente il ruolo di unità chimica delle sostanze.

Tenendo presente questi risultati storiografici, relativamente ad Avogadro, alcuni storici hanno dunque iniziato a sostenere che il principale riferimento delle riflessioni dello scienziato torinese fosse non tanto Dalton quanto Berthollet, il chimico più importante del periodo napoleonico. Robert Fox, ad esempio, ha evidenziato come l'opera di Avogadro (in particolare le sue ricerche sui fenomeni termici) risultasse maggiormente comprensibile se analizzata nel contesto del programma di ricerca di Laplace e Berthollet.[21] Qualche anno dopo John K. Bonner ha approfondito questo argomento in una brillante ed importante tesi che purtroppo non è mai stata pubblicata.[22] Brooke e Fisher, invece, utilizzando il lavoro di Bonner, si sono occupati in particolar modo della storia della fortuna dell'ipotesi;[23] come ha scritto W. H. Brock essi hanno probabilmente risolto «il falso problema del perché l'ipotesi di Avogadro sia stata ignorata così a lungo».[24] Brooke ha anche messo in evidenza l'inconsistenza di alcuni specifici approcci storiografici quali quello di Frické.[25] Questi studi, tuttavia, pur importanti, si sono soffermati su una determinata fase della carriera scientifica di Avogadro, tralasciando di analizzare con attenzione la formazione scientifica ed intellettuale del giovane ricercatore torinese. John K. Bonner ad esempio, nel suo ottimo lavoro, non ha preso in considerazione le ricerche di Avogadro sull'elettrologia e i sali metallici (che analizzeremo in seguito), facendo partire la sua analisi soltanto dalla memoria del 1809 intitolata *Idées sur l'acidité et l'alcalinité*.[26] Il motivo di questa scelta è semplice. Nonostante gran parte delle opere originali di Avogadro sia stata pubblicata in francese, la lingua dello scienziato piemontese resta pur sempre l'italiano. Ciò costituisce una grave difficoltà per gli studiosi stranieri, che hanno molte difficoltà ad avvicinarsi in maniera esaustiva alle fonti primarie. Questo è del resto anche il motivo per cui molti con-

[21] ROBERT FOX, *The Caloric Theory of Gases from Lavoisier to Regnault*, Oxford, Clarendon Press, 1971.

[22] JOHN K. BONNER, *Amedeo Avogadro: A Reassessment of his Research and its Place in Early Nineteenth Century*, Ph. D. dissertation, The Johns Hopkins University, 1974.

[23] JOHN H. BROOKE, *Avogadro's Hypothesis and its Fate: a Case-Study in the Failure of Case-Studies*, «History of Science», XIX, 1981, pp. 235-273; N. FISHER, *op. cit*.

[24] WILLIAM H. BROCK, in *Storia della scienza e della medicina. Bibliografia critica*, a cura di P. Corsi e P. Weindling, cit., p. 292.

[25] MARTIN FRICKÉ, *Il rifiuto dell'ipotesi di Avogadro*, in *Critica della ragione scientifica. Metodo e valutazione delle scienze fisiche* (1976), a cura di C. Howson, Milano, Il Saggiatore, 1981, pp. 333-370.

[26] A. AVOGADRO, *Idées sur l'acidité et l'alcalinité*, «Journal de Physique», LXIX, pp. 142-148.

tributi di storia della scienza in lingua italiana, di indiscusso valore, vengono spesso e volentieri ignorati dai repertori bibliografici internazionali. Nel 1984 Mario Morselli ha pubblicato un'opera su Avogadro sullo stile delle biografie ottocentesche di stampo positivistico, notevole per la quantità di informazioni che mette a disposizione degli studiosi.[27] È stato sufficiente un lavoro basato essenzialmente sulla compilazione e sulla raccolta di dati a mettere a nudo le analisi svolte fino ad allora, ricordando agli storici come esistesse un Avogadro anche prima del 1809, termine di partenza del lavoro di Bonner. Interessanti spunti per la ricerca sono stati inoltre offerti da Luigi Cerruti nel 1988.[28]

