



La Chimica classica alla Mendeleev è una teoria scientifica come la Termodinamica

The classical Chemistry of Mendeleev
is a scientific theory like Thermodynamics

ANTONINO DRAGO, GIOVANNI VILLANI

Summary

This paper examines the theory of Mendeleev as is set forth illustrated in its main text. We note that it is based on three problems, the first two corresponding to those of thermodynamics in the formulation of his founder, Sadi Carnot. For both theories, the chemistry of Mendeleev and the thermodynamics of Carnot, the first problem is of quantitative nature (to study all chemical reactions and all forms of energy, respectively) and generates invariants (the elements of matter and the different forms of energy); the second problem, instead, is related to the quality (the limit bound on the convertibility among the substances and the limit bound on the convertibility among the forms of energy). There is, finally, the third problem of the chemistry but not of the thermodynamics, of the various analogies among the elements. Moreover, both theories have also the same choice — in opposition to the infinitesimal analysis of mechanics — of a simple mathematics: that of the arithmetic of the natural numbers and of the continuous variations. Afterwards, this setting of the foundations of chemical theory was disregarded since the birth of physical chemistry, also due to the greater confidence given by its increase in the level of mathematics used.

Key words

Classical chemistry, Mendeleev, principles, thermodynamics, mathematics, organization.

Riassunto

In questo lavoro si esamina la teoria di Mendeleev così come è esposta nel suo testo fondamentale. Si nota che essa si basa su tre problemi; i primi due corrispondono a quelli della termodinamica nella formulazione del suo fondatore, Sadi Carnot. Sia per la chimica di Mendeleev sia per la termodinamica di Carnot, il primo problema è di tipo quantitativo (studiare tutte le reazioni chimiche e tutte le forme della energia, rispettivamente) e genera degli invarianti (gli elementi della materia e le varie forme di energia); il secondo problema riguarda, invece, la qualità (il limite alla trasformabilità tra le sostanze e il limite alla trasformabilità tra le forme di energia). Vi è, infine il terzo problema, chimico ma non termodinamico, delle varie analogie tra gli elementi. Queste due teorie, inoltre, sono associate anche dalla scelta di una matematica semplice, in opposizione alla analisi infinitesimale della meccanica: quella della aritmetica dei numeri naturali e delle variazioni continue. Questa impostazione concettuale dei fondamenti della teoria chimica è stata poco considerata, a partire dalla nascita della chimica fisica, anche a causa della maggiore sicurezza che sembrava dare il suo maggiore livello della matematica utilizzata.

Introduzione

È sorprendente che le storie della chimica o sono generali, arrivando fino alla chimica contemporanea (si veda ad esempio [2]), oppure facilmente si fermano al periodo della “rivoluzione” di Lavoisier (per esempio [22]), come se con lui si concludesse la tappa storica decisiva per la teoria. Sembra poco considerata la lunga gestazione di quasi un secolo, quello che va da Lavoisier a Mendeleev.

D'altronde si parla molto della chimica classica, ma non è chiaro di che cosa essa sia costituita e se essa sia una teoria. Quest'ultima

difficoltà deriva soprattutto dalla mancata valutazione di che cosa sia la tabella di Mendeleev: una legge, una classificazione, un metodo, ecc. [17][21]. Per Scerri [19], il sistema periodico non è una teoria né è un modello scientifico, benché possieda una notevole quantità di potere esplicativo nelle scienze chimiche e fisiche. Per cui spesso essa non viene considerata dalla storia della scienza in generale.¹

Anche considerando il problema all'interno della sola chimica, esso è stato complicato dal fatto che poco dopo la nascita della tabella è nata la chimica-fisica. Questa ha fatto pensare ad un rinnovamento totale della chimica sulla base della molto più rispettata termodinamica, se non altro perché quest'ultima finalmente le faceva superare quello stato di "quasi non avere matematica" che aveva portato i filosofi e i teorici a ritenere che la chimica appartenesse al limbo delle "arti", non delle vere teorie scientifiche; infatti la chimica-fisica ha introdotto una matematica rispettabile che arrivava fino alle derivate e agli integrali. In questo quadro è importante un fatto apparentemente ignorato dalla letteratura anche storica: Mendeleev, quando ha presentato in maniera sistematica la sua tabella, ha nello stesso tempo proposto una teorizzazione della chimica classica come teoria autonoma. Essa è probabilmente sfuggita ai più perché non è di tipo euclideo-newtoniano, ma è alternativa ad essa.

