ANTONIO DI MEO *

«Le vecchie molecole, i vecchi atomi»: l'ultima battaglia di Stanislao Cannizzaro e la nascita della chimica fisica

«The old molecules, the old atoms»: the last battle of Stanislao Cannizzaro and the origin of physical chemistry

Summary – The origins of the physical chemistry are founded on the wide extension of Avogadro's law (or principle) on which atomic-molecular theory was based in Stanislao Cannizzaro's interpretation. This allowed for the diffusion of such discipline in Italy, despite the influence of Wilhelm Ostwald's theories, which were opposed to such law (or principle).

1. La nascita della chimica fisica, alla fine dell'Ottocento, non avvenne in un unico atto, ma fu il risultato di un lungo e complesso processo di gestazione con numerosi e diversi protagonisti, anche se a cavallo dei secoli XIX e XX vi fu una notevole accelerazione. La tradizione storiografica[1] attribuisce soprattutto a 'tre grandi' la responsabilità di tale baconiano 'parto maschio del tempo': Jacobus Henricus vant'Hoff,[2]

* Università degli Studi di Roma "La Sapienza", Facoltà di filosofia, via Carlo Fea 2, 00161 Roma. E-mail: dimeoantonio@interfree.it

[1] Sulle vicende della chimica fisica vedi M. Jo Nye, *From chemical philosophy to theoretical chemistry*, Berkeley-Los Angeles-London, University of California Press, 1993; A. J. B. Robertson, *Physical Chemistry*, in C. A. Russel (ed.), *Recent developments in the history of chemistry*, London, The Royal Society of Chemistry, 1985; K. J. Laidler, *The world of physical chemistry*, Oxford-New York-Toronto, Oxford University Press, 1993; L. Cerruti, *Bella e potente. La chimica del Novecento fra scienza e società*, Roma, Editori Riuniti, 2003.

[2] Vedi J. H. van't Hoff, *La chimie physique et ses applications*, Paris, Hermann, 1903; Id., *Osmotic Pressure and Chemical Equilibrium*, in *Nobel Lectures. Chemistry 1901-1921*, Amsterdam-London-New York, 1966, pp. 5-10. Su van't Hoff cfr. H. A. M. Snelders, *Van't Hoff, Jacobus Henricus*, in Ch. C. Gillispie (ed.), *Dictionary of Scientific Biography*, New York, Ch. Scribner's Sons, 1981, vol. 13-14, pp. 575-581.

Svante Arrhenius,[3] Wilhelm Ostwald,[4] sul quale torneremo.[5] Fu quest'ultimo, inoltre, a far conoscere i lavori pionieristici (del 1850) di Ludwig Wilhelmy sul calcolo della velocità di reazione e soprattutto i più recenti lavori di un chimico fisico americano allora poco noto, Josiah Willard Gibbs,[6] su una nuova applicazione della termodinamica agli equilibri eterogenei in soluzione.

Anche la chimica fisica si sviluppò in maniera estesa nell'area culturale tedesca, compresa l'Olanda e la Svezia. In quell'area, infatti, essa ebbe una veloce e impetuosa istituzionalizzazione, nonché cospicui finanziamenti, grazie anche alle prevedibili ricadute in campo industriale delle conoscenze ricavate da questa disciplina. A Göttingen, nel 1895, con un ingente investimento, fu fondato il primo istituto di chimica fisica (Institut für Physikalische Chemie und Elektrochemie) diretto da Walther Nernst, scolaro di Ostwald che inizialmente insegnava all'Università di Riga. A questo seguirono altri istituti fra i quali, nel 1898, quello più imponente di Leipzig diretto dallo stesso Ostwald. All'Università di Berlino, prima che ci fosse un apposito istituto (fondato nel 1905) la chimica fisica veniva insegnata da Hans Landolt,[7] Hans Jahn e successivamente dallo stesso van't Hoff come titolari di laboratorio. Gli sviluppi dell'insegnamento della disciplina si ebbero anche in Olanda da collaboratori e allievi di quest'ultimo (nelle Università di Amsterdam, Leida, Utrecht, Delft); in Svezia grazie ad Arrhenius (Uppsala); in Inghilterra (Royal Society di Londra); infine in alcune università americane, quella di Chicago ma soprattutto la Cornell University di Ithaca nello Stato di New York, grazie all'opera di Wilder D. Bancroft e Joseph E. Trevor (allievi di Ostwald).[8] La chimica fisica, in effetti, sarà la disciplina 'ponte' fra alcuni settori più avanzati della scienza europea

[3] Vedi S. Arrhenius, *Development of the theory of electrolitic dissociation*, in *Nobel Lectures. Chemistry 1901-1921*, Amsterdam-London-New York, 1966, pp. 45-58; Id., *Conférences sur quelques thèmes choisis de la chimie physique pure et appliquée*, Paris, Hermann, 1912; Id., *Conférences sur quelques problèmes actuels de la chimie physique et cosmique*, Paris, Gauthier-Villars, 1922. Su Arrhenius cfr. H. A. M. Snelders, *Arrhenius, Svante August*, in Ch. C. Gillispie (ed.), *Dictionary of Scientific Biography*, cit., vol. 1, pp. 296-302.

[4] Su Ostwald v. E. N. Hiebert, H.-G. Körber, *Ostwald, Friedrich Wilhelm*, in Ch. C. Gillispie (ed.), *Dictionary of Scientific Biography*, cit., vol. 15, Supplement I, pp. 455-469.

[5] La comunità scientifica internazionale riconobbe subito il loro valore, infatti tutti e tre questi studiosi vennero insigniti del premio Nobel (1901, 1903, 1909 rispettivamente. Nel 1920 il premio fu vinto anche da Nernst).

[6] J. W. Gibbs, *On the Equilibrium of Heterogeneous Substances*, in *Transactions of Connecticut Academy of Arts and Sciences*, n. 16, 1889, pp. 458 sgg.

[7] Sulle ricerche di Landolt sulla conservazione della massa nelle reazioni chimiche v. L. Cerruti, *Atomi, elementi chimici, etere ponderabile. Modelli ed esperimenti di fine Ottocento*, in P. Tucci (a cura di), *Atti del XVI Congresso nazionale di storia della fisica e dell'astronomia*, Nani, Como, 1997, pp. 267-297.

[8] Vedi R. G. A. Dolby, *The trasmission of two new scientific disciplines from Europe to North America in the late 19th century*, in *Annals of science*, v. 34, 1977, pp. 287-310; J. W. Servos, *Physical chemistry from Ostwald to Pauling. The making of a science in America*, Princeton N.J., Princeton University Press, 1990.

e quella statunitense.[9] Significativo, a questo riguardo, il fatto che alla prima rivista specialistica di chimica fisica europea, la *Zeitschrift für physikalische Chemie*, edita nel 1887 da Ostwald e van't Hoff, farà seguito nel 1896 lo statunitense *Journal of Physical Chemistry*, edito dagli stessi Bancroft e Trevor.

In Francia, dove stava tramontando il dominio (contrastato) di Marcellin Berthelot, icona della scienza e della ideologia scientista della Terza Repubblica, studiosi come François-Marie Raoult, Henry Le Chatelier, ma soprattutto Pierre Duhem[10] e poi Jean Perrin,[11] sebbene sostenitori di approcci tra loro molto diversi, perfino antagonisti, collocarono positivamente in questo nuovo contesto la scienza francese, ma con disponibilità e strutture di gran lunga inferiori a quelli della Germania (nel 1904 venne pubblicato anche a Parigi un *Journal de chimie physique*).

2. In Italia la chimica fisica si sviluppò inizialmente sotto l'influenza paradigmatica della teoria atomico-molecolare e della epistemologia di Stanislao Cannizzaro. Questi, infatti, morì nel 1910 all'età di 84 anni, e quindi ebbe tutto il tempo di assistere agli esordi impetuosi della nuova disciplina e di vigilare che non entrasse in rotta di collisione con il maggiore contributo da lui dato alla chimica teorica della metà del XIX secolo. Soprattutto la sua scuola, infatti, si dedicò a ricerche che continuavano, innovando, il calcolo dei pesi molecolari delle sostanze non facilmente riducibili allo stato vapore o gassoso, mediante i metodi crioscopici inaugurati da Raoult (in particolare da parte di Emanuele Paternò e Raffaello Nasini) o delle sostanze colloidali, settore di studio già inaugurato in Italia dai pionieristici studi di Francesco Selmi (ancora Paternò).

Altri campi di intervento furono lo studio del potere rotatorio e del potere

[9] *Ibidem*.

[10] Pierre Duhem sarà uno dei protagonisti, come scienziato, storico e filosofo della scienza, del dibattito sulla nascente chimica fisica, soprattutto sul suo versante termodinamico. Vedi P. Duhem, *Une science nouvelle: la chimie physique*, in *Revue philomathique de Bordeaux et du Sud-Ouest*, 1899, pp. 205-219, 260-280. Su Duhem v. R. Maiocchi, *Chimica e filosofia. Scienza, epistemologia, storia e religione nell'opera di Pierre Duhem*, Firenze, La Nuova Italia, 1985; P. Brouzeng, *Duhem. Science et providence*, Paris, Belin, 1987. Gli scritti di Duhem, tra l'altro, saranno continuamente presenti – molto più degli altri chimici fisici europei – nei primi numeri del *Journal of Physical Chemistry*. Sui rapporti fra teorie scientifiche ed epistemologia in Francia a cavallo fra i secoli XIX e XX vedi M. Panza, J.-C. Pont (eds.), *Les savants et l'épistémologie vers la fin du XIXème siècle*, Paris, Blanchard, 1995.

[11] Jean Perrin interverrà più volte sullo statuto della chimica fisica e sui suoi rapporti con le due scienze che essa mette in comunicazione in modo nuovo. Vedi J. Perrin, *Chimie physique*, in AA.VV., *De la méthode dans les sciences*, Paris, Alcan, 1919; Id., *La chimie physique*, in AA.VV., *L'orientation actuelle des sciences*, Paris, Alcan, 1930. Egli, ancora, scrisse un importante *Traité de chimie physique*, Paris, Gauthiers-Villars, 1903. Con i suoi studi sul moto browniano Perrin diede un contributo decisivo all'affermazione sperimentale della teoria atomico-molecolare e alla determinazione del numero di Avogadro (v. *Les atomes*, Paris, 1913). Più in generale v. M. Charpentier-Morize, *Perrin. Savant et homme politique*, Paris, Belin, 1997.

rifrangente delle sostanze organiche (Giovanni Carnelutti, Nasini, ma prima ancora Arnaldo Piutti); la fotochimica (Giacomo Ciamician, Paternò); l'elettrochimica (Arturo Miolati, Adolfo Bartoli, Giacomo Carrara e Mario Giacomo Levi); lo studio sui volumi molecolari (Roberto Schiff); le soluzioni solide (Giuseppe Bruni) e così via. Infine, molta attenzione sconfinante addirittura in un convinto plauso, avevano ricevuto le ricerche di Dmitrij Ivanovič Mendeleev – considerato dai più un precursore della chimica fisica – sulla classificazione degli elementi, e alcuni degli allievi di Cannizzaro avevano lavorato ad approfondire tale classificazione alla luce delle scoperte successive. È noto che Mendeleev aveva potuto elaborare la sua celebre tavola grazie all'esattezza del calcolo dei pesi atomici col metodo delle densità di vapore utilizzato da Cannizzaro.

Bisogna dire, inoltre, che il carattere dominante nella chimica italiana del punto di vista di Cannizzaro, relativamente flessibile sia dal punto di vista strettamente scientifico che da quello epistemologico, come vedremo, contribuì non poco alla ricezione in Italia anche della meccanica statistica e, più in generale, dell'approccio statistico nello studio delle reazioni chimiche, perché proprio le ricerche di Rudolf Clausius, di Kroenig, di James C. Maxwell, di Ludwig Boltzmann, sul calore e sulla realtà molecolare, avevano continuamente confermata la validità del principio di Avogadro, sul quale era centrata la struttura del nuovo atomismo 'molecolarista' cannizzariano, più propriamente *fisico* che *chimico*. La meccanica statistica, e la possibilità di una sua conciliazione con i principi e le leggi della termodinamica, sarà uno dei centri principali dello scontro filosofico e scientifico a cavallo dei secoli XIX e XX.

Del resto, un settore molto importante della nascente chimica fisica, la *teoria delle soluzioni*, si presentava, in realtà, come una estensione alle soluzioni liquide diluite del principio di Avogadro per lo stato gassoso, e quindi, anche per questo, la nuova disciplina trovò nella comunità chimica italiana un terreno molto favorevole.

