

CARLO BAUER* – ANTONINO DRAGO**

Didattica della Chimica e fondamenti della Scienza

Chemistry Didactics and Foundations of Science

Summary – A new didactics of classical chemistry in high schools is suggested. Instead of teaching it by assuming a-historically and acritically the point of view of 20th Century quantum chemistry, one can teach this subject-matter likely as in older times; by following its development along the 19th Century, one can add to it the history of chemistry, i.e. a subject which improves greatly the cultural value of the didactics. Moreover, one can add an even greater cultural value by introducing students to recognise science foundations; indeed, it is sufficient to compare classical chemistry with the scientific theory prevailing in past centuries, i.e. Newton's mechanics, to notice fundamental differences. One of us (A.D.) has proposed, as science foundations, two dichotomic options; one, on the type of mathematics (either an elementary one or the differential equations) and one on the type of organization (either a deductive one or centered upon a crucial problem as chemistry is). It is easy to remark that the choices by chemistry results to be the opposite ones by Newton's mechanics.

It is moreover remarked that the university didactics of chemistry introduces four theories: classical chemistry, chemical kinetics, quantum chemistry, and physical chemistry. These theories are really the representative theories of the four pairs of choices on the two options. Various cases of radical variations of meaning in chemical concepts occurring in passing from a theory to another one are evidenced as a manifestation of the mutual incommensurability of each pair of these four theories. Furthermore, this kind of teaching can be enriched with hystorical readings, in the aim to clarify the role of the choices pointed out as science foundations: Venel on the distance between chemistry and physics; D'Alembert and Lazare Carnot on the alternative organization of the theory; Dalton, on the use of the mathematics in chemistry; Lavoisier, on the problematic method of chemistry; Avogadro, on the atomic hypothesis; Mendeleieff on the cyclic nature of his table.

* Dip. Fisiologia e Biochimica, Università di Pisa. E-mail: bauer@dfb.unipi.it - tel. 0502213173, fax 0502213170.

** Università di Pisa. E-mail: drago@unina.it - tel. 050937493, fax 0623324218.

1. *La usuale didattica della Chimica*

Fino agli anni '60 la chimica veniva insegnata secondo il suo sviluppo ottocentesco; questa didattica aveva un grande valore culturale, in quanto era un insegnamento anche della storia della chimica, almeno implicitamente.¹ Ma da alcuni decenni la chimica è stata insegnata adottando astoricamente e acriticamente il punto di vista della novecentesca chimica quantistica, forse pensando che essa avesse compiuto un progresso unico ed irreversibile. Però così si stravolgeva la storia della chimica, poiché si davano per noti concetti altamente sofisticati e inverificabili per lo studente; e si svalutava la didattica di questo insegnamento, invitando ad imparare tutto a memoria.²

Di fatto, la tendenza dei decenni passati è stata oggi invertita da alcuni testi, che appunto seguono il vecchio filo logico.

Ad es., un testo recente [19]³ espone così la materia.

Modulo 1: sostanze pure e reazioni chimiche. 1. Materiali, miscugli, sostanze pure; 2. I composti e gli elementi; 3. Le leggi fondamentali della Chimica.

Modulo 2: Sostanze pure e particelle. 1. Atomi e molecole; 2. Nomi di composti; 3. Decomposizione, sintesi e sostituzione.

Modulo 3: Masse e concentrazioni. 1. La periodicità delle proprietà degli elementi; 2. L'unità di misura chimica: la mole; 3. Moli ed equazioni chimiche; 4. Concentrazioni di miscugli.

Modulo 4: Strutture atomiche e molecolari. 1. La scoperta delle particelle subatomiche; 2. Energie di ionizzazione e spettroscopia; 3. Il modello orbitale; 4. Il legame tra particelle.

Modulo 5: Strutture e proprietà dei composti del carbonio. 1. Gli idrocarburi; 2. Composti con un gruppo funzionale; 3. Le macromolecole.

Modulo 6: I solidi e i fluidi. 1. Proprietà dei solidi e dei fluidi; 2. Leggi dei gas ideali.

Modulo 7: Energia e velocità delle reazioni. 1. Contenuto termico e disordine delle reazioni; 2. La cinetica chimica.

Modulo 8: Stati e reazioni di equilibrio. 1. L'equilibrio chimico; 2. Equilibri in soluzioni acquose; Acidi, basi, pH.

