ANTONINO DRAGO*

Il chimico-filosofo Charles S. Peirce sulla Tabella di Mendeleieff e sui tipi di inferenza per costruirla

Abstract – Charles Sanders Peirce (1839-1914) began studying at eight chemical science in which he graduated from Harvard with honors. In the same year of Mendeleev's table (1869) he independently published a similar table and in 1892 he proposed a slightly different version of it. The practice and the chemical theory dominated his mind; he considered the valence as one of the most important ideas of the entire science; he built on it a theory of «chemical thinking», then changed in semiotic. He founded a philosophy, pragmatism, which is very close to the chemical method of inquiry; in particular, to their non-deductive inference process. He suggested, beyond the induction, another logical process, the abduction. By disentangling them and by recognizing also the limitation inference, several inference processes are obtained. They are all recognized in the method that Mendeleev declared to have followed when constructing his table. As a result, chemistry is characterized as the unique theory making use of all kinds of inference processes in one theory.

Key words: Peirce, chemist-philosopher, Mendeleev's table, Peirce's innovations, inference processes, abduction, limitation

Riassunto – Charles Sanders Peirce (1839-1914) ha iniziato a studiare a otto anni chimica, scienza nella quale si è laureato ad Harvard con lode. Nello stesso anno della tabella di Mendeleieff (1869) ha indipendentemente pubblicato una tabella simile e nel 1892 ne ha proposto una versione leggermente diversa. La pratica e la teoria chimica hanno dominato la sua mente. Ha considerato la valenza una delle idee più importanti di tutta la scienza; con essa ha costruito una teoria «chimica del pensiero», poi diventata semiotica. Egli ha fondato una filosofia, il pragmatismo, che è molto vicina al metodo di ricerca dei chimici; in particolare al loro metodo non deduttivo. Egli ha suggerito, oltre alla induzione, anche la abduzione. Definendole meglio – e riconoscendo – anche la limitazione, si ottengono diversi tipi di inferenza, che vengono ritrovati tutti nel metodo dichiarato da Mendeleieff nel costruire la sua tabella. Così la chimica viene caratterizzata come la unica teoria che usa tutti assieme i possibili tipi di inferenza in una sola teoria.

* Già del Dipartimento di Scienze Fisiche dell'Università «Federico II» Napoli.
E.mail: drago@unina.it

Introduzione su Peirce e la tabella di Mendeleieff

Notizie biografiche su Peirce possono essere trovate su molti libri e siti[1]. Non è facile caratterizzare l'uomo Peirce [11]. Figlio unico di un grande papà, molto precoce intellettualmente, geniale, con interessi intellettuali quasi sconfinati, ma studente mediocre, ha svolto una professione da scientifico applicato, ma ha lavorato soprattutto in logica e filosofia, ha scritto idee geniali su argomenti i più vari, ma non ha prodotto libri (salvo uno di esprimenti di fotometria), ha fatto poca carriera universitaria e casomai ne è stato allontanato, ma è stato nominato in molte prestigiose accademie scientifiche e filosofiche; alla fine, per il suo carattere orgoglioso e i suoi costumi eccentrici si è ridotto in miseria quasi volontariamente.

Nel passato pochi studiosi di Peirce hanno dato attenzione alla sua formazione da chimico e alla sua lunga professione di scienziato sperimentale. Ma i suoi scritti richiamano la chimica molte volte, che sarebbe lungo elencare. Il primo libro che fa attenzione a Peirce come un filosofo che è sorto dalla chimica è quello di van Brakel [20, pp. 26-27]; gli dedica una pagina densa di notizie.

I contributi più originali di Peirce riguardano la Tabella di Mendeleieff (= TM)[2]. Ha sostenuto che il suo insegnante universitario di chimica, Josiah Parson Cooke, è stato il precursore di Mendeleieff nel proporre la tabella degli elementi. Ma questa pretesa si è rivelata non valida [15, vol. 8 p. 450).