Come affermerà van't Hoff nelle sue lezioni all'Università di Chicago del 1901, la nuova chimica fisica non si limitava a trattare singoli problemi chimici con mezzi, metodi e strumenti fisici, quanto nell'«établissement de principes généraux qui fécondent le domaine entier de la science et seront en grande partie le point de départ des développement futurs de la chimie … Il s'agit essentiellement de deux principes fondamentaux, sur le quels repose la chimie physique actuelle: l'extension de la loi de Avogadro et les lois de la Thermodinamique».[12]

Lo stesso Arrhenius, nella sua Nobel Lecture del 1903, *Development of the theory of electrolitic dissociation*, sosteneva che era stata la possibilità di estendere alle soluzioni la legge di Avogadro la chiave di volta della nuova disciplina, allo sviluppo della quale aveva tanto contribuito coi suoi studi sulla dissociazione elettrolitica, riconoscendo esplicitamente il ruolo di Cannizzaro nel riconoscimento della

[12] J. H. van't Hoff, *La chimie physique et ses applications*, cit., pp. 14-15.

verità di quella legge a proposito delle teorie della chimica organica e della moderna teoria atomica:

> «The law of multiple proportions is one of the foundations on which modern chemistry is built. Another such is Avogadro's law which states that equal volumes of different gases at same temperature and pressure contain the same number of molecules. This theory, which dates from the beginning of the ninenteenth century, first met with strong opposition and it was its great value in explaining the new discoveries within the rapidly expanding field of organic chemistry that resulted in its universal adoption in the middle of last century after Cannizzaro had acted vigorously in its favour».[13]

Molto scettiche, invece, erano state le posizioni di Cannizzaro e di alcuni suoi collaboratori (in particolare il viennese Adolf Lieben) rispetto alle teorie *strutturali* della chimica organica, comprese quelle che poi saranno chiamate *stereochimiche*, e che, a partire dalle ricerche di Louis Pasteur, avevano rappresentato in realtà un ulteriore sostegno alle idee discretiste e discontinuiste sulla struttura ultima dei corpi naturali, e come tali venivano considerate – anche polemicamente – da molti scienziati.[14] Vant'Hoff, che fu uno dei fondatori della stereochimica, così intendeva il contributo delle sue ricerche sul carattere spaziale, tridimensionale, della struttura delle molecole, ritenute anch'esse di tipo fisico:

> «L'existence des atomes, bien que simple déduction indirecte des phénomènes chimiques, paraissait solidement établie, appuyée qu'elle était par la conception de la molécule, qui résulte principalement de considérations d'ordre physique. Les détails des relations réciproque des atomes dans la molécule étaient connus, ou tout au moins leur connaissance pour les corps nouveaux ou plus compliqués n'était qu'une question de temps...La stéréochimie nous conduit au moins à ce résultat que, l'existence des atomes étant admise, on peut connaître, non seulement leurs liasons réciproques, mais encore leurs positions relatives dans la molécule. Le symbole précédent de l'alcool méthylique devient maintenant une figure dans l'espace, avec le carbone au centre d'un tétraèdre dont les sommets sont occupés par les trois atomes d'hydrogène et par le groupe oxydrile (OH)».[15]

Posizione, questa, molto diversa da questa cannizzariana contenuta nel *Discorso Faraday* del 1872, *Sui limiti e sulla forma dello insegnamento teorico della chimica*, nella quale il chimico italiano ribadiva la sua posizione secondo la quale l'unica proprietà essenziale, costitutiva, degli atomi e delle molecole era la *ponderabilità*, e in questa convinzione egli condivideva – insieme a Mendeleev – i fondamenti della teoria atomica di Dalton. Di qui il rifiuto della geometrizzazione strutturale di questi

[13] S. Arrhenius, *Development of the theory of electrolitic dissociation*, cit., p. 46.

[14] Ho trattato alcuni aspetti 'filosofici' del problema presenti nella scuola cannizzariana in A. Di Meo, *La chimica nel Mezzogiorno d'Italia*, in *Atti del Convegno su Personaggi e istituzioni scientifiche nel Mezzogiorno dall'Unità d'Italia ad oggi*, Avellino 28-29 novembre 2003, Roma, Accademia Nazionale delle Scienze detta dei XL, Scritti e documenti, vol. XXXIV, 2004, pp. 83-129.

[15] J. H. van't Hoff, *La chimie physique et ses applications*, cit., pp. 7-8.

enti, poiché tali ipotesi spaziali servivano, a suo parere, piuttosto a risolvere questioni di tipo *fisico* (come la diversa rotazione della luce polarizzata) che chimico:

> «Se alle ultime particelle della materia si sono attribuite altre proprietà oltre la ponderabilità, se si volle farsene delle imagini nello spazio, non si fece questo per rendersi conto della classe di fenomeni che la chimica studia direttamente, ma per interpretare i fenomeni fisici, ma le teorie di questi fenomeni non sono ancora stabilite in modo abbastanza solido perché si possano intrecciare con legami indissolubili ai concetti chimici».[16]

A proposito, poi, della teoria della valenza e del dibattito che essa aveva generato, e del quale era stato diretto testimone, ribadiva la stessa posizione convenzionalista rispetto ai modelli molecolari, che ci fa comprendere anche come valutasse le idee di Friedrich August Kekulé sull'anello benzenico e quelle di Wilhelm Koerner sulle diverse posizioni dei sostituenti nell'anello benzenico (*orto*-, *meta*-, *para*-):

> «Bisogna soprattutto evitare che gli allievi si facciano della causa della valenza degli atomi un concetto fisico e geometrico; bisogna ricordare ad essi sovente che i fatti chimici non dimostrano e non contraddicono nulla sulla grandezza, la forma, la continuità, la distanza e la disposizione relativa degli atomi. Se qualche volta siamo obbligati impiegare l'espressione '*posizione relativa degli atomi nelle molecole*' ed anche di rappresentare queste posizioni con figure schematiche, bisogna affrettarsi ad avvertire che questi non sono se non artificii dello spirito destinati ad *esprimere nel linguaggio della vista* ciò che, in realtà, noi non percepiamo se non attraverso le trasformazioni; ma che noi ignoriamo interamente quello che corrisponde a ciò che chiamiamo *posizione* sia nello spazio, sia nelle azioni delle differenti parti della materia».[17]

I modelli, quindi, erano solo descrizioni secondo un linguaggio non verbale, visivo. Non che essi, o le ipotesi, non fossero utili; solo che non si poteva attribuir loro un carattere ultimo di verità: le ipotesi, anche le più estreme, per Cannizzaro potevano servire ai ricercatori nel processo della scoperta, per far avanzare *provvisoriamente* la scienza, ma l'insegnante, doveva evitare accuratamente di «immobilizzare lo spirito degli studenti in ipotesi passeggere e transitorie».[18] Una cosa, quindi, era la strumentazione mentale adoperata nel processo della scoperta, altra cosa quella adoperata nel processo della esposizione e dell'insegnamento, dove le ipotesi e i modelli dovevano essere sottoposti a un severo vaglio sperimentale e storico-critico.

Tuttavia, stando al resoconto delle lezioni di chimica organica tenute da Cannizzaro nell'anno accademico 1896-1897, le teorie stereochimiche di Le Bel e van't Hoff e quelle sulla isomeria ottica di Louis Pasteur venivano da lui ampiamente insegnate ai suoi studenti: probabilmente dopo la pubblicazione, nel 1874, dei lavori di van't Hoff e Le Bel sulla 'chimica nello spazio', le iniziali diffidenze can-

[16] S. Cannizzaro, *Sui limiti e sulla forma dello insegnamento teorico della chimica*, in S. Cannizzaro, *Scritti intorno alla teoria molecolare ed atomica ed alla notazione chimica*, cit., p. 320.

[17] *Ivi*, pp. 326-327. Secondo corsivo mio.

[18] *Ivi*, p. 327.

nizzariane si erano attenuate, anche se non erano mutate nella loro motivazione di fondo,[19] ma su questo torneremo più avanti.

3. Se nel resto dell'Europa *savante* la chimica fisica non tardò ad affermarsi, anche strutturalmente, grazie all'opera di personalità di grande livello e alla politica lungimirante dei governi, in Italia, malgrado vi fosse una situazione *teoricamente* favorevole, la sua istituzionalizzazione e la sua stabilizzazione, risentì notevolmente della tradizionale arretratezza delle strutture scientifiche nazionali, soprattutto nei confronti del modello tedesco, come denuncerà lo stesso Cannizzaro, in un discorso al Senato del Regno in occasione della discussione del 17 giugno 1890 sull'ipotesi di trasformare l'Istituto chimico romano in scuola di perfezionamento in chimica.

In questa occasione, infatti, egli si chiedeva retoricamente: «Perché coloro che si sono dedicati alla chimica trovano tanto giovamento a recarsi a Berlino a compiere i loro studi?».[20] La risposta sarà che all'Università di Berlino vi era un numero notevole di docenti, diversamente inquadrati, ognuno dei quali insegnava solo una delle sottodiscipline delle quali ormai si componeva la chimica – fra cui, principalmente, la chimica fisica – e vi era poi un coordinamento efficace fra i diversi insegnamenti. Questa non era una situazione diffusa in Italia, salvo Roma, dove, quindi, si trattava di perfezionare ed estendere con mezzi adeguati ciò che già lo stesso Cannizzaro aveva iniziato:

> «In Roma abbiamo incominciato ad accrescere il numero degli insegnamenti di chimica per preparare l'attuazione del disegno del ministro … Così, oltre i due corsi distinti di chimica generale e di chimica organica dati dal professore ordinario, nell'istituto chimico di Roma si fanno per incarico ufficiale un corso di fisicochimica ed uno di analisi minerale, ed a titolo privato [alla maniera del *privatdozent* tedesco] un corso di chimica tossicologica. Pochi anni fa, uno degli assistenti faceva inoltre per incarico un corso di spettroscopia ed a titolo privato un corso di quella parte di chimica organica che il professore ufficiale non potea trattare estesamente. Ma questo assistente, atteso il gran numero delle nostre università, trovò subito un posto di professore ed abbandonò l'istituto chimico».[21]

Tuttavia, anche dal punto di vista istituzionale la situazione italiana era in movimento, sebbene lento rispetto al resto dell'Europa scientifica e anche degli Stati Uniti. Nel 1887-1888 Nasini – che appunto si era specializzato a Berlino sotto la guida di Landolt – su sollecitazione di Cannizzaro, poté tenere un corso libero di chimica fisica all'Università di Roma, che poi fu replicato l'anno successivo per incarico. Successivamente a quella romana, venne istituita solo una cattedra di chimica

[19] E. De Righi, I. De Justis (a cura di), *Chimica organica secondo le lezioni del prof. S. Cannizzaro. Roma 1896-1897*, Roma, Litografia C. Avvocati, 1896, pp. 142sgg., 176 sgg.

[20] S. Cannizzaro, *Intervento nella Discussione sul progetto di legge: Stato di previsione della spesa del Ministero dell'istruzione pubblica per l'esercizio finanziario 1890-91*, in *Atti della Camera dei senatori*, legislatura XVI, IV sessione 1889-90, tornata del 17 giugno 1890, p. 1190.

[21] *Ivi*, pp. 1190-1191.

fisica all'Università di Pisa, nella quale si trasferì lo stesso Nasini, mentre a Torino e Firenze venivano tenuti dei corsi liberi. Per l'elettrochimica – sempre agli inizi del Novecento – le cose andavano un po' meglio: due cattedre con laboratorio ai Politecnici di Milano e Torino e un insegnamento alla Scuola di applicazione di Napoli.

Situazione comunque modesta, soprattutto dal punto di vista delle possibilità di fare ricerca, tanto è vero che nella prolusione al suo corso pisano del 1907, *La chimica fisica, il suo passato, quello che è e quello che si propone*, Nasini denunciava l'ennesima maniera tipicamente italiana di ritenere che la scienza fosse solo *discorso* e non *esperimento* (e quindi bisognosa di risorse), idea che successivamente sfocerà nella retorica del 'genio' italico che, sebbene con pochi mezzi e fra grande difficoltà materiali, era tuttavia in grado di produrre illuminanti risultati:[22]

> «La chimica fisica, in virtù degli ultimi regolamenti speciali per la facoltà di Scienze, è dichiarata materia obbligatoria di esame là dove ne esiste l'insegnamento ufficiale. La Facoltà di Scienze di Roma ha domandato l'istituzione di una cattedra da mettersi a concorso per il posto di straordinario, ed il Consiglio superiore dell'istruzione ha approvato questa proposta. È sperabile che, se la nomina si fa, si costruirà anche un laboratorio. Fuori di Italia i laboratori speciali per la Chimica fisica sono numerosissimi ed ogni giorno se ne costruiscono dei nuovi, di mano in mano che si costituiscono le cattedre. Quanto all'elettrochimica, in Germania questo insegnamento è diventato obbligatorio in tutti i Politecnici. In Italia, anche dove c'è l'insegnamento, esso non è obbligatorio e così, data la natura delle nostre scuole di Applicazione, riesce presso a poco inutile».[23]

Nasini, in effetti, sarà uno dei sostenitori più decisi, sebbene non unico, come vedremo, dello sviluppo in Italia di questa disciplina. Colla sua attività di ricerca, con il suo insegnamento, ma anche con una incessante attività editoriale, tesa a far conoscere ai chimici italiani gli sviluppi della disciplina.

Un indice della diffusione di tale conoscenza può essere rilevato innanzitutto da un punto di vista quantitativo generale, cioè attraverso la presenza nelle biblioteche italiane delle opere dei protagonisti stranieri sopra citati. Dal catalogo dell'Istituto Centrale del Catalogo Unico (ICCU) risulta, infatti, che di esse sono presenti 144 titoli di Ostwald (compresi quelle storici, filosofici e di classici della chimica da lui pubblicati), in maggioranza nell'originale tedesco, altri sono traduzioni francesi, altri ancora (i più divulgativi) in varie edizioni in italiano;[24] 94 titoli di

[22] Cfr. su questo R. Maiocchi, *Gli scienziati del Duce. Il ruolo dei ricercatori e del CNR nella politica autarchica del fascismo*, Roma, Carocci, 2003; M. Di Giovanni, *Scienza e potenza. Miti della guerra moderna, istituzioni scientifiche e politica di massa nell'Italia fascista. 1935-1945*, Torino, Silvio Zamorani, 2005.

[23] R. Nasini, *La chimica fisica. Il suo passato, quello che è e quello che si propone*, Padova, Draghi, 1907.