Nel 1992 ho dunque iniziato presentare i risultati delle mie ricerche sulla formazione intellettuale e scientifica di Avogadro. Figlio di Filippo Avogadro, uno dei più importanti uomini politici della seconda metà del Settecento, il giovane Amedeo, dopo aver frequentato le Scuole Regie di Torino, si laureò in Diritto Canonico nel 1796. Il percorso universitario di Avogadro non può essere escluso dalla ricostruzione del suo modo di fare scienza. La logica di Leibniz e quella di Wolff, ben presenti all'interno dei corsi svolti presso la facoltà torinese di giurisprudenza, ebbero infatti sul pensiero di Avogadro una profonda influenza, un'influenza che si rifletterà anche nell'impostazione dei lavori scientifici. Se tuttavia si desidera studiare questo tipo di problematiche, è necessario farlo guardando non alle riflessioni epistemologiche più o meno contemporanee ma alle fonti storiche.[29] Soltanto nel 1801 Avogadro iniziò a frequentare le lezioni di Fisica sperimentale dell'abate Anton Maria Vassalli-Eandi, una delle personalità scientifiche più in vista del momento (non solo in ambiente torinese) ed ebbe come punto di riferimento

[27] MARIO MORSELLI, *Amedeo Avogadro. A Scientific Biography*, Dordrecht-Boston-Lancaster, D. Reidel Publishing Company, 1984. In precedenza Morselli aveva pubblicato la trascrizione del manoscritto dell'*Essai* del 1811 conservato tra le carte di Avogadro custodite presso la Biblioteca Civica di Torino, cfr. *The Manuscript of Avogadro's "Essai d'une manière de déterminer les masses relatives des molecules élémentaires"*, «Ambix», XXVII, 1980, pp. 147-172.

[28] LUIGI CERRUTI, *Amedeo Avogadro*, in *Tra Società e Scienza. 200 anni di storia dell'Accademia delle Scienze di Torino*, Torino, Allemandi, 1988, pp. 132-137.

[29] Sul corso in Diritto Canonico si veda D. BALANI, D. CARPANETTO, F. TURLETTI, *La popolazione studentesca dell'Università di Torino nel Settecento*, «Bollettino storico-bibliografico subalpino», LXXVI, 1978, n. 1, pp. 93-109. Si veda inoltre LUIGI BULFERETTI, *Agostino Bono giurisdizionalista piemontese, editore e critico degli scritti giuridici di Leibniz*, «Rivista di filosofia», XXXVIII, 1947, pp. 130-141. Su Bono, docente di Diritto canonico dal 1768 al 1797 cfr. l'importante voce di G. RICUPERATI, in *Dizionario Biografico degli Italiani*, XII, 1970, pp. 282-285. Da vedere anche la voce di G. LOCOROTONDO relativa ad Innocenzo Maurizio Baudisson, che insegnò Istituzioni canoniche dal 1768 al 1797, in DBI, VII, 1965, pp. 288-289. Dopo la laurea Avogadro iniziò a lavorare in vari uffici, tra i quali quello dell'Avvocatura generale, presso il Senato, affrontando il normale tirocinio che un laureato in legge doveva svolgere per poter ambire ad incarichi più importanti e prestigiosi in ambito giuridico. Sui rapporti fra studi giuridici e sviluppi professionali si veda D. BALANI, *Toghe di stato. La facoltà giuridica dell'Università di Torino e le professioni del Settecento,* Torino, Deputazione subalpina di storia patria, 1996.

scientifico la «filosofia naturale» di Giambattista Beccaria, uno dei padri dell'elettrologia moderna, e di Alessandro Volta. Avogadro fu particolarmente interessato allo studio tra le forze naturali, da quelle elettriche a quelle chimiche, da quelle magnetiche a quelle ottiche. Nel 1803 presentò all'Accademia delle Scienze di Torino uno scritto dal titolo *Essai analytique sur l'électricité.*[30] Tale manoscritto costituisce il suo primo lavoro scientifico. L'opera, dedicata all'esame della storia dell'elettrologia nella seconda metà del XVIII secolo, offre un contributo originale alla trattazione dei problemi relativi alla natura elettrica degli isolanti, giungendo a delineare chiaramente il fenomeno della polarizzazione del dielettrico. Avogadro afferma infatti che gli strati molecolari di un isolante, sotto l'influenza di un corpo elettricamente carico, non oppongono soltanto una resistenza passiva, ma risultano sensibili all'induzione elettrica. Avogadro resterà interessato a queste tematiche nel corso di tutta la sua lunga carriera. Nel 1811 consegnò all'Accademia un nuovo manoscritto dedicato all'elettricità che conteneva molti elementi di originalità, tanto da mettere in discussione lo stesso modello newtoniano di forze agenti a distanza in linea retta. Il manoscritto, che allora fu rifiutato dagli accademici torinesi, sarebbe stato poi pubblicato da Avogadro nel 1844, costringendo Michael Faraday a chiedersi (e a consultarsi su questo punto con il giovane William Thomson, futuro lord Kelvin), quanto le sue idee sulla polarizzazione fossero analoghe a quelle dello scienziato torinese.[31]