Peirce stesso si è dedicato molto alla classificazione degli elementi[3]. Nello stesso anno della pubblicazione della TM (1869) ha indipendentemente (e anonimamente) pubblicato una tabella simile [15, vol. 8, p. 450, pp. 649-650]. Ebbe l'occasione di ricordare la sua pubblicazione (su una rivista di poca diffusione) perché venne richiesto di pronunciarsi sulla pretesa di anticipare a John Alexander Reina Newland la scoperta della tabella. Allora richiamò la sua anticipazione, chiamandosi «un oscuro chimico americano, che, per aver avvertito che una grande scoperta era imminente», aveva deciso di non firmarsi. Come dice il curatore dei suoi *Works*, lo pseudonimo è facilmente riconducibile a lui [15, vol. 8, p. xlix, p. 650][4].

È anche interessante il fatto che ne aveva proposto una versione diversa, con pesi atomici variati e con alcuni gruppi modificati [15, vol. 7, pp. 284-285]; egli voleva uniformare la progressione del peso atomico nella tabella mediante l'aggiunta di piccole variazioni algebriche, minori di 2+1/2, in modo tale che ad ogni passo il

[1] Notizia biografiche dettagliate si trovano ad esempio sul sito [5], in [2] e nell'ottimo articolo su Peirce come filosofo [3].

[2] [20, p. 26] scrive che come Kant fu impressionato dal lavoro di Lavoisier, così Peirce lo fu dal lavoro di Mendeleieff.

[3] Egli ha scritto: «I due anni più appassionatamente laboriosi della mia vita furono dedicati esclusivamente a cercare di accertare qualcosa di certo» sulla «classificazione, o divisione, di questi elementi indecomponibili» [14, p. 143].

[4] Una riflessione preparatoria della sua anticipazione è lo scritto «The Chemical Theory of Interpretation», *Am. J. of Sciences and Arts*, 2 ser., 35 (1963) 78-61 [15, vol. 1, pp. 95-100].

salto del numero atomico fosse lo stesso. L'idea era sostenuta dal sospetto che i pesi atomici finallora ricavati non erano esatti, per la presenza ignorata di impurità. Dal 1914 la sua idea è stata sorpassata, ma nella stessa direzione, dalla introduzione (Moseley) del numero atomico, che dà salti strettamente uguali, unitari.

Peirce ha anche partecipato alla discussione sul problema se la sequenza degli elementi sia rappresentabile con una funzione matematica [16, pp. 110-111].

La mentalità da chimico di Peirce

Giunto a quasi cinquant'anni, egli scrisse, come sua prefazione autobiografica ad un libro rimasto non pubblicato, la sua vita intellettuale e le sue concezioni filosofiche:

> Il lettore ha il diritto di sapere come si sono formate le idee del'autore… Dal tempo che io ho cominciato a pensare fino ad ora, circa quarant'anni, mi sono occupato diligentemente e incessantemente dello studio dei metodi di ricerca, sia quelli che sono stati e tuttora sono utilizzati, sia quelli che si dovrebbero utilizzare. Per dieci anni… sono stato formato in un laboratorio di chimica. Ho appreso non solo tutto ciò che allora si conosceva di fisica e di chimica, ma anche la maniera con cui procedevano coloro che riuscivano a far progredire le loro conoscenze. Ho dato molta attenzione ai metodi della maggior parte delle scienze esatte, ho avuto una familiarità intima con le più grandi menti dei nostri tempi nella scienza fisica, ed ho dato contributi positivi – nessuno dei quali forse è di grande importanza – in matematica, gravitazione, ottica, chimica, astronomia, ecc... Mi sono saturato da capo a fondo con lo spirito delle scienze fisiche. Sono stato un grande studioso di logica…
> Perciò in breve la mia filosofia può essere descritta come il tentativo di un fisico [leggi: scienziato] di avanzare congetture sulla costituzione dell'universo così come lo può permettere la scienza, [ma anche] con l'aiuto di tutto ciò che è stato fatto dai filosofi precedenti… [2].

In effetti egli è stato formato soprattutto come chimico analitico, non sintetico; quindi doveva continuamente formulare ipotesi da verificare[5]. Il pensiero di Peirce ha il carattere fondamentalmente del chimico perché quando nei suoi scritti filosofici mette a confronto una ipotesi con dati sperimentali, la concepisce sempre senza associarla alla matematica; questo atteggiamento è tipico del chimico del suo tempo (e oltre), non del fisico, che dal tempo di Galilei era abituato a considerare in più la matematica.