[24] W. Ostwald, *Elementi scientifici di chimica analitica*, sulla 3ª ed. tedesca, trad. di A. Bolis, Milano, Hoepli, 1901; Id., *Come s'impara la chimica*, trad. di G. Andreoni, Torino, Fratelli Bocca, 1908 (2ª ed. 1913, 3ª ed. 1921); Id., *Come si studiano i corpi*, trad. di G. Andreoni, Torino, Fratelli Bocca, 1908 (2ª ed, 1922); Id., *Scuola di chimica*, trad. G. Andreoni, Torino, Bocca, 1908; Id.,

Duhem (anche in questo caso compresi quelli storici e filosofici: le traduzioni italiane sono di quest'ultimo tipo e recenti); 35 di Arrhenius (compresi quelli di filosofia della Natura), alcuni più generali tradotti anche in italiano;[25] 23 di van't Hoff (nessuno tradotto in italiano); 40 di Nernst (nessuno tradotto in italiano); 4 di Raoult (nessuno tradotto in italiano).

Nel 1907 apparve a Bologna, per l'editore Nicola Zanichelli, l'importante rivista di sintesi scientifica *Scientia*, nel cui comitato di direzione composto da scienziati di varie discipline (A. Dionisi, Federico Enriques, Andrea Giardina, E. Rignano, G. Jona) era presente il chimico Bruni, il quale, in tutti i numeri, fu un attento cronista della produzione internazionale e italiana nel campo della chimica fisica, nonché autore di scritti sull'argomento.[26] Non solo, poiché in questa rivista – che raccoglieva il meglio della produzione scientifica e di filosofia e storia della scienza mondiale – apparvero sistematicamente articoli originali di chimica fisica, scritti dai suoi protagonisti: il numero 1, infatti, si apriva con un saggio di Ostwald intitolato *Intorno all'energetica moderna*[27] al quale ne seguirono altri.[28] Furono pubblicati, poi, scritti di Arrhenius[29] e di Nernst.[30] Inoltre, in molti articoli di altri scienziati – chimici come Ciamician o fisiologi come Filippo Bottazzi, pioniere in Italia dell'applicazione della chimica fisica alla fisiologia[31] – si trattava esplicitamente delle innovazioni apportate dalla chimica fisica alle loro discipline più in generale.[32]

A partire dal 1896 Bruni era stato collaboratore a Bologna di Ciamician; poi,

Misure chimico-fisiche: teoria e pratica, 1ª trad. it. Sulla 4ª ed. tedesca di R. Stratta, Milano, Hoepli, 1930; Id., *I fondamenti della chimica inorganica*, trad. di F. Giolitti, Milano, Vallardi, 1903 (2ª ed. 1909); Id., *Discorso sulla catalisi, tenuto ad Amburgo al 73° Congresso dei naturalisti il 26 settembre 1901*, trad. G. Zanichelli, Pavia, Tipografia Cooperativa, 1904; Id., *Elementi scientifici di chimica analitica*, trad. A. Bonolis, Milano, Hoepli, 1914.

[25] S. Arrhenius, *Il divenire dei mondi*, trad. di A. Levi, Milano, Società Editrice Libraria, 1909 (2ª ed. 1921); Id., *Le leggi quantitative della chimica biologica*, trad. G. Tocco, Milano, Sonzogno, 1922.

[26] Fra i quali G. Bruni, *Le soluzioni solide* (1908, n. 3); *La chimica fisica nei suoi rapporti colle scienze biologiche* (1909, n. 3); *L'opera di J. H. van't Hoff* (1911, n. 3). Questo scritto fu anche pubblicato a parte (Bologna, Zanichelli, 1911), con una edizione francese (*L'oeuvre de J. H. van't Hoff*, Bologna, Zanichelli, 1911).

[27] W. Ostwald, *Intorno all'energetica moderna*, in *Scientia*, vol. 1, n. 1, 1907, pp. 16 sgg.

[28] Nel 1911 (n. 5) *Der Wille und seine physische Grundlegund*; nel 1912 (n. 5) *Ueber Organisation und Organisatoren. I Teil: Allgemeine Theorie*; (n. 6) *Ueber Organisation und Organisatoren. II Teil: Moderne Probleme*.

[29] 1909, n. 2, *Die Unendlichkeit der Welt*; 1911, n. 2, *Ueber den Ursprung des Gestirnkultus*; 1914, n. 2, *Das Milchstrassenprobleme*.

[30] W. Nernst, *Sur quelques nouveaux problèmes de la théorie de la chaleur*, 1911, n. 4.

[31] F. Bottazzi, *Elementi di chimica fisica applicata alla fisiologia: per medici e naturalisti*, Milano, SEI, 1906.

[32] Vedi G. Ciamician, *Problemi di chimica organica*, 1907, n. 1; *La fotochimica dell'avvenire*, 1912, n. 6; F. Bottazzi, *La chimica fisica e la fisiologia*, 1909, n. 3.

nel 1908, divenne professore di chimica fisica a Padova, al posto di Nasini trasferitosi a Pisa. Nel frattempo, nel 1901, era andato a perfezionarsi nel laboratorio berlinese dello stesso van't Hoff, dove aveva continuato le sue ricerche sulle soluzioni solide[33] (campo di studi iniziato appunto dal chimico olandese) ottenendo grandi riconoscimenti da parte di quest'ultimo e di Ostwald. Ai primi del Novecento la sua produzione scientifica in campo chimico fisico fu notevole, anche per le ricadute industriali, soprattutto nel settore della vulcanizzazione della gomma. Bruni, infatti, nel 1917 fu chiamato ad insegnare chimica generale e inorganica al Politecnico di Milano e a dirigere il Laboratorio di chimica e di chimica fisica della Società Pirelli. Suo è uno dei primi trattati in italiano di chimica fisica, ricavato dalle sue lezioni dell'anno accademico 1907-1908.[34]

4. Fra i fondatori della chimica fisica, senza dubbio Ostwald ebbe una notevole (sebbene contrastata) influenza nella ricezione italiana delle novità di questa disciplina,[35] come dimostra il brano che segue, tratto dalla prolusione di Nasini del 1907 già citata: in esso si eleva il *Lehrbuch der allgemeinen Chemie* finito di scrivere da Ostwald nel 1884 ma pubblicato nel 1885, a paradigma stesso dei successivi sviluppi della chimica fisica:

> «A me piace di fissare nel 1884 il rinnovellarsi, il risorgere della chimica fisica, intesa nel senso moderno, come vera chimica generale. In quest'anno l'Ostwald cominciò a pubblicare il suo celebre trattato, il trattato di chimica generale. Questo libro scritto in forma sommamente attraente riuniva in un corpo di dottrine, che egli chiamò di chimica generale, tutto quello che si sapeva, dando alla materia tanto sparsa un ordine perfettamente logico, cosicché dalla conoscenza delle leggi fisiche e delle proprietà fisiche si passa insensibilmente alle applicazioni della fisica alla chimica e alle trasformazioni chimiche, di ogni teoria esponendo in forma elegante e succinta la storia. Ed era poi un trattato di indole critica: in esso si faceva ragione di molte presunte leggi, di molte presunte regolarità; si mostravano tutte le deficienze di alcune teorie, si facevano vedere le mancanze di rigore, gli errori di ragionamento, gli attentati contro al sano metodo. Si additava la via ai nuovi lavori, si diceva in qual modo dovessero completarsi i già iniziati: si faceva intravedere che c'erano nuovi campi fruttuosi di indagine. Pochi trattati io credo, in qualsiasi disciplina, hanno avuto un effetto così grande, così immediato e così

[33] G. Bruni, *Soluzioni solide e miscele isomorfe*, Roma, Tipografia della Reale Accademia dei Lincei, 1899; Id., *Soluzioni solide fra composti a catena aperta*, Parma, Battei, 1899; Id., *Ueber feste lösungen*, Stuttgart, Enke, 1901; Id. (con M. Amadori), *Sulle soluzioni solide delle jodio in alcuni idrocarburi ciclici*, Venezia, Ferrari, 1911; Id. (con M. Amadori), *Sul calore di formazione delle soluzioni solide*, Venezia, Ferrari, 1911; Id., *Soluzioni solide e colloidi*, Padova, Randi, 1911; Id., *Feste losungen und isomorphismus*, Leipzig, Akademie Verlagsgesellschaft, 1908.

[34] G. Nadalini (a cura di), *Lezioni di chimica fisica tenute dal prof. Giuseppe Bruni nell'anno accademico 1907-1908*, raccolte e redatte per cura di Giovanni Nadalini, Padova, Milani, 1908.

[35] Tale contrasto può essere anche evidenziato dal fatto che mentre van't Hoff e Arrenhius divennero soci della Reale Accademia Nazionale dei Lincei, rispettivamente nel 1901 e nel 1911, Ostwald non lo divenne mai.

duraturo come quello dell'Ostwald. Io vi assicuro che per tutti fu una vera rivelazione; e fu un vero riposo per le nostre intelligenze di aver finalmente un libro che potesse guidarci, che ci mostrasse il nesso di tante e tante ricerche importantissime, che appunto, perché ignorate o non comprese, erano rimaste infruttuose».[36]

Lo scienziato tedesco, infatti, esercitò un indubbio fascino nei chimici del nostro paese, alcuni dei quali, i più giovani, si erano formati in area tedesca, allora indubbiamente all'avanguardia e quindi egemonica nella chimica e nelle altre scienze sperimentali. Uno di questi, Aldo Mieli, avevano soggiornato nel suo laboratorio di Lipsia. Egli, che era anche uno storico della chimica collaboratore assiduo di *Scientia*, subì a tal punto il fascino di Ostwald da far proprio non solo il suo programma scientifico di ricerca – cinetica chimica e catalisi – ma anche quello storiografico ed epistemologico o di filosofia della Natura, la qual cosa lo condusse a sostenere idee radicalmente avverse a quelle della scuola cannizzariana, sebbene da questa tollerate o addirittura veicolate.[37] In effetti Ostwald, grazie alla sua eccezionale capacità di lavoro – scientifico, storico, filosofico, organizzativo – è stato il vero *deus ex machina* dell'affermazione mondiale della chimica fisica, che portava agli esiti più coerenti un programma già presente nella chimica ottocentesca, soprattutto negli studi della meccanica chimica, cioè la trasformazione di questa scienza da sapere classificatorio a sapere nomotetico e rigoroso. Come sostiene Servos nella sua ricostruzione storica:

«His [di Ostwald] program for reforming chemistry, as it evolved in the 1880s and 1890s, may be simply stated: he sought to redirect chemists' attention from the substances participating in chemical reactions to reactions themselves. Ostwald thought that chemists had long overemphatized the taxonomic aspects of their science by focusing too narrowly upon the composition, structure, and properties of the species involved in chemical processes. He recognized that this approach had considerable power, as amply demonstrated by the rapid growth and achievements of organic chemistry. Yet for all of its success, the taxonomic approach to chemistry left questions regarding the rate, direction, and yeld of chemical reactions unanswered. To resolve these questions and to promote chemistry from the ranks of the descriptive to the company of analytical sciences, Ost-

[36] R. Nasini, *La chimica fisica. Il suo passato, quello che è e quello che si propone*, cit., pp. 31-32.

[37] Vedi A. Mieli, *Per un nuovo concetto di elemento*, in *Atti della R. Accademia dei Lincei. Rendiconti*, s. V, vol. XVII, 1908. Questo articolo fortemente critico della teoria atomico-molecolare era stato presentato dal socio linceo Emanuele Paternò, allievo e successore di Cannizzaro. Su Mieli storico della scienza v. F. Abbri, *L'opera di Lavoisier nell'interpretazionedi Aldo Mieli*, in *Annali dell'Istituto e Museo di Storia della Scienza di Firenze*, VII, 1982, pp. 71-82; A. Di Meo, *Aldo Mieli e la storia della scienza in Italia*, in *Archives Internationales d'Histoire des Sciences*, XXXVI, 1986, pp. 337-381; Id., *Aldo Mieli: la storia della scienza tra «programma nazionale» e «internazionalismo»*, in *Cultura ebraica e cultura scientifica in Italia*, a cura di A. Di Meo, Roma, Editori Riuniti, 1994, pp. 211-220; C. Pogliano, *Aldo Mieli storico della scienza*, in *Belfagor*, XXXVIII, 1983, pp. 537-557; L. Tosi, *La trayectoria de Aldo Mieli en el Centre International de Synthèse*, in *Saber y tiempo*, I, 1997, n. 4, pp. 449-462.

wald believed chemists would have to study the conditions under which compounds formed and decomposed and pay attention to the problems of chemical affinity and equilibrium, mass action and reaction velocity».[38]

Questa influenza sull'ambiente scientifico del nostro paese può risultare anche dall'esame di quello che può essere considerato il trattato più ampio di chimica di autori italiani ai primi del Novecento, ossia il primo volume della *Nuova Enciclopedia di Chimica scientifica, tecnologica e industriale* diretta dal chimico (e storico della chimica) dell'Università di Torino Icilio Guareschi e intitolato significativamente *Chimica generale e chimica fisica* e che consta di ben 1200 pagine.[39] Il vero protagonista di questo volume era Nasini che vi parteciperà con tre capitoli fondamentali: *Generalità e leggi fondamentali della chimica* (cap. I), *Stati di aggregazione* (cap. II), *Relazioni fra le proprietà fisiche e la composizione dei corpi* (cap. VII). Gli altri capitoli erano così suddivisi: Felice Garelli, *Stechiometria delle soluzioni o miscele fisiche* (cap. III) e *Determinazione dei pesi molecolari* (cap. IV); Augusto Piccini, *Determinazione dei pesi atomici* (cap. V); Stefano Pagliano, *Termochimica* (cap. VI); Giacomo Carrara, *Elettrochimica* (cap. VI); Antonio Piccinini, *Fotochimica* (cap. VI); A. Reychler, *Meccanica chimica* (cap. VI); Arrigo Mazzucchelli, *Stereochimica* (cap. VIII); Bernardo Dessau, *La nuova teoria della materia e le sue basi sperimentali* (cap. IX); Icilio Guareschi, *Generalità sugli elementi e loro composti. Acidi, basi, sali* (cap. X).