Non è sorprendente quindi che la chimica di Avogadro vada a collocarsi in un contesto di ricerca, che, ancora alle fine del Settecento, poteva essere compreso sotto la dizione «filosofia naturale». Ma quando parla di chimica, Avogadro utilizza un approccio totalmente innovativo: è l'approccio di Lavoisier. Ciò risulta già chiaro nel 1804, anno nel quale Avogadro presentò il suo secondo lavoro scientifico all'Accademia delle Scienze di Torino, dal titolo *Considérations sur la nature des substances connues sous le nom de sels métalliques.*[32] Dedicata allo studio della natura dei sali metallici e, in particolare, dell'acido muriatico, la memoria rivela l'esplicita adesione di Avogadro alla rivoluzione chimica di Antoine-Laurent Lavoisier.

Prima di Lavoisier la chimica era, assieme alla botanica e alla zoologia, una parte del vasto mondo della «storia naturale» e faceva da supporto anche all'elaborazione di teorie della terra di carattere generale. Soltanto dopo la rivoluzione lavoisieriana la chimica si presentò effettivamente come una disciplina specifica, dotata di un linguaggio e caratteristiche del tutto personali, che consentirono rapidi

[30] Archivio dell'Accademia delle Scienze di Torino, Manoscritto 70.

[31] *De la distribution de l'électricité sur la surface des corps conducteurs*, Biblioteca Civica di Torino, Manoscritto scientifico 467, pp. 109-124; *Saggio di teoria matematica della distribuzione dell'elettricità sulla superficie dei corpi conduttori nell'ipotesi dell'azione induttiva esercitata dalla medesima sui corpi circostanti, per mezzo delle particelle dell'aria frapposta*, «Memorie della Società Italiana delle Scienze residente in Modena», XXIII, 1844, pp. 156-184.

[32] Archivio dell'Accademia delle Scienze di Torino, Manoscritto 69.

progressi dal punto di vista quantitativo.[33] Senza Lavoisier, i fondamentali contributi di Avogadro (e quindi anche quelli di Proust, Dalton, Gay-Lussac, Berzelius) non sarebbero mai esistiti. Le riflessioni di Avogadro tennero costantemente presenti i risultati ottenuti da Lavoisier nel *Traité élémentaire de chimie* (1789) e furono sorrette dalla consapevolezza che la ricerca dei fondamenti della chimica costituiva un'attività autonoma rispetto alla fisica, anche se, come per Lavoisier, modelli e strumenti fisici erano indispensabili per condurre in porto questa ricerca. In sostanza, quando Avogadro si occupa di chimica lo fa da "moderno", quando parla di "filosofia naturale" si comporta ancora secondo i canoni settecenteschi, certamente diversi dagli sviluppi della fisica francese e dalle ricerche di Laplace, Coulomb e Biot sull'elettricità, il magnetismo e la rifrazione. E non è certo un caso se alcuni lavori dello scienziato torinese in campo elettrochimico ed elettromagnetico furono prima di tutto apprezzati da studiosi influenzati dai principi della filosofia della natura tedesca, quali Hans Christian Oersted.