Questo scritto illustra la proposta teorica di Mendeleev e la confronta con la teoria termodinamica (specie nella versione di Sadi Carnot che è di mezzo secolo prima) che risulta analoga. Con ciò dimostreremo che esiste una "teoria chimica classica", benché per molti questa dizione non sia apparsa chiaramente definita. Quindi risulterà un preciso legame teorico tra la Chimica classica e la termodinamica; esso attribuisce alla chimica una dignità teorica autonoma, indipendentemente da quella stabilita poi dalla chimica-fisica.

L'esposizione della teoria di Mendeleev fondata su tre problemi

Mendeleev ha esposto la sua tabella degli elementi attraverso vari scritti, ma la esposizione più sistematica è quella del suo trattato; che ebbe

1. Anche Kuhn non menziona la tabella periodica di Mendeleev, sia nel suo celeberrimo libro *La struttura delle rivoluzioni scientifiche* [12] sia nei suoi scritti successivi.

molte edizioni russe, e fu tradotto in francese, tedesco e inglese [16].

Esso è intitolato giustamente *Principi di Chimica* perché egli vi espone dei principi con i quali ha ordinato e unificato tutti i risultati cumulati in secoli di ricerche sulla trasformabilità delle sostanze. Però Mendeleev non concepiva la sua teoria come fondata su assiomi; ad es., egli non credeva neanche agli atomi (più che come ipotesi di lavoro). Così i suoi “principi” non sono principi di natura metafisica, come quelli di Newton (spazio e tempo assoluti) o quelli matematici di estremo come nella meccanica di Maupertuis; ma sono principi che indirizzano la indagine degli scienziati sulla natura; cioè, sono *principi di metodo*. Infatti la chimica era da lui concepita come la ricerca di un nuovo metodo per risolvere tre problemi fondamentali, da lui posti ben in evidenza.

Il primo problema è enunciato nelle prime righe della pagina 1 del suo trattato.

La Chimica si occupa dello studio delle sostanze che con le loro diverse combinazioni costituiscono tutti i corpi che ci attorniano. Essa si occupa della trasformazioni delle sostanze tra loro e dei fenomeni che le accompagnano.

Quindi la Chimica ha il problema di chiarire quali sono le sostanze che compongono tutti i corpi materiali e come esse possano trasformarsi tra loro.

Nel libro di Mendeleev seguono lunghe note e un lungo intermezzo che presenta il metodo, sperimentale ed induttivo, con cui la Chimica procede.

Inoltre si stabilisce “una semplice e prima legge chimica”, la conservazione della materia: “la materia non può essere perduta, né creata[. . .] essa è eterna.”² Benché non avrebbe dovuto oscillare tra appellativi diversi (“principio”, “legge”), comunque è chiaro che egli la qualifica come una semplice “ipotesi”; con la quale, dice Mendeleev, “non vogliamo che tradurre l’osservazione dei fatti” (p. 20), senza porla come verità necessaria a priori. In altri termini, sono ipotesi di lavoro per la ricerca sperimentale, cioè principi di metodo della ricerca.

Poi alle pp. 20–21 egli indica l’“altra questione”, cioè *il secondo problema*, che la teoria Chimica vuole risolvere:

2. Le sottolineature sono aggiunte per indicare le parole negative delle frasi doppiamente negate

Esiste un limite alle differenti trasformazioni chimiche, oppure esse sono al contrario illimitate; cioè, si può, prendendo una sostanza qualunque, ottenere una quantità uguale di ogni altra sostanza? O ancora, in altri termini, esiste una trasformazione eterna, infinita, di una materia in tutte le altre, o il cerchio delle [tantissime] trasformazioni è limitato?