5. Ma, se le posizioni di van't Hoff e di Arrhenius convergevano nella conferma della teoria atomico-molecolare sostenuta da Cannizzaro, la stessa cosa non si può dire di quelle di Ostwald, che, a partire dal 1891, entrarono sempre più in rotta di collisione con quella teoria e, più in generale, con quelle dei sostenitori, chimici e fisici, del molecolarismo e dell'atomismo tardo-ottocentesco.

Le vicende sono assai note, e più volte narrate, anche dai protagonisti, oltre che dagli storici:[40] nel 1891 alla Società Reale di Sassonia Ostwald aveva presentato due memorie sulla energetica poi pubblicate nella sua *Zeitschrift für physikalische Chemie*.[41] Successivamente, nel 1895, al Congresso di Lubecca dei naturalisti e dei medici tedeschi, davanti a un uditorio che comprendeva scienziati come Max Planck, Boltzmann, Nernst, tenne una conferenza dal titolo provocatorio *Die*

[38] J. W. Servos, *Physical chemistry from Ostwald to Pauling*, cit., pp. 3-4.

[39] *Nuova Enciclopedia di Chimica scientifica, tecnologica e industriale*, diretta da Icilio Guareschi, *Chimica generale e chimica fisica*, vol. I, Torino, Unione Tipografico Editrice, 1906.

[40] Una delle ultime narrazioni è quella di J. Servos, *Atomi, molecole, ioni*, in *Storia della scienza*, a cura di S. Petruccioli, Roma, IEI, 2004, vol. VIII, pp. 343-354.

[41] Su questo vedi anche P. Mirone, *La teoria energetica di Ostwald*, in *Atti del V Convegno nazionale di Storia e fondamenti della chimica*, a cura di G. Marino, in *Memorie di scienze fisiche e naturali*, vol. 111, «Rendiconti della Accademia Nazionale delle Scienze detta dei XL», s. V, v. XVII, p. II, t. II, 1993, pp. 259-267.

Überwindung des wissenschaftliche Materialismus ovvero *Il superamento del materialismo scientifico*, nel quale si sosteneva appunto che i due principi della termodinamica e la nascente chimica fisica rendevano possibile una scienza indipendente dalle ipotesi sulla struttura ultima della materia di tipo atomistico e molecolare (cioè di entità non osservabili) come quella sostenuta dalla teoria cinetica dei gas o dalla chimica (soprattutto dalla chimica organica), nonché dello stesso concetto di *materia*, a favore di una concezione *energetista*, fondata cioè sul carattere misurabile delle energie in gioco nei fenomeni fisici e chimici.

Il carattere provocatorio di questo intervento fu accentuato dalla sua traduzione francese nella *Revue générale des sciences* (n. 21, 1895), che si intitolava infatti *La défaite de l'atomisme contémporain* ovvero la *disfatta*, e non il più hegeliano *superamento*, dell'*atomismo* e non del più generale-generico *materialismo*. Questo titolo non era stata autorizzato da Ostwald, che avrebbe preferito il meno aggressivo, ma forse più ambizioso, *La réforme de la physique générale*. Tuttavia esso accentuò il numero (e il tono polemico) delle prese di posizione degli altri scienziati, dei filosofi e non solo in Francia. Perfino Lenin, come è noto, intervenne in polemica con Ostwald (e con Ernst Mach, e con molti altri) a favore della materia e del materialismo col suo classico *Materialismo ed empiriocriticismo* del 1908.[42]

Se le teorie scientifiche di Ostwald e alcuni suoi presupposti e sviluppi epistemologici, come si è accennato, trovarono una buona accoglienza fra i chimici italiani più avanzati, ovviamente più complessa sarà la situazione per quanto riguarda la sua posizione antiatomista e antimolecolarista che verrà ribadita in una sede e in una occasione di grande prestigio per i chimici di tutto il mondo: il Teatro della Royal Institution a Londra, dove il chimico tedesco tenne la Faraday Lecture del 19 aprile del 1904 su invito della Chemical Society of London. A tenere la Faraday Lecture veniva sempre invitato un chimico straniero di grande rinomanza, che spesso si era fatto sostenitore di teorie molto discusse e per questo una particolare attenzione era stata data negli anni al dibattito sulla struttura chimica della materia. Tema, questo, già affrontato da Jean-Baptiste Dumas nella prima Lecture del 1869; poi nel 1872 proprio da Cannizzaro (*Consideration of some points in the teaching of chemistry*);[43] nel 1879 dall'atomista francese Adolphe Wurtz (*On the constitution of matter in the gaseous state*); nel 1889 da Dmitrij Ivanovic Mendeleev (*Periodic law of chemical elements*).[44] Pur tenendo conto delle posizioni sostenute dai chimici che lo

[42] Per questo aspetto v. D. Lecourt, *Lenin e la crisi delle scienze*, Roma, Editori Riuniti, 1974. In appendice al volume vi sono i testi apparsi nella *Revue générale des sciences* di Ostwald, A. Cornu, M. Brillouin.

[43] S. Cannizzaro, *Sui limiti e sulla forma dello insegnamento teorico della chimica*, in S. Cannizzaro, *Scritti intorno alla teoria molecolare ed atomica ed alla notazione chimica*, Roma, Lo Statuto, 1896. Ora anche in A. Di Meo, *Storia della chimica in Italia*, Roma, Beniamino Vignola Editore, 1995, pp. 249-281.

[44] Vedi l'antologia *Lectures delivered before the Chemical Society. Faraday Lectures. 1869-1928*, London, The Chemical Society, 1928.

avevano preceduto e consapevole di parlare, grazie all'opera di John Dalton, nella patria di origine della teoria atomica moderna, Ostwald, tuttavia, nella sua conferenza intitolata *Elements and compounds*, ribadì le sue convinzioni sul fatto che la nuova situazione della chimica richiedeva ormai l'elaborazione di nuovi fondamenti:

> «Hence, like Dumas, I put the question: what are the most important achievements of the chemistry of our day? I do not hesitate to answer: *chemical dynamics* or the theory of the progress of chemical reactions and the theory of chemical equilibrium. What answer can chemical dynamics give to the old question about the nature of chemical elements? The answer to this question sounds most remarkable; and to impress you with the importance I ascribe to this investigation, I will mention the result at once: *It is possible, to deduce from the principles of chemical dynamics all the stoichiometrical laws; the laws of constant proportions, the laws of multiple proportions and the laws of combining weights*. You all know that up to the present time it has only been possible to deduce these laws by help of the atomic hypotesis. Chemical dynamics has, therefore, made the atomic hypothesis unnecessary for this purpose and has put the theory of the stoichiometrical laws on more secure ground than that furnished by a mere hypothesis».[45]

Questi nuovi fondamenti – dai quali ricavare le leggi stechiometriche e i concetti di sostanza semplice o elemento e composta, ovvero di *individuo chimico*,[46] – dovevano essere ricavati dalla teoria delle soluzioni, soprattutto dal concetto di *fase* e dalla *regola delle fasi* introdotte da Gibbs coi suoi studi sugli equilibri dei sistemi eterogenei, attraverso il concetto di *trasformazione ilotropa*. In questo nuovo contesto, infatti, secondo Ostwald,

> «we conclude that a connection exists between solutions and chemical compounds or substances; the latter being a distinguishing case of the former. On the other hand, we get an exact definition: *a substance or a chemical individual is a body, which can form hylotropic phases within a finite range of temperature and pressure*...In other words, *elements are substances which never form other than hylotropic phases*. From this we may conclude that every body is finally transformable into elements, and into *only one definite set of elements*. For the most general case is a solution. Every solution can be separated into a finite number of hylotropic components, and these again can generally be transferred into a state when they behave like solutions and can be separated further. Finally, the components remain hylotropic through the whole range of temperature and pressure, that is, are elements».[47]

Queste idee venivano espresse all'interno della filosofia energetista per la quale la materia non era altro che un «complex of energies which we find togheter in

[45] W. Ostwald, *Elements and compounds*, in *Lectures delivered before the Chemical Society. Faraday Lectures. 1869-1928*, cit., pp. 187-188. I corsivi sono nell'originale.

[46] Sul concetto di *individuo chimico* vedi A. Di Meo, *Atomi e molecole nella chimica del XIX secolo*, in G. Villani (a cura di), *Molecole. La chimica oggi: filosofia, storia e ricerca avanzata*, Napoli, CUEN, 2001, pp. 61-98. Più in generale, compresa la chimica, A. Di Meo, *Individui e circostanze nelle scienze moderne e in Leopardi*, in *La cultura*, n. 1, aprile 2006.

[47] W. Ostwald, *Elements and compounds*, cit., pp. 194, 195, 196. I corsivi sono nell'originale.

same place»,[48] e le sostanze, composte o semplici, specifici contenuti di energia, dotati di una esistenza temporanea. A suo modo Ostwald riportava in auge l'idea lavoisieriana (enfatizzata da Dumas) dell'elemento come *provvisoriamente* semplice e quella di Berthollet dei composti con proporzioni indefinite dei propri componenti, essendo quelle fisse il risultato della maniera dei chimici di isolarli. Nella conferenza londinese egli riconoscerà che su questi argomenti era debitore nei confronti di un chimico boemo, allora poco noto, František (Franz) Wald,[49] che per primo si era avviato in quel tipo di ricerche e di teorizzazioni, pubblicate negli anni 1895-1897 soprattutto nello *Zeitschrift für physikalische Chemie* e poi nel *Journal of physical chemistry*.[50] Per Wald, in effetti, a proposito dell'applicazione ai miscugli della regola delle fasi di Gibbs, mentre si pensava che la chimica:

> «according to this exposition, is concerned solely with the more striking effects of limited miscibility, and therefore with an arbitrary (although very suitable) selection of phases and of systems of phases; and it has determined a series of peculiar laws which apply to them. To account for these laws, it has been deemed necessary hitherto to accept certain hypotheses. My view, on the contrary, is that these laws are simply consequences of the conditions under which the substances in question have arisen and through which they are distinguished from phases in general. The stoichiometric laws hold, not for all phases whatever, but only for very definitely characterized ones; there apply accordingly to the latter not only all laws to which phases in general are subjected, but also in addiction certain special relations which must hold good if the phases in question are to satisfy the requirements through which their exceptional position as chemical phases is obtained».[51]

Dal punto di vista epistemologico più generale, la posizione di Ostwald tendeva ad accreditare l'idea che era stata l'ipotesi atomistica ad aver ispirato la ricerca e la definizione delle leggi stechiometriche e non il contrario; quindi, una volta dimostrato che queste leggi potevano essere spiegate a partire da un'altra concezione generale della Natura (in questo caso l'energetismo) doveva necessariamente venire a cadere l'ipotesi che originariamente stava alla loro base.

Di diverso avviso sarà invece Cannizzaro. Nel 1904 il chimico italiano era ormai anziano (aveva 78 anni essendo nato nel 1826), certamente non poteva

[48] *Ivi*, p. 199. Nella conferenza del 1895 sul superamento del materialismo aveva affermato che «la materia non è altro che un gruppo di energie diverse, ordinate nello spazio, e tutto ciò che diciamo di essa lo diciamo soltanto di queste energie» (W. Ostwald, *La disfatta dell'atomismo contemporaneo*, in D. Lecourt, cit., p. 137).

[49] M. Teich, *Wald, František*, in in Ch. C. Gillispie (ed.), *Dictionary of Scientific Biography*, cit., vol. 13-14, pp. 123-124.

[50] F. Wald, *Die Genesis der stoichiometrischen Grundgeseteze*, in *Zeitschrift für physikalische Chemie*, XVIII, 1895, pp. 337 sgg.; XIX, 1895, pp. 607 sgg.; Id., *Die chemischen Proporzionen* , in *Zeitschrift für physikalische Chemie*, XXII, 1897, pp. 252 sgg.; XXIII, 1897, pp. 78; Id., *Elementare chemische Betrachtungen*, in *Zeitschrift für physikalische Chemie*, XXIV, 1897, pp. 633 sgg.; Id., *Chemistry and its law*, in *Journal of physical chemistry*, t. 1, v. 1, 1896-1897, pp. 21 sgg.

[51] F. Wald, *Chemistry and its law*, cit., p. 25.

entrare in prima persona nell'agone scientifico del momento. Tuttavia era ancora vigile e deciso a contrastare le emergenti posizioni energetiste (non solo di Ostwald). In quello stesso anno, infatti, venuto a conoscenza dei contenuti della Faraday Lecture del chimico tedesco, decise di mobilitare la sua scuola per quella che sarà l'ultima battaglia teorica da lui condotta, tenuto anche conto dell'indubbio prestigio del suo interlocutore e del fatto che anche molti dei suoi collaboratori condividevano alcune delle idee della nuova chimica fisica da Ostwald promossa.