Egli si rivela chimico piuttosto che fisico in un punto cruciale della sua filosofia, la concezione della attività della mente umana. Discutendo della capacità logica di ragionare delle macchine egli dice che essa dipende solamente dalla combina-

[5] Seibert [2] ha studiato dettagliatamente l'origine storica della sua formazione da chimico, mettendola in relazione con la sua mentalità e la sua filosofia. Per altri particolari rimando al suo scritto, in particolare al par. 4.

zione delle operazioni che vengono compiute dalla macchina; ma questa capacità non è specifica delle macchine di calcolo, ma di tanti sistemi di strumenti, anche se questi sistemi usualmente non vengono concepiti come macchine e tanto meno come macchine logiche. Infatti la mente umana ha le sue limitazioni, ma se aiutata da «carta e penna» (da intendere come qualsiasi sistema di strumentazione) può superare ogni limite di intellettualità:

> La mente da sola è anche limitata in questo e in altri aspetti; ma la mente che lavora con una matita e con carta in abbondanza non ha tali limitazioni.
> Allora, non è una maniera di dire quella di affermare che gli alambicchi e le cucurbite del chimico sono strumenti di pensiero, o macchine logiche [15, vol. 4, pp. 169].

In un altro scritto egli nota che la maniera di lavorare della mente è come quella di un ragazzo (forse si ricorda della sua prima esperienza da chimico?) che gioca con un laboratorio di chimica, non quella dello speculare in astratto:

> gli esperimenti sono molto più efficienti sulla base della loro per così dire impressività, sulla base del maggiore shock ai sensi del ragazzo che essi comunicano… il ragionamento è una attività dell'organismo fisiologico [con tutta la strumentazione che esso usa] sotto il governo della ragione, e non è confinato esclusivamente dentro «la mente» [18, p. 214][6].

Per chiarire questa sua mentalità, ricordiamo che per superare la pretesa di una razionalità che sarebbe unica per tutte le scienze, per tutti gli scienziati e per tutti i tempi gli storici hanno introdotto l'idea di «stile scientifico» [6] [13, pp. 178-199]. Una storica ha proposto l'uso di questo concetto per caratterizzare il pensiero dei chimici. Certamente si può parlare di uno *stile scientifico della chimica* perché i chimici hanno mantenuto una identità netta, nonostante innovazioni radicali nelle loro teorie e anche invasioni di campo da parte ad es. della fisica [1, pp. 365-368]. Questo stile dei chimici non è, come sembra ai fisici, «strano» in quanto non fa uso intensivo della matematica; ma ha una sua precisa identità, perché è caratterizzato innanzitutto dalle pratiche di laboratorio, nel senso che esse determinano sia le questioni che i chimici pongono alla natura, che le loro maniere di risolvere tali questioni. Più precisamente, questo stile ha tre caratteristiche:

1) una specifica maniera di conoscere attraverso il fare; infatti, i laboratori restano i luoghi privilegiati dei chimici, dove essi producono sia le sostanze che la teoria; le loro conoscenze sulla natura avanzano in quanto compiono, con l'analisi e la sintesi di sostanze materiali, artefatti di laboratorio;

2) il fare attenzione agli specifici individui piuttosto che alla materia in astratto; perciò con le loro attività di laboratorio essi sviluppano una loro specifica

[6] Anche quando deve confrontare professioni scientifiche egli sceglie non quella più famosa e gloriosa nell'ambiente scientifico, il fisico, ma il chimico, che viene contrapposto al matematico [14, pp. 5-6]).

maniera di teorizzare e loro specifiche concezioni della materia; in particolare, la loro concezione degli atomi del XIX secolo differiva molto da quella metafisica degli antichi filosofi Greci, come pure dalle concezioni poi sviluppate nella fisica atomica;

3) il coinvolgimento specifico nella natura così come essa è: come interrelazioni e non come sua relazione ad entità astratte (matematizzate) che si riferiscono non a «costituenti» la natura, ma ad «agenti» della natura; per cui la concezione della materia è di tipo strumentale e la si ricava mediante processi operativi attivi che trasformano la realtà.