Ecco la seconda questione fondamentale di cui si deve occupare la Chimica: la questione della qualità della materia, evidentemente più difficile da risolvere che la questione della quantità [delle sue possibili trasformazioni].

Qui Mendeleev espone quello che è stato il problema (anche storico) fondamentale della Chimica: distinguersi dalla precedente Alchimia. Avendo notato che da un minerale potevano estrarsi successivamente sostanze molto diverse (ad es. dal galeno, il piombo e poi l'argento), gli alchimisti hanno creduto che non ci fosse limite alla trasformazione da un dato corpo iniziale ad una qualsiasi sostanza; in altri termini, hanno concepito una unica sostanza primitiva (la *Hyle*) che poteva essere trasformata in una qualsiasi altra sostanza.

Ma prima di risolvere questo problema, Mendeleev pone la questione delle individualità dei componenti della materia. Ricordiamo che la riduzione della teoria al livello metodologico minimo (solo esperimenti) suggerì a Lavoisier di definire il concetto di elemento semplice della materia in maniera euristica: "tutte le sostanze che non abbiamo potuto decomporre con alcun mezzo sono per noi degli elementi" [14]. Mendeleev ripete questa definizione (p. 30) (pur notando il suo "carattere negativo"; che egli giustifica col fatto che si tratta di un concetto ai limiti estremi della conoscenza; p. 31).

Allora discute del problema se la *hyle* possa produrre gli elementi semplici.³ Lo esclude con il seguente ragionamento per assurdo (in cui l'assurdo è espresso con l'"inimmaginabile"):

Allo stato attuale delle nostre conoscenze è impossibile anche immaginarsi un procedimento col quale i differenti corpi semplici si formerebbero a spese di una unica materia primitiva. [p. 30; cioè una materia non divisibile.

3. Già J. Dalton aveva affermato: "Alcuni filosofi hanno immaginato che tutta la materia, per quanto dissimile, è probabilmente la stessa cosa, e che la grande varietà delle sue sembianze si origina da certe proprietà che le vengono conferite e dalla varietà di combinazioni e arrangiamenti di cui è suscettibile [...]. Secondo me [invece] esiste un considerevole numero di quelle che possono essere chiamate particelle *elementari*, che non possono andare incontro a *metamorfosi* l'una nell'altra." Citato in [8].

Per cui] La speranza degli alchimisti di fabbricare [...] i corpi semplici non si appoggia su nessuna base, né reale né teorica. (p. 31)

Negando la validità scientifica del sogno dell'Alchimia, la teoria chimica si separa nettamente dal passato pre-scientifico⁴.

A questo punto Mendeleev utilizza il concetto di elemento per semplificare grandemente il primo problema: “Lo studio delle trasformazioni chimiche si riduce dunque a cercare come e con quali elementi ogni corpo semplice è combinato, prima e dopo la trasformazione.” (p. 32)

È noto che nel tentare delle sintesi la (comunque vastissima) ricerca Chimica ha incontrato difficoltà concettuali molto gravi (ad esempio lo stabilire la differenza tra atomo e molecola). Comunque, Mendeleev è pervenuto al risultato conclusivo: egli dimostrò che tutto convergeva a stabilire, con una precisione più che ragionevole, una legge di periodicità tra gli elementi costitutivi della materia.

Infatti egli pone *il terzo problema*, di origine del tutto empirica (è ottenuto dal confronto degli elementi tra loro, non dal loro numero):

Da molto tempo sono conosciuti molti gruppi di elementi simili. [...] Il loro studio ci porta alla questione seguente: quale è la causa dell'analogia e quale è il rapporto dei gruppi degli elementi tra loro? (p. 460).