Il 24 luglio 1904 in una riunione della Società Chimica Romana da lui presieduta, il vecchio patriarca lanciò il guanto della sfida, partendo proprio da una critica metodologica, storico-critica, all'approccio del chimico tedesco, così come era stato da questi esposto alla Chemical Society di Londra, cogliendo uno dei principali punti deboli di esso, cioè la difficoltà di dedurre dalle leggi della dinamica chimica la legge di Gay-Lussac, che stava all'origine, grazie alla estensione e alla interpretazione datale da Avogadro, della teoria molecolare:

> «Cari colleghi, richiamo la vostra attenzione sopra il Discorso Faraday fatto alla Società Chimica di Londra quest'anno dal prof. Ostwald, il quale ivi proclamò il nuovo indirizzo che intende dare alla chimica generale. Leggo quindi il brano che esprime il principale suo pensiero: *È possibile di dedurre tutte le leggi stechiometriche (la legge delle proporzioni costanti, la legge delle proporzioni multiple e quella dei pesi di combinazione) dai principi della dinamica. Voi sapete che fino al giorno d'oggi era stato possibile dedurre queste leggi solo poggiandosi sulle ipotesi atomiche. In conseguenza la dinamica chimica ha reso l'ipotesi atomica superflua per questo scopo, ed ha posto la teoria delle leggi stechiometriche su di una base più sicura di quella fornita da una mera ipotesi.* Mi limito per ora a poche osservazioni. Non mi pare esatto dire che al giorno d'oggi era stato possibile dedurre le leggi stechiometriche solo poggiandosi sull'ipotesi atomica; poiché le leggi stechiometriche sono state dedotte e dimostrate dall'esperienza indipendentemente dalla ipotesi o teoria molecolare ed atomica, che ha servito e serve a spiegarle o per lo meno a collegarle in un modello. L'ipotesi atomica ha qualche volta affrettato lo scoprimento di qualcuna di queste leggi per mezzo dell'esperienza, ma è questa sola che le ha dimostrate ed è questa sola la vera base su cui sono fondate e riposano. Dopo il Dalton molti chimici, come il Wollaston e il Davy hanno fatto a meno della ipotesi atomica pure esponendo ed applicando le leggi stechiometriche, senza bisogno di ricorrere per ciò fare ad alcuna teoria. Aspettiamo che il prof. Ostwald dia maggiore sviluppo al suo tentativo per giudicare quale maggiore chiarezza ed efficacia verrà alle leggi stechiometriche dall'applicazione dei principi della nuova dinamica chimica. Per ora mi limito ad aggiungere le seguenti osservazioni.
>
> Dal brano del discorso di Ostwald poc'anzi inserito risulta che tra le leggi stechiometriche che vuol dedurre dalla dinamica egli non ha compreso quella dei volumi allo stato di fluidi aeriformi; *cioè che le quantità delle sostanze che fanno qualsiasi azione chimica le une sulle altre e le quantità di quelle che si ottengono da tali azioni occupano allo stato di gas perfetto, in eguali condizioni di temperatura e pressione, volumi i cui rapporti di grandezza sono sempre esprimibili in numeri interi, il più delle volte assai semplici.*
>
> Eppure è questa la legge la più importante tra le leggi stechiometriche, poiché da essa le altre si possono derivare. E lo sa bene il prof. Ostwald il quale, nei suoi

'Elementi di chimica inorganica',[52] parte dalla legge dei volumi delle combinazioni gassose, la estende, la generalizza e ne deduce con rigorosa logica la legge dei pesi di combinazione (dei nostri pesi atomici) – Vedasi la traduzione francese degli 'Elementi di chimica inorganica' di Ostwald, pag. 166-167 –.[53]

Questo suo modo di dedurre la legge dei pesi di combinazione lo condusse a riconoscere che il carattere più essenziale del peso di combinazione di una dato elemento è di essere contenuto per multipli interi nelle quantità che occupano volume eguali allo stato gassoso in eguali condizioni (dette da lui *pesi molari*) delle sostanze che lo contengono. Lo dice chiaramente a p. 169 del suo libro sopracitato col seguente periodo:

Si determinano i pesi di combinazione in modo che i pesi molari contengano sempre un numero intero e non una frazione di tali pesi di combinazione.

L'Ostwald dunque accetta per il peso di combinazione la definizione da me data del peso atomico, cioè quella quantità che entra intera nei pesi molari, cioè di volumi eguali allo stato gassoso in eguali condizioni.

Deve dunque considerarsi come fondamentale quella che io ho chiamato legge degli atomi e potrà invece chiamarsi legge dei pesi di combinazione, la quale contiene tutte le altre leggi stechiometriche (rapporti fra volumi e pesi) che sono vari modi con cui si manifesta quella legge fondamentale.

Per dimostrare poi che nello esporre ed illustrare quest'ultima io volli emanciparla da qualsiasi teoria o ipotesi e considerarla soltanto una legge sperimentale, citerò il seguente brano della mia lettera a De Luca del maggio 1858.[54]

Dopo aver espressa la legge degli atomi col linguaggio della teoria molecolare soggiunsi: 'Se ad alcuno paresse troppo ipotetico il metodo di trovare i pesi delle molecole, compari allora la composizione di volumi eguali dei corpi allo stato aeriforme in eguali condizioni; non gli potrà sfuggire la seguente legge: le varie quantità dello stesso elemento contenute in volumi eguali sia del corpo libero, sia dei suoi composti, son tutte multiple intere di una medesima quantità; cioè ciascun elemento ha un valore numerico speciale per mezzo del quale e di coefficienti interi si può esprimere la composizione in peso di volumi eguali dei vari corpi ove esso è contenuto. La legge sopra enunciata, da me detta legge degli atomi, contiene in sé quella delle proporzioni multiple e quella dei rapporti semplici tra i volumi'.[55]

Si potrebbe aggiungere il rovescio, cioè che da quest'ultima si possono ricavare le altre come poc'anzi cennammo [*sic*].

[52] Sono i *Grundlinien der anorganischen Chemie*, Leipzig, Engelmann, 1900.

[53] Si tratta di W. Ostwald, *Elements de chimie inorganique*, Paris, Gauthier-Villars, 1904. Ma all'epoca esisteva anche una traduzione italiana della seconda edizione tedesca dei *Grundlinien*: *I fondamenti della chimica inorganica*, trad. it. di F. Giolitti, Milano, Vallardi, 1903.

[54] Si tratta del celebre *Sunto di un corso di filosofia chimica*, *fatto nella R. Università di Genova* che porta come sottotitolo *Lettera del prof. Stanislao Cannizzaro al prof. Sebastiano De Luca* e pubblicato la prima volta ne *Il Nuovo Cimento*, vol. VII, 1858, pp. 321-366. Altre edizioni: in *Scritti intorno alla teoria atomico-molecolare*, cit.; S. Cannizzaro, *Sunto di un corso di filosofia chimica*, introduzione e cura di L. Cerruti, Palermo, Sellerio, 1991; in S. Cannizzaro, *La teoria atomica e molecolare*, a cura di A. Di Meo, Roma, Teknos, 1994. Su quest'opera capitale della chimica ottocentesca vedi l'introduzione *Il luogo del Sunto* di Cerruti, nell'edizione qui citata.

[55] S. Cannizzaro, *Sunto di un corso di filosofia chimica*, in S. Cannizzaro, *La teoria atomica e molecolare*, cit., p. 11.

Ora l'Ostwald nel suo discorso tenta dedurre la legge dei pesi di combinazione con il seguente artificio. Supporre dimostrato che tre elementi qualsiasi *A*, *B*, *C*, non possono fare che un solo composto, qualunque sia l'ordine in cui si uniscono successivamente; da ciò deduce che i pesi di *B* e *C*, che si combinano con lo stesso peso di *A*, si combinano reciprocamente. Estendendo questo metodo si troverebbero i pesi di combinazione di tutti gli elementi. Qualunque sia la solidità della base su cui si fonda questo metodo di determinare i pesi di combinazione, manca qualsiasi prova che tali pesi abbiano quella condizione riconosciuta, come sopra è detto, per la più essenziale, di essere cioè contenuti per multipli interi nei pesi molari dei composti.
Aspettiamo che l'Ostwald trovi un artificio per dedurre dai principii della dinamica la legge dei volumi gassosi dalla quale egli fu condotto a quella dei pesi di combinazione, che è in fondo la legge da me detta degli atomi.
Ciò è indispensabile per giudicare dell'attuabilità e dell'utilità scientifica del suo proponimento.
Cari colleghi, andando in vacanza avrete tempo e agio di meditare sul nuovo indirizzo che l'Ostwald vuol dare alla chimica eliminando del tutto la teoria atomica e molecolare e non impiegandola neppure come utile modello fisico, e su l'indirizzo cha da più tempo ha dato alla Chimica teorica il Nernst ponendo di accordo la teoria molecolare di Avogadro colla Termodinamica».[56]

L'economia di questo scritto non consente un esame più dettagliato di questo discorso. Mi limito quindi a segnalare alcuni aspetti rilevanti. Il primo riguarda la constatazione da parte di Cannizzaro che nella posizione di Ostwald, come si è già accennato, viene rovesciato l'ordine logico-storico delle vicende della teoria atomica, cosa di una certa gravità per uno storico e storiografo della scienza quale era il chimico tedesco: non fu, infatti, la teoria atomica a far nascere le leggi stechiometriche ma il contrario, anzi – sottolinea Cannizzaro – si poteva benissimo essere convinti della bontà delle leggi senza necessariamente dover condividere la sottostante teoria corpuscolare della materia; questa, cioè, poteva benissimo essere concepita sia in senso forte come *spiegazione* delle leggi o dei fenomeni, sia in senso debole come *descrizione*, cioè come coordinamento e messa in coerenza dei medesimi. Ovvero, la teoria atomica poteva essere considerata, come anche Cannizzaro la considerò in via subordinata (vedi la sua citazione del brano del *Sunto* del 1858), un *modello* che descrive una realtà inaccessibile in ultima istanza all'osservazione diretta, ma concepibile, convenientemente – secondo l'epistemologia di derivazione kantiana dell'*als ob* – appunto *come se* fosse costituita da atomi e da molecole.[57]

[56] S. Cannizzaro in *Rendiconti della Società Chimica di Roma*, a. II, 1904, pp. 128-sgg. Anche in A. Coppadoro, *I chimici italiani e le loro associazioni*, Milano, Editrice di chimica, 1961, pp. 230-232.

[57] «Per abbracciare tutte queste leggi d'un solo colpo d'occhio e d'uno sguardo netto e chiaro, basta comprendere che le cose avvengono *come se* in realtà ciascun elemento fosse fatto di atomi omogenei dotati d'un peso speciale ed invariabile, e *come se* dalla juxtaposizione di questi atomi risultassero le molecole dei corpi semplici e composti, molecole di cui esisterebbero sempre numeri eguali in volumi eguali di gas perfetti nelle stesse condizioni di temperatura e di pressione:

Il secondo, riguarda il fatto che la teoria corpuscolare ottocentesca della materia, soprattutto nella versione sostenuta da Cannizzaro, più che figlia dell'ipotesi di Dalton era in realtà fondata sulla «teoria molecolare di Avogadro», per riprendere l'espressione adoperata dal chimico italiano nella riunione romana: nel *Sunto*, infatti, essa veniva chiamata *ipotesi*, mentre ora (ma dal 1871) *teoria* e ciò stava a segnalare che per Cannizzaro, ormai, col tempo, le prove sperimentali a suo favore erano talmente tante (soprattutto grazie alla teoria cinetica dei gas) da poter essere considerata, come aveva affermato nel *suo* Discorso Faraday del 1872, «qualcosa di più di una semplice finzione scientifica. Essa dev'essere o la verità stessa o la sua immagine attraverso i mezzi che s'interpongono tra la nostra intelligenza e la realtà».[58] Ma, anche se non fosse stata considerata la verità diretta o indiretta delle cose, essa – e la legge degli atomi cannizzariana che ne derivava – poteva sempre essere considerata un utile e logicamente coerente modo di rappresentare quelle cose medesime. Inoltre la teoria di Avogadro discendeva dalla legge di Gay-Lussac delle combinazioni gassose, cioè proprio da quella legge che Cannizzaro rimprovera a Ostwald di non aver preso in considerazione nelle sue riflessioni sulle leggi stechiometriche: e ciò proprio perché era quella più fondamentale, sulla quale si basava la concezione corpuscolare delle combinazioni chimiche e, casomai, quella da cui sarebbe stato possibile dedurre *logicamente* (ma non *storicamente*) le altre leggi. Infine, in questa occasione, Cannizzaro mette ancora all'opera una idea che è centrale nel suo sistema di pensiero, e che è stata anche all'origine della elaborazione del *Sunto*: quella della traducibilità (relativa) dei diversi linguaggi teorici. Idea che rende la sua epistemologia molto flessibile, 'risonante' fra le due strutture estreme del realismo e del convenzionalismo, e che rende la sua concezione del procedere della scienza, allo stesso tempo discontinuista e continuista, intuitiva e logica, soggetta al 'colpo d'occhio' sintetico e generalizzante e al lavoro paziente e analitico sui particolari.[59] Infatti, dinanzi al variare nel tempo delle ipotesi sulla struttura della materia o alla compresenza di più ipotesi diverse, per Cannizzaro era necessario mantenere alle teorie meglio fondate – come la sua legge degli atomi o prima ancora alla teoria di Avogadro – la

cioè basta comprendere la teoria atomica e molecolare al grado di sviluppo cui è giunta oggidì. Essa è il riassunto più succinto, più preciso, più evidente e più accessibile ai differenti tipi di spirito che s'incontrano in una scuola, di tutto ciò che concerne l'origine, il significato, il valore e l'uso delle formule grezze e delle equazioni. Essa dev'essere dunque introdotta di buon'ora nell'insegnamento della chimica; quand'anche non si volesse riguardare *se non come* un artificio, una finzione utile per ajutar lo spirito a scoprire le relazioni tra i fatti». (S. Cannizzaro, *Sui limiti e sulla forma dello insegnamento teorico della chimica*, in A. Di Meo, *Storia della chimica in Italia*, cit., p. 297. Corsivi miei).