Allora è evidente che Peirce partecipa questo stile scientifico dei chimici, perché addirittura ne ha fatto il metodo della sua filosofia, che giustappunto lui ha chiamato «pragmatismo», un concetto molto vicino all'operativismo. Di fatto questa filosofia viene definita con la «massima» del pragmatismo, che sembra sia stata presa dalla pratica dei chimici di concepire che cosa è l'atomo:

> Considera quali sono gli effetti pratici che pensiamo possano essere prodotti dall'oggetto di nostra concezione. La concezione di tutti questi effetti è la concezione dell'oggetto [16, p. 135].
> A che cos'altro si riferisce l'intero insegnamento della chimica oltre al comportamento dei diversi possibili tipi delle sostanze materiali? E in che cosa questo comportamento consiste oltre che, se una sostanza di un certo tipo è esposta ad un agente di un certo tipo, dovrebbe conseguire un certo tipo di risultato misurabile secondo le nostre precedenti conoscenze. Nient'altro che questo può essere *inteso* quando si dice che un oggetto possiede un certo carattere: questa è precisamente la posizione del filosofo pragmatista [15, vol. 8, 5.458].

Anche la sua classificazione delle conoscenze umane poneva la chimica in un ruolo privilegiato e la fisica in più luoghi, di importanza inferiore, a seconda dell'oggetto di studio [15, vol. 8, p. 274]. Perciò possiamo dire che la pratica e la teoria chimica hanno dominato la sua mente.

Chimica e filosofia in Peirce: teoria del pensiero come teoria chimica alla Mendeleieff

Forse per il suo stile di chimico che non si basa tanto sulla matematica, Peirce ha fatto molta attenzione invece ai processi del pensiero. Per lui ad es. era di grande importanza una caratteristica peculiare della chimica, indicata prima nel punto 3): le relazioni tra enti simili, cioè gli elementi, o le sostanze; un tipo di relazione che in Fisica è usato poco (ad es., una forza tra due corpi) o in maniera astratta (funzioni matematiche tra grandezze fisiche). Perciò egli ha considerato la valenza, la basilare relazione tra atomi, come una delle idee più importanti di tutta la scienza[7]. Tanto che con essa ha costruito una teoria, chiamata da lui «chimica

[7] [20, p. 26] ricorda che già prima Hegel aveva sostenuto questa idea.

del pensiero». Come gli atomi si combinano tra loro per formare molecole, così anche le idee possono combinarsi tra loro secondo specifiche «valenze», per formare proposizioni.

Da qui nasce il suo problema analogo a quello di Mendeleieff: caratterizzare tutti gli elementi costitutivi dei pensieri, detti da lui faneroni[8]. Di fatto, le combinazioni dei faneroni a due sono le più importanti, perché le altre sono ottenibili per ripetizione di queste. In termini matematici, un fanerone può essere associato ad una funzione $y=f(x)$, e ogni altra funzione più complessa può essere composta dalla composizione di funzioni: $f(g(h(\ldots)))$. In questa senso prevale il gruppo che nella tabella di Mendeleieff è il II. È stato dimostrato che da questa fanerochimica è nata la semiotica o teoria dei segni, ora una scienza accademicamente riconosciuta e molto sviluppata [19].

La sua attenzione ai processi di pensiero lo ha anche portato a studiare molto la logica e in particolare i processi logici di argomentazione. Egli fa parte di quel gruppo di scienziati che nella seconda metà dell'800 ha fatto rinascere la logica, che allora è diventata logica matematica. Egli ne ha dato contributi tra i più importanti, ma restando sul crinale tra l'informale e il formale. Sul lato dell'informale è importante soprattutto la sua riflessione sui tipi di ragionamento che può compiere la mente umana su dati, ipotesi, teorie. Ovviamente considera il classico ragionamento deduttivo, tipicamente rappresentato dalla geometria di Euclide, e organizzato allora con i sillogismi di Aristotele. Ma ha avuto il coraggio intellettuale di studiare approfonditamente tutti i modi di ragionare di tipo inventivo. Questa novità è molto interessante, perché la chimica ha un suo metodo di ragionare che non è certamente solo deduttivo.

Egli ha riconosciuto, oltre la induzione, un altro processo logico, la abduzione. Per tutta la vita egli ha cercato di definirla al meglio, ma senza riuscirci; per cui tuttora si discute molto su che cosa l'abduzione rappresenti, benché sia molto utilizzata nelle diagnosi mediche e nella teoria dei computer [10]. I suoi suggerimenti sulle varie maniere di ragionare sono stati molteplici e variabili nel tempo. Comunque le ha esemplificate in maniere molto semplici: ragionamenti su palline estratte da urne e sillogismi; solo una volta ha scritto sui processi logici connessi con il caso più complesso della TM [16, pp. 111-114], ma ha parlato solo della qualità che debbono avere le ipotesi e delle loro conseguenze.