Segue un ragionamento per assurdo (“impossibilità”) per affermare che queste sono le questioni esatte:

Senza avere una risposta a queste questioni, non è possibile raggruppare gli elementi analoghi senza cadere in errori grossolani. (p. 460)

Però egli risponde non teoricamente, ma affidandosi ad una certezza a posteriori (d'altronde non ci risulta nessun ragionamento teorico

4. Mendeleev commenta il suo risultato con la considerazione: “Nella ricerca della verità è necessario (è una conseguenza della natura stessa del nostro spirito) passare prima per giudizi spesso erronei e [solo] dopo all'esperienza; [cioè, prima] commettere un errore per aver cercato la verità per mezzo di semplici deduzioni.” (p. 24). Questa chiarificazione teorica ricorda quella dell'analogo problema della principale teoria fisica, la meccanica: quello di che cosa è l'inerzia. La risposta di Cartesio col suo principio di inerzia stabilisce il distacco della nuova teoria dalle precedenti concezioni filosofiche sul moto dei corpi, da quella di Aristotele a quella dell'*impetus*; così costituisce la distinzione più precisa tra la scienza moderna e la scienza antica.

di chimica classica che giustifichi la periodicità degli elementi):

Ora, risulta da tutte le nozioni precise che si hanno sui fenomeni della natura che tutte le proprietà di una sostanza dipendono giustamente dalla sua massa. [...] È dunque del tutto naturale cercare una relazione tra le proprietà analoghe degli elementi da una parte e dei loro pesi atomici dall'altra. (pp. 460–461)

Questa è l'idea fondamentale che obbliga a *disporre tutti gli elementi al seguito del loro peso atomico*. Fatto ciò, si nota immediatamente la ripetizione delle proprietà nei periodi degli elementi.

[...] *disponendo gli elementi secondo la grandezza crescente del loro peso atomico, si ottiene una ripetizione periodica delle proprietà*. Questo risultato si enuncia con la *legge periodica: le proprietà dei corpi semplici, come le forme e le proprietà delle combinazioni, sono una funzione periodica della grandezza del peso atomico*. (p. 461).

Avendo perso contatto con il ragionamento teorico, Mendeleev non pone il *quarto problema*, benché la sua soluzione porterà alla validazione di tutta la teoria e quindi concluderà la ricerca biscolore: *quanti sono gli elementi?* La conferma sperimentale delle previsioni di Mendeleev della esistenza del Gallio e del Germanio ha dato alla tabella la validità scientifica completa; benché si potesse ancora dubitare che non si erano sperimentate proprio tutte le reazioni chimiche possibili, comunque l'unico risultato al quale si poteva arrivare era stato raggiunto: si sapeva con ottima approssimazione quanti erano tutti gli elementi ai quali potevano essere ricondotte le trasformazioni delle sostanze tra loro (mettendo da parte i gas nobili che non reagiscono con gli altri).⁵

Ponendo il primo problema la chimica non applica dei principi quasi metafisici (la forza–causa di Dio nel mondo), ma si presenta come una ricerca finalizzata a risolvere il problema della trasformabilità della materia. Inoltre ponendo il secondo problema diventa del tutto estranea alla teoria fisica trionfante, la cui analisi infinitesimale veniva applicata a tutto, materia compresa (il che avrebbe condotto ad una *hyle* infinitesima), ma propone lo studio diretto di questi elementi e ne trova una proprietà sorprendente, la periodicità; infine pretende di avere un suo problema numerico che è insolubile con la suddetta

5. Sul ruolo teorico della Tabella di Mendeleev si veda [7].

analisi: trovare quanti sono gli elementi costitutivi della materia. *La sua teoreticità quindi è ben definita ed ha una sua originalità.*

Parallelo con la termodinamica

Si noti che così la Chimica è basata su problemi dei quali i primi due sono gli esatti corrispondenti ai primi due della termodinamica. Secondo le stesse parole di Mendeleev, il primo principio riguarda “la quantità”, cioè, rispettivamente tutte le reazioni chimiche e tutte le forme della energia (o più specificamente la quantità in un processo singolo, o chimico o fisico).

Un secondo principio riguarda “la qualità” degli enti precedenti, rispettivamente: la esistenza di un limite alla trasformabilità delle sostanze e la esistenza di un limite alla trasformabilità tra le forme di energia, in particolare tra il calore e le altre forme.