[58] *Ivi*, p. 259. Ho già messo in rilievo come per Cannizzaro, dal punto di vista epistemologico, il carattere di verità di una teoria venisse confermato dal fenomeno della 'simultaneità della scoperta' (vedi A. Di Meo, *La chimica nel Mezzogiorno d'Italia*, cit.).

[59] Su questo vedi ancora A. Di Meo, *La chimica nel Mezzogiorno d'Italia*, cit.

«plasticità necessaria per piegarsi ed adattarsi ai progressi, alle evoluzioni de' nostri concetti fisici e matematici. Se si giungerà, ad esempio, a farsi della materia un concetto affatto differente da quello che oggi si ha, si troveranno le spiegazioni di ciò che noi chiamiamo atomi e molecole, ed avendo fatto una volta le traduzioni di queste parole nelle nuove teorie, si continuerà ad impiegarle così come si è continuato ad impiegare le espressioni di calor latente, capacità pel calore, etc., dopo aver cangiato la teoria che le aveva dettate».[60]

È ciò che egli cercherà di fare con le idee di Ostwald nell'intervento del 1904 citato integralmente sopra; nella convinzione che dietro i nuovi termini introdotti dal chimico tedesco doveva *necessariamente* essere ritrovata quella che lui riteneva la pietra di paragone delle ricerche fisiche, chimiche e ora anche chimico-fisiche dell'epoca.

Se, come ha affermato Albert Einstein, gli scienziati sono 'opportunisti' in materia di filosofia, ovvero possono oscillare fra posizioni diverse che sono ognuna singolarmente presa logicamente *troppo* coerente per abbracciare autenticamente la realtà; ebbene Cannizzaro corrisponde pienamente a questa descrizione, in quanto la sua convinzione sul carattere realistico della teoria di Avogadro non gli impediva di considerare possibile una interpretazione e un uso puramente convenzionale di questa: l'essenziale era non espungerne il contenuto di verità dal *corpus* delle dottrine della chimica, senza nessuna reale necessità. Ciò che sembra contare, nella visione di Cannizzaro, sono gli invarianti più o meno generali e costitutivi delle teorie, che possono convivere con più o diverse spiegazioni sulla natura del livello di realtà sottostante. Idee, queste, che verranno sviluppate – ma in una direzione diversa da quella di Cannizzaro – dall'altro grande critico della teoria atomico-molecolare, cioè Duhem.[61]

La legge degli atomi, in buona sostanza, poteva essere considerata un *invariante* derivabile sperimentalmente dalla legge di Gay-Lussac e da quella di Avogadro: entrambe ricavabili in termini numerici, cioè misurabili, e relazionali, cioè esclusivamente come frutto delle relazioni tra *pesi* atomici e *pesi* molecolari, senza *necessariamente* far ricorso alle sottostanti entità invisibili (atomi e molecole). Anche Cannizzaro, infatti, come si è già visto, possedeva un notevole sospetto positivistico nei confronti delle realtà non osservabili, come dimostra il suo ricorrente riferimento in molti suoi scritti (e nelle sue lezioni universitarie) a una sorta di strumento ideale che si potrebbe definire l'*ultramicroscopio di Laplace*. Nella *Lezione sulla teoria atomica* del 1858, infatti, troviamo la seguente affermazione riguardo alla conoscibilità o meno delle distanze intermolecolari delle sostanze allo stato gassoso:

«Queste particelle così piccole da sfuggire ai nostri sensi si sono dette molecole. Si ha ragione di supporre, che le distanze variabili da cui sono separate sono

[60] S. Cannizzaro, *Sui limiti e sulla forma dello insegnamento teorico della chimica*, in A. Di Meo, *Storia della chimica in Italia*, cit., p. 273.

[61] Cfr. in particolare P. Duhem, *La théorie physique: son objet et sa structure*, Paris, Chevalier & Rivière, 1906, ed. it. *La teoria fisica: il suo oggetto e la sua struttura*, Bologna, Il Mulino, 1978.

sempre grandissime relativamente ai loro volumi. "Se l'arte (disse Laplace) potesse costruire microscopi così potenti da rendere visibili le molecole ultime, noi le scorgeremmo sparse nei volumi dei corpi nella stessa proporzione di rarezza con cui le stelle sono disseminate in una nebulosa, che sotto questo punto di vista può essere considerata come un gran corpo luminoso"».[62]

Nelle *Notizie storiche*, commentando ancora in maniera negativa le posizioni di quei chimici che elaboravano ipotesi sulla struttura microscopica della materia dando ad esse un elevato contenuto di realtà, veniva ancora utilizzata la finzione laplaciana dell'ultramiscroscopio:

«[quei chimici] parlano spesso con tale dommatica asseveranza sopra cose molecolari, come se avessero realmente recato ad effetto la ingegnosa finzione di Laplace, cioè avessero costruito un microscopio con cui scorgere le molecole ed osservarvi il numero, la forma, la disposizione degli atomi contenutivi, e determinare sinanche la direzione e l'intensità delle loro azioni scambievoli. Molte di coteste cose, date per quel che valgono, cioè o per ipotesi più o meno probabili, o per semplici artificj del nostro spirito, giovano ed han veramente giovato a collegare i fatti ed a spingerci per nuove indagini su quella via che un dì o l'altro dovrà condurci ad una vera teoria chimica; ma scambiate e predicate per verità già dimostrate falsano l'educazione intellettuale dei giovani cultori di scienze induttive, ed attirano sul nuovo indirizzo della chimica critiche severe».[63]

Come vedremo, alla fine della sua vita Cannizzaro vide realizzato lo strumento di cui aveva tanto parlato, sebbene ad uso polemico. Se Ostwald, infine, aveva posto in contraddizione la teoria di Avogadro con la nuova chimica fisica, non così aveva fatto Nernst, soprattutto col suo importante trattato del 1893 *Theoretische Chemie: vom Standpunkte der Avogadro'schen Regel und der Thermodinamik*,[64] e proprio con un riferimento a considerare più significativo questo approccio più condivisibile che si chiuderà l'indirizzo di commiato di Cannizzaro.

6. Come Samuel Clarke condusse la battaglia contro Leibniz al posto (e su indicazione) di Newton, nel nostro caso (comunque più modesto) fu Nasini a condurre la battaglia contro Ostwald al posto di Cannizzaro, sebbene Nasini fosse un grande ammiratore di Ostwald. Il capitolo I della *Nuova Enciclopedia di Chimica* di Guareschi, *Generalità e leggi fondamentali della chimica*, è una sorta di rielaborazione del pensiero del suo maestro così come si era manifestato nella riunione della Società Chimica di Roma del 1904, enfatizzandone l'aspetto convenzionalistico su

[62] S. Cannizzaro, *Lezione sulla teoria atomica* (1858), ora in A. Di Meo, *Storia della chimica in Italia*, cit., p. 225.

[63] S. Cannizzaro, *Notizie storiche e considerazioni sull'applicazione della teoria atomica alla chimica e sui sistemi di formule esprimenti la costituzione dei composti*, in S. Cannizzaro, *La teoria atomica e molecolare*, cit., p. 47.

[64] W. Nernst, *Theoretische Chemie: vom Standpunkte der Avogadro'schen Regel und der Thermodinamik*, Stuttgart, Verlag von Ferdinand Henke, 1893.

cui ci siamo sopra soffermati. Dopo aver rievocati i lavori del suo maestro, e prima ancora di Avogadro, Nasini aggiunge:

> «In questo modo si tracciava per opera del Cannizzaro una via sicura per la determinazione del peso dell'atomo; l'atomo veniva ad essere chimicamente definito come la più piccola quantità in peso di elemento che entra a far parte della molecola del corpo semplice e di quella di tutte le sostanze a cui l'elemento dà luogo, definizione conforme anche al concetto filosofico dell'atomo, alla sua indivisibilità. Nel tempo stesso, e su ciò insiste il Cannizzaro, pesi molecolari e pesi atomici venivano ad essere del tutto indipendenti da ogni concetto filosofico e fisico sulla costituzione della materia e venivano solo a rappresentare delle quantità in peso, dei rapporti in peso, secondo i quali, o secondo multipli dei quali, avvengono le combinazioni degli elementi, avvengono le reazioni dei corpi semplici e composti fra di loro … Adesso che da varie parti, come a suo tempo diremo, si comincia a insistere che la teoria atomica ha fatto il suo tempo e che da essa può prescindersi nell'insegnamento e nella esposizione delle teorie chimiche fondamentali, non sarà inutile di citare le parole colle quali il Cannizzaro mostra come i pesi molecolari e quelli atomici sieno indipendenti dalla ipotesi fondamentale».[65]

Dopodiché riporta il brano del Discorso Faraday del 1872 nel quale, in effetti, Cannizzaro esemplifica in maniera magistrale la distinzione (non oppositiva) fra teoria come *spiegazione* e come *descrizione*, e come dalla seconda si possa passare nella prima, il che rende il convenzionalismo di Cannizzaro filosoficamente 'opportunistico', come dicevamo poco sopra, avvicinandosi all'idea di antica ascendenza condillachiana, poi passata nel logicismo positivista, che i dati sperimentali si coordinano spontaneamente nella mente dello scienziato, in maniera tale da generare in lui una immagine quasi materiale delle entità teoriche:

> «Ma questa legge [la legge degli atomi] è fondata sull'ipotesi dell'esistenza delle molecole e del loro numero uguale in volumi uguali, *coeteris paribus*? Ebbene, avete degli scrupoli? Eliminate questa ipotesi, dopoché v'ha servito come strumento didattico. Enuncierete allora la legge impiegando in luogo del nome teorico di molecola quello di volumi uguali. L'atomo è allora la quantità costante di un elemento che entra per multipli interi in volumi gassosi uguali dei composti. Tuttavia non potete impedire che questa legge, cioè che i volumi uguali sono composti di multipli interi di quantità costanti per ciascun elemento, non isvegli nello stesso tempo nello spirito l'immagine di molecola e quella di atomo. Ma i concetti di molecola e d'atomo nati di questa maniera sono spogliati d'ogni immagine di forma, di grandezza, di distanza, di continuità, di discontinuità. La sola proprietà che sia intimamente legata a questo concetto è la ponderabilità, cioè la massa, definizione stessa della materia».[66]

Tenendo però conto che i *numeri* che esprimono i pesi atomici e molecolari esprimono dei *rapporti*: la ponderabilità di cui tratta Cannizzaro, infatti, più che

[65] R. Nasini, *Generalità e leggi fondamentali della chimica*, in *Nuova Enciclopedia di Chimica scientifica, tecnologica e industriale*, cit, p. 22.

[66] S. Cannizzaro, *Sui limiti e sulla forma dello insegnamento teorico della chimica*, in A. Di Meo, *Storia della chimica in Italia*, cit., pp. 272-273.

una proprietà essenziale dei corpi è una *relazione*. Ponderabilità equivale a dire *massa*, la grandezza che a sua volta definisce la *materia*. Per l'Ostwald post-1891 le cose stanno diversamente: la *massa* è una quantità misurabile del 'composto' di energia che individua il singolo corpo, e la *materia* è un concetto esclusivamente metafisico, senza nessuna realtà, neppure strumentale, e come tale da eliminare dall'orizzonte della scienza:

> «La *massa* è una di queste invarianti di carattere generale...Di conseguenza, questo concetto è sembrato del tutto idoneo a divenire il cardine delle leggi naturali … Di qui l'idea di materia, nella quale rientra in blocco tutto ciò che, per i nostri sensi, è indissolubilmente legato alla massa, come il peso, il volume, le proprietà chimiche. La legge fisica della conservazione della massa è così degenerata nell'assioma metafisico della conservazione della materia».[67]

Sulle caratteristiche della struttura della materia, Nasini non prende mai posizione netta, dato anche il ventaglio assai vasto delle scoperte e delle teorie correnti alla fine dell'Ottocento e agli inizi del Novecento, che quasi sembrano confonderlo. Egli si limita talvolta a registrare le ricerche dell'epoca senza prendere un partito deciso, se non quello di Cannizzaro, al quale sembra ricondursi dopo varie peregrinazioni, ma estremizzandolo verso posizioni fenomeniste. Tuttavia, una certa inclinazione positiva verso molti aspetti delle idee di Ostwald anche in questo campo è chiaramente avvertibile, come nel caso dei rapporti fra elementi e composti, dove la evidente eterogeneità delle proprietà dei primi rispetto a quelle dei secondi, aveva contribuito a indebolire l'idea atomistica daltoniana dell'atomo-elemento come invariante assoluto delle trasformazioni chimiche (considerate come giustapposizioni di atomi) e portatore di qualità irriducibili.

Si potrebbe dire che la possibilità offerta dall'epistemologia cannizzariana di limitare il proprio riconoscimento della validità della teoria di Avogadro e della legge degli atomi agli aspetti convenzionali, offriva il destro a Nasini per far passare le idee di Ostwald in tutti quei campi in cui esse non entravano in un contrasto radicale con quelle del suo maestro.

Per esempio, seguendo pienamente le idee del chimico tedesco a proposito del rapporto fra elementi e composti,[68] egli così si esprime:

[67] W. Ostwald, *La disfatta dell'atomismo contemporaneo*, cit., p. 129.