D'altra parte egli valutava la TM come una impresa eccezionale nella storia della scienza:

> La sua meravigliosa e brillante concezione dello schema, come anche la sua chiara percezione della sua evidenza, è dimostrata dalla audace e formale descrizione che ha fornito

[8] L'aver avuto come base la nascita della chimica è stato il grande vantaggio di Peirce rispetto a Leibniz, che aveva concepito per primo questo progetto: «L'esigenza di *un alfabeto del pensiero*, che deve renderci possibile la costruzione di tutta quanta la conoscenza sulla base di un numero relativamente piccolo di elementi relativamente semplici, costituisce il punto di partenza della filosofia leibniziana» [4].

proprietà dei molti elementi allora sconosciuti, ma necessari per riempire gli spazi vuoti; e poi è dimostrata dalla trionfale verifica delle predizioni, specialmente quella che sembrava la più selvaggia e improbabile di tutte – quella relativa al Gallio. Pochissime induzione della intera storia della scienza sono degne di essere paragonate, come sforzi della ragione, con questa… In tutte le branche della fisica, le induzioni che riguardano le leggi periodiche degli elementi sono le più difficili da stabilire; e il perseguire le indicazioni della periodicità porta anche la mente più prudente ad una caccia all'anatra selvaggia. Eppure come rapidamente e completamente la legge periodica della chimica è stata posta fuori di ogni dubbio [15, p. 285]!

In più Peirce ha riconosciuto la TM come luogo di ragionamento. Ad es., nel 1883: ha scritto:

> «Lezione XLVII. / La induzione *pura* illustrata dalla teoria classica degli elementi. La legge di Mendeleieff» [15, vol 4, p 489].

E poi:

> Solo Mendeleieff ebbe la sagacità di discernere il vero schema delle relazioni; in ciò egli fu aiutato dal suo profondo studio delle relazioni tra le loro proprietà generali [15, p. 285].

D'altra parte questa sagacità è rimasta molto difficile da riconoscere col metodo che hanno seguito finora tutti gli storici: ricostruirle sulla base delle successive pubblicazioni dei risultati di Mendeleieff. Ad es. Scerri scrive:

> è difficile arrivare ad una rappresentazione chiara e dettagliata delle sue motivazioni e anche dell'andamento del suo pensiero [17, p. 104].

I processi argomentativi attribuibili a Peirce applicati alla formulazione della Tabella da parte di Mendeleieff

Un precedente lavoro ha seguito un metodo diverso, quello di studiare le premesse teoriche di Mendeleieff; ha stabilito che egli ha scelto non l'organizzazione deduttiva della teoria, ma quella basata su un problema, e non la logica classica ma quella intuizionista [8]. Nel seguito si esaminerà in che senso i diversi tipi di inferenze che si possono trovare in Peirce possano interpretare come Mendeleieff abbia formulato la TM.

Da un esame complessivo dell'opera di Peirce, due miei lavori hanno dimostrato che sia la induzione che la abduzione in effetti debbono essere disarticolate in più tipi di inferenze; e che un ulteriore tipo, basato sulla limitazione, era rimasto ignorato [7, 9]. Quindi sono riconoscibili sette tipi di inferenze di Peirce: 1) Inferenza induttiva secondo un processo di limite approssimativo sui numeri razionali, ovvero un limite di matematica costruttiva (la quale cioè usa solo l'infinito potenziale); 2) Induttiva secondo un processo di limite che ottiene sistematicamente il risultato finale (cioè secondo un processo idealistico che usa l'infinito in atto); 3) Ricorsiva-deduttiva; 4) Limitativa, dovuta a, come lui le chiama, «incapacità» o «impotenze» del pensiero; 5) Abduttiva, come (prendendo la parola dall'analogo

processo in computer science) un «oracolo» che dà il valore di un parametro; 6) Abduttiva come oracolo della migliore ipotesi; 7) Abduttiva come oracolo della ipotesi decisiva per costruire una teoria; questa usa quello che ho chiamato il «Principio di Peirce» [7], che è stato formulato da Peirce al seguente modo:

> Il fatto sorprendente C viene osservato.
> Ma C sarebbe normale se A fosse vero.
> Allora esiste una ragione per sospettare che A sia vero [14, vol 5, p. 117].