Nel 1804 Avogadro fu nominato socio corrispondente dell'Accademia delle Scienze e nel 1806 ottenne l'incarico di "ripetitore" in Fisica presso il Collegio delle Provincie. I suoi iniziali rapporti con l'ambiente scientifico torinese non furono però semplici. Particolarmente attento agli sviluppi teorici della ricerca scientifica, Avogadro faticò ad imporre le sue innovative ricerche in ambito fisico e chimico presso la comunità dei ricercatori sabaudi, maggiormente interessata a contributi di natura sperimentale ed applicativa. Non deve sorprendere quindi che le prime quattro memorie scientifiche presentate da Avogadro all'Accademia delle Scienze siano state rifiutate perché troppo speculative. Furono tuttavia proprio immaginazione teorica e creatività scientifica che consentirono ad Avogadro di raggiungere quei risultati che altrimenti sarebbero rimasti soffocati da una stretta osservanza nei confronti dei dogmi e delle richieste della comunità scientifica piemontese.

Nel 1809 Avogadro venne trasferito come professore di Fisica e Matematica presso il Liceo di Vercelli, ove insegnò fino al 1819. Qui realizzò il celebre *Essai d'une manière de déterminer les masses relatives des molécules élémentaires des corps, et les proportions selon lesquelles elles entrent dans ces combinaisons.*[34] John K. Bonner ha sostenuto a suo tempo che gli scienziati francesi dopo la morte di Lavoisier si divisero in due distinti gruppi, relativamente al problema degli elementi chimici e della struttura della materia: riduzionisti e lavoisieriani. Per i riduzionisti era ovviamente semplice concepire la possibilità di una divisione della molecola integrante. Il secondo gruppo riteneva invece che gli elementi di Lavoisier «fossero

[33] Sulla rivoluzione di Lavoisier si vedano F. ABBRI, *op. cit.*, M. BERETTA, *The Enlightenment of Matter. The Definition of Chemistry from Agricola to Lavoisier*, Canton, Science History Publications, 1993, («Uppsala Studies in the History of Science», 15).

[34] 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*, «Journal de Physique», LXXIII, 1811, pp. 58-76.

ontologicamente gli ultimi costituenti della materia», e che «le molecole integranti di un elemento fossero indivisibili».[35] Tuttavia, contrariamente a quello che ha sostenuto Bonner, se ci fu una tradizione di ricerca nell'Ottocento che non pensò mai di identificare le ultime particelle della materia con gli elementi, questa è la lavoisieriana. In realtà né i riduzionisti, che facevano capo a Berthollet, né i lavoisieriani ritennero la molecola integrante il livello più semplice possibile della materia. Furono le giustificazioni offerte ad essere radicalmente diverse fra loro. Per Lavoisier l'ulteriore scomposizione delle sostanze elementari era una possibilità dovuta al carattere provvisorio dell'analisi chimica; Berthollet, al contrario, era guidato dalla convinzione che i fenomeni chimici potessero essere interpretati secondo i principi generali della fisica. Bonner ha sostenuto, come conferma Brooke, che «il lavoro di Avogadro può essere compreso soltanto nel contesto dei problemi definiti dalla fisico-chimica di Berthollet».[36] In realtà, la ricerca dei pesi molecolari di Avogadro si svolse seguendo criteri diversi rispetto a quelli suggeriti dal modello di Berthollet. A questo proposito Alan J. Rocke ha lucidamente sottolineato che Berthollet «ebbe una visione dinamica e continua delle reazione e della composizione chimica, che egli trovò difficile da conciliare con la stechiometria e l'atomismo chimico».[37] Non è sufficiente giustificare l'adesione di Avogadro alla fisica di Berthollet soltanto in base al fatto che lo scienziato torinese ammise la divisione delle molecole integranti, poiché questa non era certo una prerogativa degli scienziati riduzionisti. Anzi, è molto più semplice comprendere la possibilità di tale divisione all'interno di una visione della materia fondata sulla nozione di elemento proposta da Lavoisier. Del resto, come ha segnalato S.C. Kapoor, in una chimica delle combinazioni infinite, quale quella di Berthollet, è impossibile che le particelle elementari siano dotate delle caratteristiche proprie degli elementi.[38]

Avogadro, in realtà, si affidò fedelmente al metodo di definizione molecolare di Antoine-François de Fourcroy contenuto nella terza edizione (1806) della *Philosophie chimique*, pubblicata per la prima volta nel 1792. Quest'opera, una delle sintesi più brillanti della nuova chimica antiflogistica, fu tradotta in ben undici lingue e va inclusa in quella serie di manuali di grande successo che caratterizzarono l'immagine della scienza francese all'inizio del XIX secolo. Le opere di Fourcroy riscossero notevoli riconoscimenti grazie alla loro chiarezza espositiva e non sfuggirono certo all'attenzione del fisico piemontese. Negli appunti manoscritti dedicati alla *Philosophie chimique*, Avogadro evidenza questa schematica distinzione: *molécules*

[35] J.K. Bonner, *op. cit.*, pp. 192-197.