[68] «In particolare, sotto l'influsso di tale teoria [conservazione della materia] e in contrasto con ogni evidenza, si è affermato che la materia, subendo una reazione chimica, non scompare per far posto a qualcosa che è fornito di altre proprietà. Peggio ancora, questo modo di vedere ha indotto ad asserire che, nell'ossido di ferro, per esempio, il ferro e l'ossigeno continuano a esistere, benché tutte le loro proprietà organolettiche siano scomparse: si dice che essi hanno solo acquisito nuove proprietà. È persino difficile avvertire oggi la stranezza, l'assurdità, di tale concezione, tanto siamo ad essa abituati. Comunque, non è inutile riflettere: tutto ciò che possiamo conoscere di una sostanza data sono le sue proprietà; non è allora assurdo, o quasi, pretendere che una sostanza continui a esistere, senza più possedere nessuna delle sue proprietà? Questa ipotesi di pura forma ha in effetti un solo fine: conciliare i fatti generali della chimica, soprattutto le leggi della stechiometria, con il concetto, del tutto arbitrario, di una materia di per sé inalterabile» (*ivi*, pp. 129-130).

> «L'Ostwald fa a ragione notare che è un non senso affermare che, per esempio, nell'ossido di ferro c'è l'ossigeno e il ferro, mentre noi dell'ossigeno e del ferro non sappiamo che quello che ci rivelano i nostri sensi, e che nell'ossido di ferro nessuna delle loro proprietà si palesa … Ma noi dicendo che in una data specie chimica vi sono quei determinati elementi, non vogliamo affermare altro con linguaggio abbreviato, ma improprio, se vuolsi, che uno o tutti e due questi fatti: che da essi la sostanza può prendere origine, che in essi la sostanza può scindersi, lasciando impregiudicata ogni questione sullo stato in cui gli elementi sono contenuti nel composto e sulla reale esistenza della materia».[69]

Poi, riprendendo la distinzione di Mendeleev fra *corpo semplice* ed *elemento*, nega a quest'ultimo la natura di atomo (così come invece l'aveva definito il chimico russo) e lo trasforma nella parte più semplice del corpo semplice, facendo una qualche confusione. Ciò fatto prosegue mettendo in discussione addirittura l'invarianza delle proprietà dello stesso elemento quando partecipa alla formazione di un composto:

> «Nei composti non è contenuto il corpo semplice, il quale è determinato dalla somma delle sue proprietà fisiche e chimiche, ben conosciute e studiate, ma sibbene l'elemento. Ma anche all'elemento dovremo attribuire non proprietà fisse, ma diverse da composto a composto; anche l'idrogeno elemento non potrà essere identico nell'acido cloridrico gassoso, ad esempio, e in un idruro solido; l'ossigeno elemento non potrà essere identico negli ossidi gassosi e negli ossidi solidi e così via».[70]

Il capitolo I si chiude con un paragrafo intitolato significativamente «Abbandono dell'ipotesi molecolare e atomica». In esso, in effetti, è possibile cogliere un ennesimo tentativo di conciliazione fra la teoria di Cannizzaro e quella di Ostwald con forti oscillazioni, che rivelano chiaramente un autentico conflitto interiore:

> «La tendenza attuale nella Chimica» – scrive infatti Nasini – «è piuttosto di liberarsi ogni volta che si può dalle ipotesi, per quanto attraenti, ove non sieno assolutamente necessarie. Quel geniale pensatore e grande agitatore di idee che è Guglielmo Ostwald crede che noi possiamo adesso nella Chimica generale mettere da parte l'ipotesi molecolare e atomica e non parlar più di atomi e molecole, ma solo di pesi di combinazione e di pesi normali e nella deduzione di essi prescindere da ogni ipotesi sulla costituzione della materia. Su questo argomento, che tanto interessa noi italiani, giacché è per opera di scienziati italiani che la teoria atomica si è sviluppata, ci soffermeremo un poco. Non vi ha dubbio che il concetto di peso molecolare e atomico è indipendente affatto dalla teoria da cui esso ha preso origine, come già disse maestrevolmente il Cannizzaro [Faraday Lecture del 1872] nelle parole che altrove abbiamo riportato. E non vi ha dubbio alcuno che, anche nella deduzione di essi, noi dalla ipotesi atomica possiamo prescindere e la via migliore di far ciò sembra a noi essere la seguente. Quello che vi è di essenziale in tutta la stechiometria chimica è l'esistenza della legge degli equivalenti, estesa anche alle sostanze composte, ed inoltre che pesi di volumi uguali della materia allo stato di estrema attenuazione, o rappresentano l'equivalente

[69] R. Nasini, *Generalità e leggi fondamentali della chimica*, in *Nuova Enciclopedia di Chimica scientifica, tecnologica e industriale*, cit, p. 6.

[70] *Ibidem*.

dedotto per via chimica, o stanno con esso in rapporti espressi da numeri interi...Volendosi prescindere dalla ipotesi molecolare e atomica e bandire i nomi di molecole e di atomo crediamo che si possa chiamare coll'Ostwald *peso normale* il *peso molecolare*, se pure non si preferisce di chiamarlo *peso di reazione*, ma, quanto al *peso atomico*, crediamo che meglio sarebbe chiamarlo *peso elementare*, anziché *peso di combinazione*, nome che ormai è già stato adoperato come sinonimo di equivalente. Ma, pure essendo tutto ciò vero, noi non crediamo che sia ancora giunto il momento di abbandonare la teoria molecolare e atomica. Sono assai pochi, se pur esistono, i fenomeni fisici, certo nessuno dei chimici, che sieno in contraddizione con i principi di essa; onde manca una delle ragioni più gravi perché l'ipotesi si debba abbandonare, quella di non andare più d'accordo coi dati esperimentali. Inoltre di essa noi potremo fare a meno, di sicuro non acquistando in chiarezza né in brevità, nella esposizione delle teorie fondamentali della Chimica e anche in molte parti della meccanica chimica, ma certo noi dobbiamo invocarla nella Chimica organica, nella quale l'estensione, diremo anzi la materializzazione dell'idea atomistica, ha condotto ad importantissime teorie feconde di risultati e di lavori che hanno aperto nuovi orizzonti alle nostre conoscenze...Dal punto di vista didattico, poi, non crediamo molto utile, per ora, simile abbandono, coll'esposizione attuale noi abbiamo il vantaggio di collegare sin da principio, in modo del tutto soddisfacente per la intelligenza, il fenomeno chimico col fenomeno fisico, giacché all'ipotesi di Avogadro si giunge non in base a fatti chimici, ma in base alla conoscenza di fatti di ordine puramente fisico sulla analogia di comportamento dei gas; e fatta questa ipotesi tutto scende piano e logico e necessario».[71]

Nello stesso volume, invece, il fisico Bernardo Dessau[72] trattando nel capitolo IX *La nuova teoria della materia e le sue basi sperimentali*, proprio riferendosi alla Faraday Lecture di Ostwald, liquidava seccamente le posizioni di quest'ultimo, a favore di una teoria scientifica in grado di *spiegare* e che quindi trovava il suo fondamento nella struttura ultima della materia, in questo caso di tipo discontinuo, atomico e molecolare:

«È bensì vero che non sono mai mancati completamente gli attacchi e le critiche a questa teoria [atomica molecolare], e negli ultimi anni l'Ostwald ha elaborato un sistema completo, nel quale la materia è detronizzata a favore dell'energia, che sarebbe l'unica e vera realtà in tutti i fenomeni fisici e chimici. Infatti le leggi di questi fenomeni si possono dedurre mediante sole considerazioni energetiche, e d'altra parte lo stesso Ostwald recentemente [Faraday Lecture 1904] ha fatto vedere che anche alla distinzione fra elementi e combinazioni chimiche si può arrivare partendo soltanto dai fatti sui quali si basa la teoria delle fasi. Ma se la scienza deve mirare non solo a descrivere, ma anche a spiegare i fenomeni naturali, e se una spiegazione deve farci scorgere nella molteplicità di questi fenomeni

[71] *Ivi*, p. 36.

[72] Bernardo Dessau, nacque a Offenbach sul Meno nel 1863 e morì a Perugia nel 1949. Professore di fisica all'Università di Bologna e di Perugia fu assistente del fisico Augusto Righi, e quindi sostenitore delle teorie atomistiche dell'epoca. Scrisse uno dei primi testi sulla telegrafia senza fili e un manuale di fisica. Fervente sionista, nel 1903 fu delegato italiano al VI Congresso sionista di Basilea.

degli elementi più semplici, si comprende che pochi scienziati siano disposti ad abbandonare il concetto della discontinuità della materia, il quale al pregio della semplicità unisce i meriti del passato, e non è scevro neppure di possibilità e di promesse per l'avvenire».[73]

7. L'argomentazione critica più diretta alle idee di Oswald, comunque, verrà svolta da Nasini con un lungo lavoro intitolato *Le leggi fondamentali della stechiometria chimica e la teoria atomica. Il discorso Faraday del prof. W. Ostwald*, prima nello stesso 1904, nelle pagine dell'organo più prestigioso degli scienziati italiani, gli *Atti della R. Accademia dei Lincei. Rendiconti*,[74] e poi, nel 1906, in quello dei chimici italiani la *Gazzetta chimica italiana*.[75] La scrittura, come dice una postilla in fondo all'articolo, risaliva al luglio-ottobre 1904, ossia subito dopo l'assemblea della Società Chimica di Roma e l'intervento di Cannizzaro che abbiamo riportato sopra.

In questo lavoro (di ben 50 pagine) le critiche nei confronti delle idee di Ostwald e di Wald sono più definite e circostanziate rispetto al capitolo generalista della *Nuova Enciclopedia* di Guareschi. Si ha in effetti l'impressione che nel primo caso si sia trattato di un rimaneggiamento di un testo forse originariamente meno problematico, e più favorevole alle ipotesi di Ostwald. In questo caso, invece, le divergenze sono dichiarate esplicitamente sin dal principio, anche se con un certo imbarazzo, visto il livello dell'interlocutore polemico, e con la posizione iniziale di difesa della teoria atomico-molecolare esclusivamente come utile artificio didattico, cioè senza nessun impegno di tipo ontologico, riprendendo la metafora cara a Cannizzaro del 'maestro di scuola' e probabilmente in polemica con uno scritto popolare e divulgativo di Ostwald, *Die Schule der Chemie*,[76] che ebbe molte edizioni in traduzione italiana, strutturata in forma di dialogo fra un Maestro e uno Scolaro, e nel quale si metteva appunto in discussione la teoria atomica:

«La grande importanza dell'argomento mi ha indotto ad esporre quello che io penso in proposito: e sono certo che il prof. Ostwald non se la vorrà prender con me, se io mi permetto di avere idee assai differenti dalle sue, ma vorrà invece, nell'interesse dell'insegnamento e del metodo, illuminare, là dove sbaglia, un modesto maestro, che non crede per ora di poter cambiare strada nell'esposizione didattica delle leggi fondamentali della chimica».[77]

[73] B. Dessau, *La nuova teoria della materia e le sue basi sperimentali*, in *Nuova Enciclopedia di Chimica scientifica, tecnologica e industriale*, cit., p. 980.

[74] R. Nasini, *Le leggi fondamentali della stechiometria chimica e la teoria atomica. Il discorso Faraday del prof. W. Ostwald*, in *Atti della R. Accademia dei Lincei. Rendiconti*, serie 5ª, vol. V, 1904.

[75] R. Nasini, *Le leggi fondamentali della stechiometria chimica e la teoria atomica. Il discorso Faraday del prof. W. Ostwald*, in *Gazzetta chimica italiana*, a. XXXVI, vol. XXXVI, t. I, 1906, pp. 540-590.

[76] W. Ostwald, *Die Schule der Chemie*, Braunschweig, Vieweg, 1904. Quest'opera è citata ampiamente da Nasini nelle considerazioni conclusive della sua memoria. Essa, peraltro, come si è visto, ebbe numerose edizioni in italiano (1908, 1913).

[77] R. Nasini, *Le leggi fondamentali della stechiometria chimica e la teoria atomica. Il discorso Faraday del prof. W. Ostwald*, in *Gazzetta chimica italiana*, cit., p. 541.