È ovvio che poi si esplori la ipotesi A[9].

Nel seguito applico i suddetti sette tipi di inferenza alla costruzione della TM, ma secondo un ordine che si adatta meglio al possibile percorso che ha seguito Mendeleieff nel costruire la sua tabella.

Induttiva di un valore limite sui razionali. Si ha quando si considerano le serie dei dati relativi alla determinazione sperimentale del valore di un parametro di un elemento, ad esempio il peso atomico. Allora si hanno tanti risultati sperimentali, dai quali occorre indurre il valore cercato. Siccome il risultato di ogni misurazione è solo un numero razionale, perché rappresentato da cifre decimali troncate ad una certa approssimazione massima significativa, il valore cercato è solamente approssimato. Mediante ciò ogni elemento è caratterizzato da una serie di proprietà chimico-fisiche.

Ricorsiva-deduttiva. In chimica corrisponde alla ipotesi di Prout: ogni elemento può essere ottenuto come multiplo di uno stesso elemento (idrogeno). Quindi gli elementi 1) possono essere posti in serie, ad es. dei pesi atomici; 2) la loro serie è espressa con una regolarità intrinseca data da una serie simile a quella dei numeri naturali. In particolare, per determinare il peso atomico occorreva ricavarlo dal peso equivalente dividendolo per una valenza spesso poco chiara (benché intera): altra operazione sui razionali. In effetti nella TM il parametro *peso atomico* ha espresso questa ricorsività, anche se in una maniera irregolare; poi il parametro *numero atomico* (e poi *il numero degli elettroni*) darà la esatta ricorsività (seppur di tipo elementare).

Limitativa. Peirce in alcuni scritti ha espresso con molta chiarezza un argomentare basato su limitazioni. La *valenza* ha questo ruolo: non è possibile considerare omologhi due elementi con valenze differenti. Ovviamente, rispetto alle diverse valenze che un elemento può avere, si tratta della valenza base. Con ciò si definiscono le barriere al cui interno ci sono i singoli gruppi chimici. È sulla similarità di elementi con la stessa valenza che Mendeleieff ha avuto «la cruciale scoperta» [17, p. 105, p. 119]; poi l'ha coniugata con la precedente progressione di tipo ricorsivo.

[9] La mia interpretazione è originale perché mette in rilievo che Peirce nell'ultima frase dice «sospettare» e non «è vera». Hanson [12, p. 93] ci va vicino perché salta subito alla conclusione applicativa: «c'è una buona ragione per elaborare una ipotesi del tipo suddetto».

Ricorsiva-deduttiva. È lo stesso tipo di inferenza di prima, ma ora è applicato ad un numero finito di elementi racchiuso dalle barriere delle valenze differenti. È la legge della periodicità, che è così importante per tutti gli elementi da caratterizzare da sola la intera tabella.

Abduttiva come oracolo della migliore ipotesi. Essa riguarda il problema se gli spazi rimasti vuoti abbiano senso o no. Dando loro senso, si enuncia implicitamente un ragionamento per assurdo: la realtà materiale sarebbe assurda se ammettesse questi vuoti. Allora l'abduzione è l'inferenza che porta all'ipotesi che nella sequenza degli elementi, in corrispondenza a quel posto, ci dovrebbe essere un ulteriore elemento. Il nuovo elemento deve avere caratteristiche simili a quelle degli elementi suoi vicini.

Abduttiva come oracolo di una ipotesi decisiva per una teoria. Essa riguarda la intera tabella; determina la completezza della teoria. Qui si applica (non tanto il principio di ragione sufficiente, ma) il principio più specifico di Peirce, detto dianzi. Quindi si passa alla previsione di nuovi elementi.