[36] J.H. Brooke, *op. cit.*, p. 245.

[37] Alan J. Rocke, *Chemical Atomism in the Nineteenth Century*, Columbus, Ohio State University Press, 1984, p. 99.

[38] Satish C. Kapoor, *Berthollet, Claude-Louis*, in *Dictionary of Scientific Biography*, a cura di Ch. C. Gillispie, 16 voll., New York, Scribner's Sons, 1970-80, II, p. 79.

integrantes = *particules*; *molécules constituantes* = *molécules*,[39] distinzione che corrisponde perfettamente alle indicazioni di Fourcroy sulle particelle della materia. Tale diversificazione molecolare aveva una reale validità quando era applicata alle sostanze composte, ma diventava superflua per i corpi semplici:

> Dal momento che tutte le molecole legate o ravvicinate dalla forza di aggregazione in un aggregato sono della stessa natura chimica, le abbiamo designate con il nome di molecole integranti per distinguerle dalle molecole costituenti che appartengono a quelle degli elementi essenziali da cui è formato un composto, separato mediante l'analisi. Ogni molecola di un composto binario è formata quindi da almeno due diverse molecole, una per ciascun elemento. Questa distinzione è necessaria per tutti i corpi composti conosciuti; non lo è invece per i corpi indecomposti nei quali, considerandoli come semplici, si può ritenere che le molecole integranti siano della stessa natura delle costituenti.[40]

La molecola di un elemento poteva essere quindi contemporaneamente definita come integrante o costituente; questo spiega perché Avogadro utilizzò in maniera equivalente i due aggettivi nell' *Essai* del 1811 ed ipotizzò la divisione delle molecole dei corpi semplici, introducendo una nuova specificazione linguistica. Luigi Cerruti ha compreso molto bene la necessità di tale specificazione. Infatti, «ad Avogadro serviva un termine che evitasse la "degenerazione" linguistica ammessa da Fourcroy a proposito dei "corpi indecomposti". L'analisi chimica di Fourcroy non poteva distinguere fra le intégrantes e le constituantes in un corpo semplice, la reattività chimica di Avogadro doveva distinguere, all'interno delle constituantes che reagivano, delle molécules élémentaires che si ripartissero nelle intégrantes dei prodotti».[41] Fourcroy aveva definito i vari livelli molecolari avvalendosi di una terminologia legata ad una concezione lavoisieriana della materia. In questa prospettiva le molecole integranti o costituenti, pur coincidendo con il limite di divisibilità chimica delle sostanze elementari, non rappresentavano assolutamente l'ultimo inscindibile ordine di particelle della materia:

> I chimici convengono attualmente che se si vogliono intendere per *principi* o elementi le entità semplici e fondamentali che costituiscono le molecole primarie dei corpi, tali enti ci sono assolutamente sconosciuti nel loro numero come nelle loro proprietà, e occuparsene significherebbe affidarsi a delle ipotesi tanto inutili quanto quelle delle monadi o degli atomi.[42]

Nell' *Essai* del 1811 le molecole integranti degli elementi gassosi, non coincidendo con il punto di indivisibilità fisica delle sostanze, risultavano teoricamente

[39] Biblioteca Civica di Torino, Avogadro, *Manoscritti Scientifici*, II, p. 43.

[40] ANTOINE-FRANÇOIS FOURCROY, *Systême des connaissances chimiques, et de leurs applications aux phénomènes de la nature et de l'art*, Paris, 1800, 2 voll., I, p. 65.

[41] L. CERRUTI, *Il luogo del "Sunto"*, in S. CANNIZZARO, *Sunto di un corso di filosofia chimica*, Palermo, Sellerio, 1991, p. 128.