Dopo aver ribadito che la teoria atomico-molecolare allora corrente non era quella di Dalton, ma quella di Avogadro e Cannizzaro, e quindi 'italiana',[78] Nasini sviluppa in maniera dettagliata le obiezioni sollevate da Cannizzaro nella seduta del luglio 1904 estendendole alle ricerche di Wald, mettendo in forte rilievo la difficoltà di dedurre *tutte* le leggi stechiometriche dalla regola delle fasi e dal concetto di ilotropia e in ultima istanza sul concetto di *specie chimica* o di *individuo chimico*. Una delle prime conclusioni generali a cui arriva Nasini consiste nel ribadire la centralità delle relazioni ponderali fra le sostanze nella loro individuazione, come se non si potesse fare a meno della nozione della ponderabilità dei corpi, anche a partire dal punto di vista dinamico degli equilibri chimici e della regola delle fasi, scelto come fondamentale e più generale da Ostwald e da Wald:

> «La regola delle fasi riguarda principalmente i fattori qualitativi dell'equilibrio, il loro numero, anziché la quantità loro assoluta o ponderalmente relativa: riguarda il limite dell'esistenza di una data fase ed in questo campo delle applicazioni agli individui chimici si potranno forse fare e delle utili definizioni e illustrazioni sulla natura dell'individuo chimico, anche in relazione ai suoi componenti, potranno scaturir fuori, ma al di là di questo credo che poco si possa andare. Ritengo che accadrà sempre quello che è accaduto all'Ostwald e al Wald, che cioè pur partendo da considerazioni fondate sulla dinamica chimica, sugli equilibri, sulla regola delle fasi, a poco a poco si è costretti, senza avvedersene, ad abbandonare tutte le nozioni da cui si son prese le mosse per giungere a stabilire, o a voler stabilire, delle semplicissime relazioni di peso, se si vuole arrivare alle aride, e nella loro aridezza meravigliosa, leggi stechiometriche, delle quali base principalissima è l'analisi e la bilancia. E sempre illudendosi di essere guidati da quei principi di dinamica, di leggi degli equilibri, dai quali, prendendo le mosse si era cominciati a discorrere!».[79]

La memoria di Nasini è di tipo *critico*, in essa prevale la parte *destruens*, cioè la dimostrazione della impossibilità da parte di Ostwald e di Wald di mantenere le loro promesse, se non ritornando – addirittura inconsapevolmente – alle posizioni da loro criticate. La proposta finale consisterà in una ipotesi di riforma dell'insegnamento della chimica, fondata su una sua rigorosa assiomatizzazione e sull'abbandono dell'approccio storico-critico, tipico dello stile di Cannizzaro, e che era

[78] «Ma fu in Italia che si sviluppò la vera teoria molecolare e atomica [si noti l'inversione, teoricamente fondata, dei due aggettivi, rispetto ad atomico-molecolare. NdA], quella che ci serve da guida e in base alla quale sono determinati i pesi molecolari e atomici, che si chiamino pure, se si vuole, pesi di reazione e pesi di combinazione. Fu in Italia che, per opera dell'Avogadro, si introdusse la distinzione tra molecola e atomo e si giunse dal grande piemontese a quella geniale ipotesi che per la maggior parte dei fisici e dei chimici, è sempre la base della chimica attuale. Fu pure in Italia che il Cannizzaro, dalla regola dell'Avogadro traendo tutto quello che essa poteva dare, poté mettere questa ipotesi d'accordo con tutti i fatti chimici e fisici e giunse a stabilire, in base alla sua legge degli atomi, quel sistema di pesi atomici che meglio risponde di ogni altro alla semplicità delle leggi che incontriamo nella nostra scienza» (*ivi*, p. 542).

[79] *Ivi*, p. 555-556.

con tutta evidenza alla base del volume primo già citato dell'*Enciclopedia* di Guareschi. Ma se di Cannizzaro era tempo di abbandonare lo stile, ciò non voleva dire abbandonare il contenuto profondo del suo contributo teorico, che anzi andava collocato come punto di partenza della nuova assomatizzazione, ma solo per il suo lato fenomenico:

> «Il Cannizzaro afferma che la legge degli atomi racchiude tutte le altre leggi … Certissimo è che essa è la legge più generale che si conosca, ora poi che si può estendere alle soluzioni diluite e non solo essa contiene le leggi delle proporzioni multiple e quelle dei volumi di Gay-Lussac, ma contiene ancora quelle dei pesi proporzionali. Cosicché, se non fosse l'affetto che si ha sempre all'esposizione didattica basata sul metodo storico, non vi ha dubbio che l'insegnamento della chimica acquisterebbe rapidità ed eleganza partendo da questa legge. Potrebbe enunciarsi come dato sperimentale, dopo aver parlato sulle leggi fondamentali dei gas ed in generale sulle trasformazioni, reazioni e combinazioni chimiche, e dopo di avere affermato il principio della legge delle proporzioni fisse, senza il quale non si potrebbe parlare della composizione dei corpi, sebbene l'enunciato della legge implichi il riconoscimento del fatto che lo stesso corpo si è trovato aver sempre la stessa composizione … Non vi è alcun dubbio che l'enunciato della legge di Cannizzaro rappresenta la sintesi più comprensiva e più rapida delle leggi stechiometriche. Una volta poi enunciata questa legge e messa in rilievo la grande importanza che hanno in chimica i pesi di volumi di sostanze allo stato di grande attenuazione presi in condizioni fisiche uguali, certo che la ipotesi dell'Avogadro…viene quasi ad imporsi al nostro spirito. E sino a che non si riuscirà a dedurre la legge del Cannizzaro dai principi fondamentali della meccanica chimica, credo che quella ipotesi non potrà essere bandita dalla scienza. Si potrà non parlarne, ma essa sarà sempre presente al nostro spirito».[80]

La polemica di Nasini con Wald ebbe poi un seguito nel 1907, rimanendo ognuno dei due scienziati nelle proprie posizioni.[81] In realtà una assiomatizzazione della chimica fisica fondata sulla legge degli atomi di Cannizzaro non si ebbe mai, neppure in Italia, anche perché la stessa teoria atomica e molecolare subì, agli inizi del XX secolo, sviluppi assolutamente inediti che spostò l'accento sulla struttura della materia in ben altre direzioni. Nel frattempo, infatti, gli studi sul moto browniano di Perrin e di Albert Einstein confermavano, per sospensioni colloidali 10 volte più grandi rispetto al livello molecolare ipotizzato dalla teoria cinetica dei gas, i dati teorici di questa teoria: le molecole, quindi, potevano essere *calcolate* e, grazie all'ultramiscroscopio inventato nel 1900 dallo studioso dei colloidi Richard Zsigmondy, quasi rese visibili. Di fronte a queste novità sperimentali di così vasta portata e significato lo stesso Ostwald (ma non Duhem e Mach) nel 1908 cedette le armi, come argomenta ampiamente egli stesso nella prefazione alla 4ª edizione del suo trattato *Grundriss der allgemeinen Chemie*:

[80] *Ivi*, pp. 588-589.

[81] Vedi R. Nasini, *Il più urgente problema della chimica. A proposito di una pubblicazione di Franz Wald*, in *Atti della R. Accademia dei Lincei. Rendiconti*, s. V, rf. XVI, 1 (1907), pp. 847-853.

«Mi sono convinto che da breve tempo siamo giunti in possesso delle prove sperimentali della natura discreta ossia granulare della materia, [prove] che l'ipotesi atomica aveva atteso vanamente da secoli, anzi da millenni … l'accordo dei moti browniani con le conseguenze dell'ipotesi cinetica che è stato verificato da una schiera di ricercatori...autorizzano ora anche lo scienziato prudente a parlare di una conferma *sperimentale* della natura atomica della materia estesa. Con ciò quella che è stata finora l'ipotesi atomica è assurta al rango di una teoria scientifica ben fondata».[82]

A queste ammissioni farà eco Perrin, il calcolatore del numero di Avogadro, nel suo *Les atomes* del 1913:

«La teoria atomica ha trionfato. Ancora poco tempo fa assai numerosi, i suoi avversari, alfine conquistati, rinunciano uno dopo l'altro a sfide che furono a lungo legittime e senz'altro utili. È a proposito di altre idee che ormai sarà condotto il conflitto degli istinti di prudenza e di audacia il cui equilibrio è necessario al lento progresso della scienza umana. Ma nel trionfo stesso, vediamo svanire ciò che la teoria primitiva aveva di definitivo e di assoluto. Gli atomi non sono quegli elementi eterni e indivisibili la cui irriducibile semplicità dava al Possibile un limite, e, nella loro inimmaginabile piccolezza, cominciamo a presentire un formicolio prodigioso di mondi nuovi».[83]

Cannizzaro, quindi, come si è accennato in precedenza, ebbe modo di assistere al trionfo della teoria molecolare e atomica, al di là delle sue stesse aspettative e anche di come l'aveva lui stesso concepita. Ancora il suo collaboratore e discepolo Nasini ci rende edotti di questo, in una relazione del 15 dicembre 1910, ma elaborata nel settembre 1909, pochi mesi prima della scomparsa del suo maestro avvenuta il 10 luglio 1910. Questa era intitolata *La teoria atomica e l'opera di Stanislao Cannizzaro*, e Cannizzaro stesso ne era stato a conoscenza, come se volesse continuare, *in extremis*, la battaglia iniziata del lontano 1858 a favore della teoria di Avogadro:

«Questo discorso doveva essere letto alla riunione della Associazione per il Progresso delle scienze che si tenne a Padova nel settembre del 1909; diverse circostanze indipendenti dalla mia volontà, mi impedirono allora di compierlo. A scegliere il tema delle vicende e dello sviluppo della teoria atomica, specialmente negli ultimi cento anni, mi aveva spinto e incoraggiato il prof. Cannizzaro; e nel 1909 molti colloqui, molte discussioni ebbi con lui sull'argomento. Speravo che quanto io stava pensando, e poi scrivendo, avrebbe avuto l'approvazione di lui ed

[82] W. Ostwald, *Einleitung*, in *Grundriss der allgemeinen Chemie*, Dresden und Leipzig, Steinkopfs, 1909[4]. Cit. it. in P. Mirone, *Wilhelm Ostwald fra «teoria» e «ipotesi» atomica (1890-1908)*, in *Atti del IV Convegno nazionale di Storia e Fondamenti della Chimica*, Venezia 7-9 novembre 1971, a cura di G. Michelon, in *Memorie di scienze fisiche e naturali*, vol. 110, «Rendiconti della Accademia Nazionale delle Scienze detta dei XL», s. V, v. XVI, p. II, t. II, 1992, pp. 313-319. Sull'intera vicenda v. J. Servos, *Atomi, molecole e ioni*, cit.

[83] J. Perrin, *Les atomes* (1913), trad. it. *Gli atomi*, intr. Carlo Bernardini, Roma, Editori Riuniti, 1981, p. 219.

a lui del mio discorso voleva fare omaggio dedicandoglielo. Ed omaggio reverente e modesto esso rimane alla sacra e grande memoria sua».[84]

Poi, dopo aver ripercorso gli antefatti della nascita e dello sviluppo della teoria atomica e molecolare ottocentesca e enfatizzandovi il ruolo di Cannizzaro, dopo aver ripreso i termini della polemica degli anni precedenti con Ostwald e Wald ed esposto le nuove e diverse teorie contemporanee sulla struttura atomica della materia, Nasini concludeva rievocando ancora il suo maestro, quasi rivendicandone l'eredità spirituale nel nuovo contesto della chimica dell'epoca, con una enfasi patriottica molto accentuata, ma ancora molto distante dal nazionalismo successivo del primo dopoguerra:

«Il grande Maestro seguiva con interesse e con soddisfazione ben comprensibile, le nuove fasi della teoria, a coordinare e a difendere la quale tanto aveva cooperato. Negli ultimi tempi egli sempre ne parlava con me. Ora è un anno, trovandomi io a Roma, volle che brevemente gli facessi una esposizione della così perspicua e attraente memoria del Perrin "Mouvement brownien et réalité moleculaire"[85] che poi chiese, e credo cominciasse a leggere. E con me parlava di questo mio discorso, che voleva fosse una sintesi rapida della storia dell'ipotesi atomica, dei suoi trionfi, delle lotte che aveva dovuto sostenere; uno sguardo retrospettivo, prima che le nuove concezioni prendessero piede e, sviluppandosi, facessero un po' dimenticare le vecchie molecole e i vecchi atomi. E a questo suo desiderio ho cercato di adempiere; l'ultimo desiderio scientifico di lui a me espresso, perché dopo cominciò il decadimento, quando la scienza non lo interessò più ed egli abbandonò, con tanto dolore, la cattedra, che era stata la sua vita.
Ci troviamo ora in condizioni non molto dissimili da quelle di poco più che un secolo fa. Una nuova teoria atomica è sorta, ed è specialmente, come allora in Inghilterra che viene sviluppata e coltivata nella parte, diremo così, più fantasiosa e attraente. L'Italia nella teoria molecolare atomica portò sempre la parola del buon senso scientifico, dell'acume, della chiarezza, e, insieme, della semplicità, dileguando le obiezioni, fugando i pregiudizi. Tale si mostrò coll'Avogadro, tale si mostrò col Cannizzaro; e per opera di questi due sommi l'Italia ha tenuto, senza contrasti, il primato, non veramente nella chimica intesa come scienza di lavoro sperimentale, sebbene soddisfacente sia quello che abbiamo fatto, ma senza dubbio nella teoria atomica: legge dell'Avogadro, costante dell'Avogadro, legge degli atomi o del Cannizzaro, pesi atomici cannizzariani! È quanto basta per renderci orgogliosi, e nel tempo stesso per incitarci a proseguire, ed a sperare che un'altra volta ancora l'Italia porterà simili contributi alle rinnovellate e più profonde concezioni atomistiche. Sarebbe il miglior omaggio reso alla memoria del Maestro perduto; rivivrebbe l'opera sua di pensatore, di insegnante, se il nostro paese potesse mantenere un così glorioso primato».[86]

[84] R. Nasini, *La teoria atomica e l'opera di Stanislao Cannizzaro*, in *Gazzetta chimica italiana*, 1910, p. 153.

[85] Si tratta di J. Perrin, *Mouvement brownien et réalité moleculaire*, in *Annales de chimie et de physique*, 8ème série, 18, 1909, pp. 1-114.

[86] R. Nasini, *La teoria atomica e l'opera di Stanislao Cannizzaro*, cit., p. 184

Come è noto, non dalla chimica verrà, nei primi decenni del Novecento, il contributo italiano alla nuova teoria atomica, né dalla chimica fisica, ma, comunque, da quegli istituti di ricerca di via Panisperna in Roma che Cannizzaro, per primo, aveva tanto contribuito a edificare e a far funzionare.[87]

Riassunto – Le origini della chimica fisica suppongono una estensione molto ampia della legge (o principio) di Avogadro, sulla quale si basava la teoria atomico-molecolare nella interpretazione di Stanislao Cannizzaro. Ciò favorì la diffusione di questa disciplina in Italia, malgrado l'influenza delle teorie di Wilhelm Ostwald, contrarie a quella legge (o principio).

[87] Vedi A. Di Meo, *Scienza e Stato*, Roma, Carocci, 2003.

FONDAMENTI,
STORIA E DIDATTICA DELLE SCIENZE