Nella termodinamica il suo fondatore Sadi Carnot, pose il problema di un limite alla trasformabilità del calore in lavoro e lo ricavò [3].⁶ Ciò ha distrutto il sogno di una potenza illimitata (che ai suoi tempi era nato dall’aver scoperto, col motore a vapore, la trasformazione del calore in grandi quantità di lavoro) [II].

Proprio perché questo limite esiste in ambedue i casi, allora sono da considerarsi essenzialmente distinte e quindi qualitativamente diverse, rispettivamente: le sostanze (e in definitiva, gli elementi) e le forme di energia. Cioè manca un elemento unificante, rispettivamente: la *hyle* e la energia che unifica tutte le energie (si noti che il primo principio della termodinamica usa il concetto di U , la riserva di energia in tutte le sue forme, ma solo i ΔU sono misurabili; in altri termini non esiste il valore $U=0$ o altro valore finito che riguardi *tutta* la energia di un sistema).

In termodinamica questo concetto (efficienza minore di uno) ha avuto un ruolo cruciale per far nascere storicamente il concetto di entropia (entropia sempre crescente), che ha fatto avanzare ambedue le teorie. Infatti, mentre in termodinamica la funzione di stato entropia

6. Per le macchine meccaniche questo sogno era stato confutato dal padre Lazare, quando aveva fondato la meccanica (basandola sull’urto dei corpi, non sulle forze). In ambedue i casi (meccanica e termodinamica) la conseguenza è stata quella di stabilire un rapporto di efficienza per ogni trasformazione.

S determina le caratteristiche basilari delle trasformazioni dell'energia, in Chimica troviamo l'analogo nell'uso sempre della entropia per determinare la trasformabilità delle sostanze (questo fatto costituisce proprio l'inizio della chimica-fisica). Quindi il parallelo prosegue, diventando stretto.

Si noti che nella storia la termodinamica è nata seguendo l'ordine inverso a quello indicato da Mendeleev: prima il problema quantitativo e poi il problema qualitativo che è più difficile. Infatti, solo dopo 25 anni dall'opera di Sadi Carnot, che di fatto stabiliva il secondo principio della termodinamica, Clausius e Kelvin hanno proposto il primo principio.⁷ In effetti, al tempo di Sadi la questione quantitativa in termodinamica non si poneva, perché, oltre il lavoro meccanico si conosceva solo l'incerto lavoro elettrico, mentre quello termico era tutto da studiare. Solo dopo è diventato chiaro che le forme della energia sono numerose e che quindi il problema quantitativo della loro trasformabilità non è limitato, come al tempo di Sadi Carnot, all'unico caso del calore in lavoro meccanico.⁸ Ed allora l'ordine è diventato quello poi seguito anche da Mendeleev.

Le risoluzioni dei due problemi scelgono una matematica e una logica specifiche

Le soluzioni dei due problemi chimici e termodinamici hanno precise funzioni per lo sviluppo delle rispettive teorie. In termodinamica il primo principio stabilisce un particolare tipo di matematica.⁹ La

7. Più di un autore si è chiesto come mai è avvenuta questa inversione dell'ordine logico; ad es. [1]: *By what magic has our stream risen higher than its source?*

8. Inoltre non si creda che fosse già stato stabilito il principio della conservazione della energia meccanica. In effetti alla fine del 1600 (cioè con la nascita della meccanica newtoniana) lo avevano proposto Huygens e Leibniz; ma, per teorizzare l'urto dei corpi, Newton aveva proposto, assieme a Wren e Wallis, un modello di corpo perfettamente duro come modello ideale; in uno scontro frontale due corpi perfettamente duri di uguale massa dovevano bloccarsi; inoltre, se un tale corpo cadeva a terra, non doveva rimbalzare (Anche la meccanica dei gas veniva studiata concependo gli atomi come duri, in posizioni fisse e soggetti ad interazione mediante una forza centrale). Quindi al tempo di Sadi Carnot la conservazione della energia era un concetto misterioso, che solo una minoranza eterodossa proponeva come concetto generale sulla base dei pochi esempi del tempo [20].