Abduttiva, oracolo di un dato. Essa avviene quando si cerca di indurre il valore di un parametro dell'elemento sconosciuto, con calcoli di media che riguardano più elementi contigui. Tutte le *analogie* di Mendeleieff, formulate mediante la media su triadi o ottave di elementi, sono abduzioni di questo tipo. È ovvio che il numero indicato è ottenuto a partire dai numeri razionali, ma è anche chiaro che il risultato deve avvicinare un valore sconosciuto che potrebbe essere anche un numero irrazionale; quindi alla fine viene affermato un principio di esistenza di quel numero a cui il numero ottenuto è molto vicino. Quindi questo tipo di inferenza può essere considerato sia come una abduzione oracolo, se si vedono i valori di quegli elementi, senza valori intermedi; oppure come induttivo al limite, se li si vede secondo una parametrizzazione continua dei valori degli altri atomi.

Questa sequenza di processi inferenziali è molto vicina a quella che Mendeleieff, riflettendo sul suo metodo, scrisse nella sua prima pubblicazione in merito. La riporta Scerri [17, p. 109-110]:

1. Gli elementi, se organizzati secondo i pesi atomici, mostrano una evidente *periodicità* delle proprietà [ricorsione-deduzione].

2. Elementi che sono simili rispetto alle loro proprietà chimiche hanno pesi atomici che sono o quasi uguali (ad es., Platino, Iridio, Osmio, ecc.) o che aumentano regolarmente (ad es., Potassio, Rubidio, Cesio) [induzione approssimativa].

3. L'organizzazione degli elementi, o dei gruppi di elementi, nell'ordine dei loro pesi atomici, corrisponde alle loro cosiddette *valenze*, come pure, in qualche misura, alle loro proprietà chimiche caratteristiche – come è chiaro tra altre serie – in quella di Litio, Berillio, Boro, Carbonio, Azoto, Ossigeno e Ferro [principio di limitazione].

4. Gli elementi che sono più diffusi hanno *piccoli* numero atomici.

5. Il *valore* del peso atomico determina il carattere degli elementi, proprio come il valore della molecola determina il carattere di un composto.

6. Ci si deve aspettare la scoperta di molti elementi ancora *sconosciuti*, per esempio elementi analoghi all'alluminio e al silicio, il peso atomico dei quali dovrebbe essere tra 65 e 71. [ragionamento per assurdo; applicazione del principio di Peirce; abduzione della migliore ipotesi]

7. Il peso atomico di un elemento può essere talvolta corretto dalla conoscenza degli elementi contigui. Perciò il peso atomico del Tellurio deve stare tra 123 e 126, non può essere 128 [abduzione dati].

8. Certe proprietà caratteristiche degli elementi possono essere predette dai loro pesi atomici. [induzione idealistica o abduzione dati]

Abbiamo ottenuto che sei processi inferenziali, riferibili a Peirce e anche alla sua abduzione, spiegano i processi inferenziali con i quali la TM può essere stata formulata logicamente; essi in buona misura corrispondono a quelli dei quali ha avuto coscienza Mendeleieff nel suo comporla.

La seguente tabella riassume i collegamenti suggeriti.

Tabella: *Corrispondenza tra i tipi di inferenze di Peirce e quelli individuabili nella Tabella di Mendeleieff*

Principi di Mendeleieff	Tipi di inferenze di Peirce	Principi primi fisici
Peso atomico di un elemento ricavato dai dati sperimentali	Induzione (approssimativa)	Limite approssimato su razionali (costruttivo) (Fisica sperimentale)
Serie ordinata dei pesi atomici degli elementi (Prout)	Ricorsione-deduzione	Causalità-deduzione (Ottica geometrica, Meccanica di Newton)
Valenza che limita i gruppi degli elementi	Impotenza	Limitazione (Es. Impossibilità del moto perpetuo; Termodinamica)
Periodicità delle proprietà degli elementi	Ricorsione-deduzione	Causalità
Completezza della tabella	Abduzione (come Principio di Peirce)	Principio di ragione sufficiente (Soluzione del problema basilare)
Migliore ipotesi di nuovo elemento	Abduzione (come oracolo della migliore ipotesi)	Esistenza (raggio di luce in Ottica geometrica, campi in Elettromagnetismo)
«Analogia»: media sulle proprietà di più elementi vicini	Abduzione come oracolo di un dato o anche come Induzione idealistica	Limite (classico) di una serie ad un numero reale. Estremante

Nella terza colonna ho aggiunto una altra esemplificazione dei tipi di inferenza attribuibili a Peirce: essa, benché sia quasi sempre all'interno di una matematizzazione, può rendere più intuitivi i processi di ragionamento attraverso i corrispondenti principi fisici.