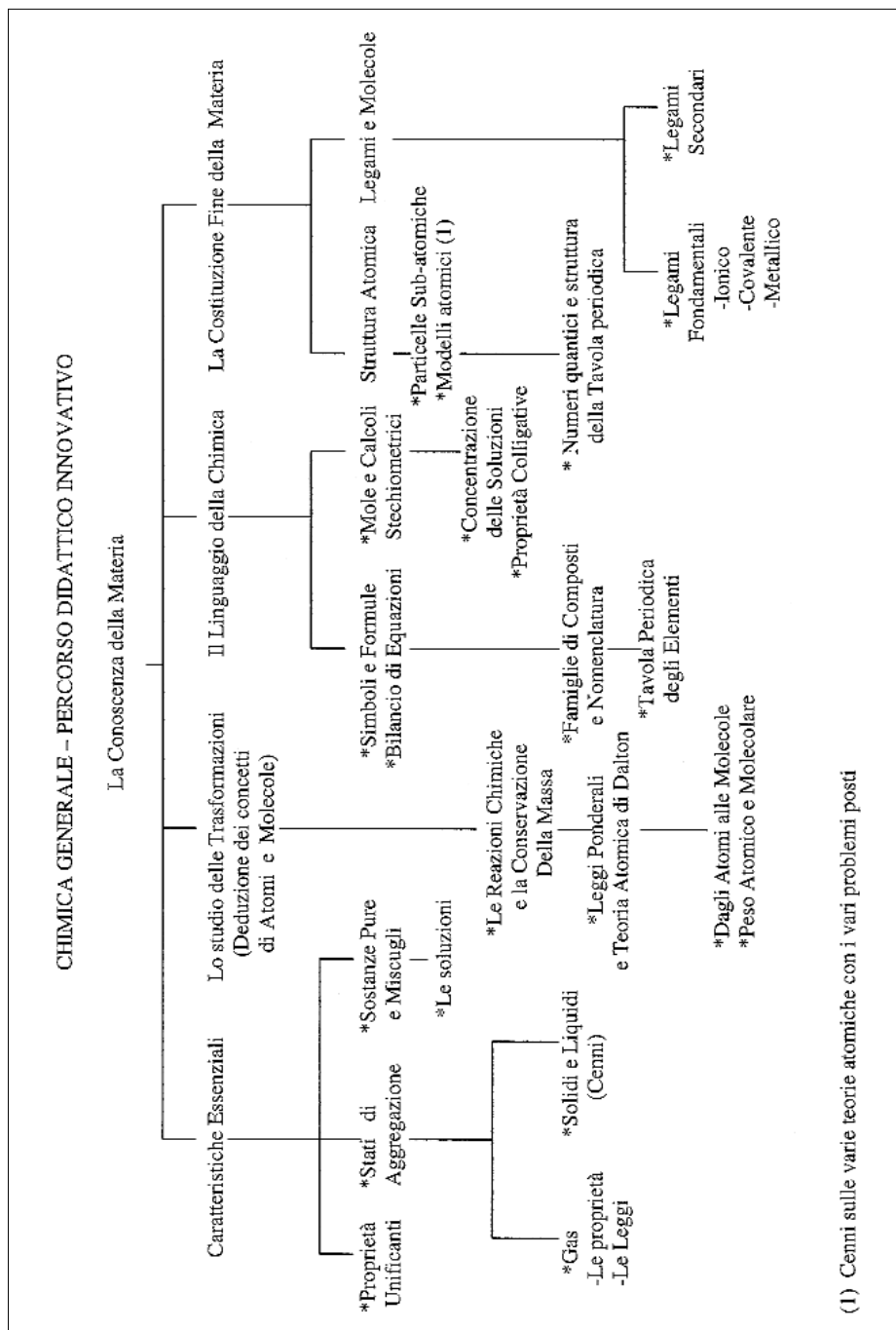
Modulo 9: Reazioni e scambi di elettroni. 1. Ossidazioni e riduzioni; 2. Pile e celle elettrolitiche.

Come si vede, la introduzione delle strutture atomiche e molecolari (modulo 4) viene ritardata rispetto all'introduzione dell'ipotesi atomica, che compare già nel modulo 2. Riferendoci allo schema, si può dire che la seconda colonna prende molta più importanza della colonna quattro (che comunque viene mantenuta).

¹ Discutono l'introduzione della storia della chimica nella sua didattica [17] e [22].

² Comunque sono nate ottime guide all'insegnamento: [1], [10], [11], [14], [18].

³ Rispetto al suo indice ho cambiato la numerazione delle unità all'interno di ogni modulo, iniziando ogni volta da 1.



(1) Cenni sulle varie teorie atomiche con i vari problemi posti

Schema: Chimica generale – percorso didattico innovativo.

Ma questa nuova esposizione ha il difetto di essere minimalista sui fondamenti. Ad es. il testo precedente definisce una teoria scientifica come: “un insieme sistematico e coerente di affermazioni riguardanti una determinata legge, o dei fenomeni in generale.” (p. 52); allora ogni teoria fisica, essendo essa composta da molte leggi, resterebbe fuori portata. Inoltre il testo propone la teoria atomica come un semplice modello che non riguarda il reale più di tanto; è definito in maniera minimale, come ciò che “*ha la funzione di collegare una teoria con i fenomeni*”; poi confonde le idee sul concetto di “modello”, caratterizzandolo col significato della parola usata comunemente (ad es. la modella di un quadro); in più si affretta a dichiarare che il modello è transitorio, cioè contingente. Quindi dà una idea dei fondamenti della chimica come poco definiti e temporanei, tali che si possano modificare volta a volta, in funzione di una maggiore efficienza della spiegazione momentanea.