9. In meccanica il principio di inerzia, attraverso il tempo continuo e lo spazio continuo, serve anche a stabilire la matematica utilizzata, che è quella dell'infinitamente divisibile del

formula del primo principio stabilisce una uguaglianza secondo una matematica continua, che però lega tra loro forme di energia che, come il calore, non sono spaziali e le variazioni temporali sono solo quelle prima/dopo, cioè discontinue. Quel principio, quindi, blocca l'uso della analisi infinitesimale, basata sulle variabili continue di spazio e tempo e riduce la matematica a quella, al massimo, delle variazioni finite di grandezze continue, le quali sono esprimibili anche con i soli numeri razionali.

Anche in Chimica il primo problema di Mendeleev serve a stabilire la matematica:

- a) i numeri razionali positivi (coppie di numeri naturali) per indicare i pesi delle sostanze in gioco in una trasformazione; questi numeri sono ancora sufficienti nella risoluzione del terzo problema, che richiede il peso atomico;
- b) ma poi si scende ai numeri naturali per indicare il numero atomico degli elementi costitutivi della materia.

Questo fatto è sorprendente per chi è abituato ad associare allo studio della natura la matematica della potentissima analisi infinitesimale con le sue equazioni differenziali. Ma nel sec. XX altre teorie basate sui numeri interi (teoria dei giochi, teoria del DNA) hanno dimostrato di essere non per questo limitate o primordiali. Oggi anche la Chimica usa una matematica sofisticata, ma differente da quella infinitesimale, per esempio quella dei Gruppi di Simmetria. Quindi l'interpretazione della natura non ha come ideale la analisi infinitesimale.

Passiamo ora al secondo principio, quello che corrisponde agli aspetti qualitativi della teoria.

Nella termodinamica esso esprime una limitazione nelle trasformazioni tra calore e lavoro.¹⁰ Invece nella meccanica di Newton, forza-causa di $f = ma$ si basa sulla metafisica delle cause (criticata

continuo sia dello spazio che del tempo.

10. La limitazione in effetti ci sarebbe anche in meccanica se si partisse dal lavoro e si considerasse la limitazione per cui non sempre le forze sono conservative. All'inverso, proprio per non voler considerare questa limitazione della teoria meccanica, si considerano le forze-causa metafisiche, adattate ad ogni caso. Nella meccanica di Lazare Carnot la limitazione è intrinseca alla sua equazione fondamentale; questa rappresenta il bilancio dell'energia meccanica includendo anche il "lavoro perduto".

magistralmente da D'Alembert e Lazare Carnot).

La esistenza di una limitazione essenziale nei fenomeni considerati impedisce di utilizzare degli assiomi che con poche parole sintetizzino affermativamente tutta la realtà considerata. Se infatti all'inizio della teoria occorre affermare che c'è una limitazione, allora la mente umana non può accettare il fatto compiuto, ma deve spiegarsi perché esiste la limitazione e casomai come sia possibile una conoscenza nonostante quella limitazione; quindi nella teoria deve porre un problema (era quanto avevano già fatto Lazare Carnot e poi Sadi Carnot).

Ma allora la stessa logica della teoria non è deduttiva, ma induttiva, al fine di risolvere il problema con l'invenzione di un nuovo metodo scientifico. Di fatto, sia nella termodinamica di S. Carnot che nella chimica si usano frasi doppiamente negate che non sono equivalenti alle corrispondenti affermative e si ragiona per assurdo; lo stesso avviene in chimica, sin dalla definizione di elemento [5][6]. Allora qui non vale la legge di logica classica: "Due negazioni affermano", quindi si ragiona in logica non classica.¹¹

In definitiva, notiamo che nel rapporto teoria-matematica la Chimica è una teoria ben costituita, benché usi una matematica semplice; e lo è nel rapporto con la logica, pur utilizzando essa una logica innovativa rispetto a quella classica della geometria euclidea e della meccanica di Newton.