[42] A.-F. FOURCROY, *Philosophie chimique, ou verités fondamentales de la chimie moderne, destinées à servir d'élemens pour l'étude de cette science*, troisième édition, Paris, 1806, pp. 29-30.

scomponibili in altre particelle. Le *molecole elementari*, che rappresentavano il prodotto della scomposizione delle molecole integranti, non possono tuttavia essere considerate le ultime particelle del sistema di Avogadro. Il fisico torinese non pensò mai di attribuire uno «status ontologico» definito alle molecole elementari, che potevano venire identificate soltanto con delle entità matematiche; tali particelle giocavano un ruolo fondamentale nell'interpretazione dei fenomeni, ma non avevano una realtà né fisica né chimica.

Tutto ciò di cui ho parlato fin ora costituisce in sintesi, l'argomento del mio *L'atomo fantasma. Genesi storica dell'ipotesi di Avogadro* (1995). Come scrivevo nella conclusione del libro, «precisando l'effettiva tradizione di ricerca in cui si svolsero le analisi di Avogadro sulla teoria atomica, finora appiattite all'interno di un contesto daltoniano o bertholletiano, ritengo di aver portato alla luce una parte di storia sullo scienziato torinese che ancora non era stata scritta, e credo che questo possa aiutare a comprendere pienamente le modalità della ricezione e della valutazione dell'ipotesi molecolare nell'Ottocento. Probabilmente altri storici, con a disposizione nuove informazioni, o analizzando la storia da un punto di vista diverso, riusciranno ad offrire un'interpretazione dei fatti ancora più ricca e completa. Questo, tuttavia, è un merito della ricerca storica, non un difetto». Sono tuttavia contento del fatto che l'originalità dell'approccio proposto sia stata ritenuta interessante anche a livello internazionale.[43]

Successivamente ho esteso il raggio delle mie indagini allo sviluppo della scienza sabauda nell'arco di tempo che va dalla crisi dell'antico regime alla formazione del Regno d'Italia, naturalmente avendo sempre come filo conduttore l'opera di Avogadro.[44] Avogadro fu attento allo sviluppo delle tecniche sperimentali e ai fondamentali cambiamenti che si stavano verificando in ambito tecnologico a partire dalla rivoluzione industriale di fine Settecento. Consulente scientifico in materia di brevetti dell'Accademia delle Scienze di Torino (di cui fu membro dal 1819), analizzò oltre cento richieste di *privilegio* (così veniva definita la concessione del brevetto) sulle questioni più disparate, dalle macchine per migliorare la filatura della seta ai primi torchi meccanici della stamperia Pomba (la futura UTET), dagli apparecchi aerostatici e sottomarini ai battelli a vapore, invenzione quest'ultima che gli stava molto a cuore e la cui introduzione nello stato sabaudo caldeggiò a più riprese.[45] Per Avogadro gli aspetti teorici dell'indagine fisica e la ricerca delle leggi universali della natura dovevano avere garanzie di piena di piena libertà ed auto-

[43] M. Ciardi, *Amedeo Avogadro's concept of the atom: some new remarks*, «Ambix», XLVIII, 2001, pp. 17-24.

[44] M. Ciardi, *La fine dei privilegi. Scienze fisiche, tecnologia e istituzioni scientifiche sabaude nel Risorgimento*, Firenze, Olschki, 1999.

[45] Per un elenco delle pratiche esaminate da Avogadro si veda. M. Ciardi, *Theory and Technology: The Avogadro Manuscripts at the Turin Academy of Sciences*, «Nuncius», XIII, 1998, pp. 625-656.

nomia; tuttavia il loro sviluppo garantiva non poche opportunità di crescita anche per la tecnologia. Era necessario, inoltre, che i progressi della ricerca fossero strettamente connessi alla didattica. Avogadro nutriva un particolare interesse per il problema della diffusione del sapere scientifico, in relazione alla preparazione di base degli alunni delle scuole primarie e secondarie, preparazione che giudicava essenziale anche per educare ad una ricezione positiva dell'immagine della scienza e della tecnica. E in questo senso si svolse la sua attività all'Università di Torino come docente di Fisica sublime, insegnamento inserito all'interno del corso di Filosofia positiva, destinato soprattutto a formare gli insegnanti delle scuole superiori. Fra il 1837 ed il 1841 il fisico sabaudo pubblicò un manuale universitario, diviso in quattro volumi, e finanziato dal re Carlo Alberto, dal titolo *Fisica de' corpi ponderabili*. *La Fisica* di Avogadro non è strutturata come un manuale tradizionale. Gli elementi del sapere non vengono presentati in maniera assiomatica, attraverso enunciati elementari. La forma è discorsiva, sono presenti ampi cenni storici e, soprattutto, vengono descritte le ricerche in corso e le ipotesi alternative. In questo modo Avogadro intendeva offrire un'immagine della ricerca scientifica aperta e non dogmatica; un'immagine che, del resto, riguardava il suo stesso modo di fare scienza.