Conclusioni

Nella storia del pensiero scientifico la chimica classica rappresenta il risultato di un formidabile lavoro intellettuale che ha utilizzato tutti i possibili tipi di inferenza per ottenere un risultato sull'incognito, gli elementi della materia. La costruzione di questa teoria ha richiesto tutti i tipi di inferenza assieme. È ammirevole che Mendeleieff li abbia gestiti probabilmente tutti e che ne abbia saputo riconoscere con parole sue sei su sette.

Questi strumenti logici si trovano anche in Fisica teorica, ma solo qualcuno di essi in una data teoria (vedasi la terza colonna della precedente tabella). Allora allo stile della razionalità dei chimici occorre aggiungere un'altra specifica caratteristica molto interessante: le loro sette maniere di ragionare. Essi sono formati a ragionare a tutto campo; mentre invece i fisici, forti dell'uso della matematica, in ogni teoria si limitano ad alcune maniere di ragionare solamente.

BIBLIOGRAFIA

[1] Bensaude-Vincent B., 2009. The Chemists' Style of Thinking. Berichte Wissenschaftgeschichte, 32, pp. 365-368.
[2] Brent J., 1998. *Charles Sanders Peirce: A life.* Indiana U.P., Bloomington, pp. 16-17.
[3] Burch R., 2014. Charles Sanders Peirce. In: *Stanford Encyclopedia of Philosophy* (E.N. Zalta ed.) http://plato.stanford.edu/entries/peirce/
[4] Cassirer E., 1996. *Storia della Filosofia Moderna.* Laterza, Bari, vol. II, p. 169.
[5] Centro Studi Peirce di Milano: http://www.filosofia.unimi.it/peirce/index.php/it/cronologia
[6] Crombie A., 1994. *Styles of Scientific Thinking in the European Tradition.* Duckworth, London.
[7] Drago A., 2013. A Logical Model of Peirce's Abduction as Suggested by Various Theories Concerning Unknown Entities. In: *Model-Based Reasoning in Science and Technology. Theoretical and Cognitive Issues* (L. Magnani ed.): Springer, Berlin, pp. 315-338.
[8] Drago A., 2014. Il ruolo del sistema periodico degli elementi nel caratterizzare la chimica classica come teoria scientifica, *Epistemologia*, *37* (2014) pp. 37-57.
[9] Drago A., 2016. Defining Peirce's Reasoning Processes against the Background uf the Mathematical Reasoning of Computability Theory, in: *Model-Based Reasoning '15.* (L. Magnani ed.) (in press).
[10] Flach P.A., Kakas A.C. (ed.), 2000. *Abduction and induction: essays on their relation and integration.* Kluwer, Dordrecht.
[11] Gallie W.B., 1996. *Introduzione a Peirce e il pragmatismo.* Barbera Universitaria, Firenze, pp. 30-34.

[12] Hanson N.R., 1960. Is there a Logic of scientific discovery? *Australasian Journal of Philosophy*, 38, no. 2, pp. 91-106.
[13] Hacking J., 2002. «Style» for Historians and Philosophers. In: *Historical Ontology,* Harvard U.P., Cambridge.
[14] Peirce C.S., 1958. *Collected Papers of Charles Sanders Peirce.* (A. Burks ed.), Cambridge U.P., Cambridge.
[15] Peirce C.S., 1982. *Writings of C.S. Peirce.* Indiana U.P., Bloomington.
[16] Peirce Edition project, 2010. *The essential Peirce. Selected Philosophical Writings*, vol. II 1893-1913, Indiana University Press, Bloomington.
[17] Scerri E.R., 2007. *The Periodic Table. Its Story and Its Significance*. Oxford U.P., Oxford.
[18] Seibert C., 2001. Charles Peirce's Head Start in Chemistry. *Foundations of Chemistry*, 3, pp. 201-226.
[19] Tursman R., 1989. Phanerochemistry and Semiotic, *Transactions of Charles S. Peirce Society*, 25, 4, pp. 453-468.
[20] van Brakel J., 2001. *Philosophy of Chemistry*. *Between the Manifest and the Scientific Image.* Leuven U.P., Leuven.