In conclusione, la Chimica presenta due problemi iniziali che sono analoghi a quelli della termodinamica. Essi determinano uno sviluppo teorico dello stesso tipo matematico e logico della termodinamica. Concludiamo allora che *se la termodinamica classica è una teoria per avere ben definiti problemi, lo è anche la chimica classica.*

Conclusioni

Una nostra rapida indagine sui libri di testo seguenti a quello di Mendeleev ha messo in luce che nessun testo ne ha ripetuto la concezione teorica della chimica classica. Ciò può essere dovuto a varie ragioni:

11. Si noti che le due teorie hanno in comune un'altra proprietà notevole, la periodicità; che in termodinamica appartiene al ciclo di Carnot. Questo, seguendo Mach, deve essere visto come uno strumento di ragionamento, tanto che lo si può esportare anche in meccanica e in elettricità [15].

la mancanza di una scuola di Mendeleev (che lasciò l'università prima del tempo); la poca attenzione da lui ricevuta fino alla scoperta del Gallio e del Germanio da parte dei chimici che, per sistemare la massa delle precedenti esperienze chimiche, seguivano le idee le più varie; le numerose divisioni filosofiche che attraversavano i chimici del tempo, non ultima quella nazionalistica; la quasi contemporanea nascita della chimica-fisica, che ha oscurato lo sforzo teorico precedente sia con la sua più potente matematica, sia con l'enorme sviluppo sociale che ebbero le sue applicazioni. Analizzare in dettaglio le motivazioni che hanno portato i chimici a cercare una teorizzazione diversa da quella della chimica classica di Mendeleev è fuori dallo scopo di questo lavoro e ne richiederebbe uno *ad hoc*. Notiamo però che quando la meccanica quantistica tentò di inglobare la chimica non era ancora chiaro ai chimici quale fosse la loro specificità teorica, non avendo essi chiarito che teoria fosse la loro chimica classica. Sembra allora urgente porre rimedio a questa mancanza di riflessione sull'identità teorica della chimica, a partire dal suo rapporto con la fisica.

Nye ha compiuto una approfondita analisi dei rapporti storici tra la teoria chimica e la teoria fisica. Ella conclude che chimica e fisica non sono commensurabili [18], ma questa sua valutazione vale solo in prima approssimazione, quando cioè si assumono come oggetti del confronto le unità macro-teoriche "la Chimica" e "la Fisica". In realtà, se si scende al livello delle singole teorie, fisiche e chimiche, allora si può avere al contrario che una teoria dell'una può essere parallela, come abbiamo visto, ad una teoria dell'altra. La incommensurabilità piuttosto è da attribuire al rapporto tra la Chimica classica e la teoria fisica dominante, quella newtoniana (e le analoghe).

Questa incommensurabilità si è manifestata storicamente con vari pregiudizi: una filosofia della chimica ha tardato così tanto a nascere perché è stata impedita prima dal pregiudizio filosofico sin dal suo sorgere¹² che essa non fosse una scienza per mancanza di matematica; poi dal pregiudizio fisico che essa non fosse una teoria scientifica autonoma; infine dal pregiudizio della storiografia della scienza (di Kuhn), per cui la nascita della Chimica è dovuto ad un "aspetto sopra-

12. Le critiche venivano degli autorevolissimi Kant [10] (la chimica è solo un'arte) e Comte [4]; essi non ci vedevano una matematica, considerata indispensabile per costruire una teoria scientifica.

meccanico del newtonianesimo” [13]¹³ (il che vuole annullare la sua incommensurabilità con la fisica newtoniana).

Allora, l’attribuire un’identità teorica alla Chimica classica pari a quella della termodinamica comporta anche una nuova storia di questa scienza.