Tuttavia, il tentativo di dare un'impronta moderna allo sviluppo della scienza fisica nel Regno di Sardegna, sia sotto il profilo strettamente legato alla ricerca, sia dal punto di vista della crescita tecnologica e culturale, incontrò numerose difficoltà, ed Avogadro non riuscì mai ad avere a disposizione strutture (in particolare laboratori) e finanziamenti tali da poter competere a livello internazionale. Inoltre, con l'avvento, intorno agli anni '40 del XIX secolo, di una nuova classe dirigente di ispirazione positivista, che ebbe naturalmente uno dei suoi principali esponenti in Cavour, la scienza cominciò a perdere il suo ruolo di strumento di conoscenza della realtà, dotato di un alto valore culturale, diventando progressivamente subordinata alle esigenze dell'economia e dell'industria. E iniziando a sostenere l'esigenza di mettersi velocemente al passo con la produzione delle nazioni europee più avanzate, soprattutto acquistando tecnologia, la politica sabauda non vide con chiarezza l'utilità di realizzare un piano di sviluppo a lunga scadenza, che privilegiasse anche la ricerca fisica, quella teorica in particolare.

Detto questo, siamo ben lontani dall'avere un quadro completo dell'attività scientifica ed istituzionale di Amedeo Avogadro. Numerosi sono gli aspetti e le linee di ricerca che potrebbero e dovrebbero essere affrontate. Tanto per fare un esempio, sarebbe necessario indagare con attenzione le ricerche del fisico torinese nell'ambito della capillarità; al tempo stesso la partecipazione di Avogadro alla commissione di statistica è ancora tutta da mettere in luce ed esaminare, così come la sua attività nell'ambito della riforma del sistema metrico decimale. Moltissimo, inoltre, deve essere fatto per ricostruire il contesto storico e scientifico in cui si mosse Avogadro.[46] Personalmente sarei molto felice se altri studiosi volessero dedi-

[46] In questo senso, si veda l'importante contributo presentato da Mostacci nell'ambito di questo convegno. Si veda anche L. CERRUTI, *La cultura scientifica: chimica*, in *Milleottocentoqua-*

carsi al tentativo di illuminare sempre maggiori aspetti di un personaggio dagli interessi così vasti e poliedrici quali furono quelli di Avogadro. Per essere ben comprese le figure dei grandi necessitano di numerosi studi e molteplici analisi da parte degli ambiti dell'indagine storica più disparati, dalla storia economica a quella della tecnologia e delle istituzioni. Purtroppo, nel caso di Avogadro non possiamo fare nessun tipo di paragone, dal punto di vista dei contributi storiografici, non soltanto con grandi della scienza quali Galileo, Newton o Darwin, ma neppure con i protagonisti della storia della chimica moderna e della nascita della teorica atomica, Lavoisier, Dalton e Gay-Lussac.[47]

rantotto. Torino, l'Italia, l'Europa, a cura di Umberto Levra e Rosanna Roccia, Torino, Archivio Storico della Città di Torino, pp. 237-246; Id., *«Concordia discors». I chimici italiani dell'Ottocento, fra politica e scienza*, in *La chimica e le tecnologie chimiche nel Veneto dell'Ottocento*, a cura di Angelo Bassani, Venezia, Istituto Veneto di Scienze, Lettere ed Arti, 2001, pp. 11-72.

[47] Attualmente sto cercando di realizzare un volume relativo alla corrispondenza di Avogadro. Sarò infinitamente grato a tutti coloro che vorranno darmi in proposito utili segnalazioni o suggerimenti. Chi volesse mettersi in contatto con il sottoscritto lo può fare tramite l'indirizzo di posta elettronica: ciardi@philo.unibo.it