Bibliografia

- [1] BRIDGMAN P., 1946. *The Nature of Thermodynamics*, http://archive.org/stream/natureofthermodyo31258mbp/natureofthermodyo31258mbp_djvu.txt; p. 10.
- [2] BROCK W.H., 2000. *The Chemical Tree. A History of Chemistry*, W.W. Norton & Co., New York, USA.
- [3] CARNOT S., 1824. *Réflexions sur la puissance motrice du feu*, Blanchard, Paris, Francia (ed. critica par Fox R., Vrin, Paris, Francia, 1978), 14–15.
- [4] COMTE A., 1858. *Cours de Philosophie Positive*. Borrani e Droz, Paris, Francia, t. 3, lez. 35.
- [5] DRAGO A., 2007. *La maniera di ragionare di Lavoisier, Dalton ed Avogadro durante la nascita della teoria chimica*, «Rendiconti Dell’Accademia Nazionale delle Scienze Detta dei XL», Memorie di Scienze Fisiche e Naturali, ser. V, 31, pt. II, tomo II, 189–201.
- [6] —, 2014. *Il ruolo del sistema periodico degli elementi nel caratterizzare la chimica classica come teoria scientifica*, Epistemologia, in stampa.
- [7] DRAGO A., PISANO R., 2004. *Interpretazione e ricostruzione delle Réflexions di Sadi Carnot mediante la logica non classica*, «Giornale di Fisica», 41, 195–215 (tr. ingl. in Atti Fondazione Ronchi, 59, 615–644).
- [8] GILLISPIE C. C., 1981. *Il criterio dell’oggettività. Un’interpretazione della storia del pensiero scientifico*, il Mulino, Bologna, Italia, nota 4, p. 250.
- [9] HOENIGEN–HOENE P., 1996. *Kuhn and the Chemical revolution*. In Cellucci C. et al. (ed.), 1994. *Prospettive della logica e della filosofia della scienza*, ETS, Pisa, Italia, 483–498.
- [10] KANT I., 1786. Prefazione a *Principi metafisica della scienza della natura*.
- [11] KUHN T.S., 1957. *Energy conservation as an example of simultaneous discovery*, in Clagett M. (ed.), *Critical Problems in the History of Science*, U. Wisconsin P., Madison, USA, pp. 321–56.

13. L’idea è ribadita dal suo allievo [9].

- [12] —, 1969. *La struttura delle rivoluzioni scientifiche*, Einaudi, Torino, Italia.
- [13] —, *ibid*, p. 135.
- [14] LAVOISIER A.L., 1789. *Elémens de Chimie*. Typ. Cuchet, Paris, Francia, 6–8.
- [15] MACH E., 1896. *Prinzipien der Warmaelhere* (tr. ingl., Reidel, Boston, USA, 1989). cap. XIX.
- [16] MENDELEEV D.I., 1892. *Principes de Chimie* (1871), Tignol, Paris, Francia. Mendelejew D.I. (1895), *Das natürliche System der chemischen Elemente*, Engelmann, Leipzig, Germania. Mendeleev D.I. (1905), *Principles of Chemistry* (1871), Longmans, New York, USA.
- [17] NIAZ M. *et al.*, 2004. *An appraisal of Mendeleev's contribution to the development of the periodic table*, *Studies in History and Philosophy of Science*, 35, 271–282.
- [18] NYE M.J., 1992. *Physics and Chemistry: Commensurate or incommensurate sciences?*, in Nye M.G. *et al* (eds.). *The Invention of Physical Science*, Kluwer, Dordrecht, Olanda, 205–224; cfr. p. 219.
- [19] SCERRI E. R., 2007. *The periodic table. Its Story and its significance*, Oxford University Press, Oxford, UK.
- [20] SCOTT W.L., 1971. *The Conflict between Atomism and Conservation Theory 1644–1860*, Elsevier, New York, USA.
- [21] SHAPER D., 1977. *Scientific theories and their Domains*, in Suppe P. (ed.), *The Structure of the Scientific Theories*, U. Illinois P., Chicago, USA, pp. 518–565 e pp. 535–536.
- [22] THACKRAY A., 1981. *Atomi e forze*, il Mulino, Bologna, Italia.

Antonino Drago, Giovanni Villani
Università di Pisa
ICCOM — CNR (UOS Pisa)
drago@unina.it;villani@pi.iccom.cnr.it