2. *Per una didattica della Chimica che si apra ai fondamenti della scienza*

Qui si propone una nuova didattica della chimica classica, prima nelle scuole superiori e poi nell'Università.

Innanzitutto la didattica della chimica potrebbe riconsiderare di insegnare la materia secondo la sequenza cronologica. Allora sarebbe facile insegnare anche la storia della chimica, tanto più oggi che molte opere si sono accumulate su questa disciplina; la quale certamente interessa gli allievi e rende più interessante a tutti la materia. La possibile sequenza degli argomenti è schematizzata nella Tabella 1, rappresentativa di un insegnamento tipico in questo senso, ma dove sono state omesse le parti storiche, per semplicità.⁴

Ma nella scuola superiore c'è un obiettivo didattico che ha un valore culturale ancora più grande dell'insegnamento storico della scienza: riconoscere i fondamenti della scienza tutta; basterebbe confrontare la teoria dominante di Newton (insegnata dalla fisica) con una teoria scientifica che le sia essenzialmente diversa e ricavarne le differenze caratteristiche più importanti.

A questo scopo solo la didattica della chimica è adatta. Infatti a quel livello di studi non si può insegnare una di quelle teorie fisiche moderne (relatività ristretta o meccanica quantistica) che hanno rivoluzionato il paradigma newtoniano; e nemmeno una delle teorie fisiche del passato (ad es. la meccanica di Lazare Carnot o la termodinamica di S. Carnot) che sono alternative alla teoria di Newton, può essere insegnata senza profonde modifiche della versione originale. Mentre invece la chimica classica può essere insegnata quale era ai tempi di Lavoisier-Mendeleieff; allora risulta profondamente diversa dalla teoria di Newton; il che permette di vedere bene le loro differenze nei fondamenti.

Con ciò si dà piena attuazione a quanto la Div. Didattica della Soc. Chim. It. ha suggerito per il biennio dell'obbligo: “far acquisire gli aspetti storici-epistemologici propri dei nodi concettuali del pensiero chimico”. [20]

⁴ La tabella è stata elaborata dal Prof. Domenico Potenz, di Mottola TA.

Uno di noi (A.D.) ha suggerito come fondamenti della scienza due distinte opzioni. La prima è stata ricavata dagli studi di Koyré sulla nascita della scienza moderna, avvenuta con un dibattito molto vivo sul tipo di infinito (equivalentemente: sul tipo di matematica) tra i maggiori scienziati del tempo (Galilei, Cavalieri, Cartesio, Huygens, Leibniz, Newton). La seconda è suggerita dalla scelta di Euclide di organizzare la sua teoria deduttivamente da pochi principi; questa organizzazione poi fu confermata da Newton, che fece discendere la sua teoria dai suoi celebri tre principi; la scelta alternativa fu quella della geometria non euclidea di Lobacevskij e di Bolyai, oltre che della termodinamica di S. Carnot; ognuno di essi organizzò la sua teoria in maniera induttiva, in modo da risolvere un problema fondamentale (quante sono le parallele? qual è la efficienza delle macchine termiche?), al quale i metodi scientifici usuali non davano risposta [4], [5].

La opzione sulla matematica è tra la matematica con l'infinito potenziale (quello dei numeri razionali e degli irrazionali costruibili con precisi strumenti matematici, ad esempio con riga e compasso; o dei reali definiti al solito modo, ma imponendo che "Dato un ε a piacere si *deve calcolare* un δ tale che ..."); e la matematica con l'infinito in atto (quello di ogni irrazionale pensato con tutte le infinite cifre e definito chiedendo solamente che "... *esiste* un δ tale che ..."; o quello di una retta che include i suoi punti all'infinito come se fossero dei punti normali). La opzione sulla organizzazione è tra la organizzazione assiomatica, che deduce tutte le proposizioni della teoria da pochi principi, posti come assiomi; e la organizzazione che ha un problema principale da risolvere, per cui cerca un nuovo metodo scientifico di soluzione (si può mostrare che questa scelta è equivalentemente sul tipo di logica, se classica o non classica, caratterizzata dall'uso di doppie negazioni). Quindi su ciascuna opzione si hanno due scelte dicotomiche.

Allora per riconoscere i fondamenti della scienza, all'insegnamento della chimica basta confrontare questa teoria con la teoria scientifica dominante nei secoli passati, la meccanica newtoniana. È facile riconoscere che le scelte fondamentali della teoria newtoniana sono: la matematica che include gli idealistici infinitesimi in atto e le equazioni differenziali; e l'organizzazione deduttiva, che fa discendere tutte le leggi da tre principi-assiomi. Queste scelte sono le opposte a quelle della chimica: la matematica è limitata ai razionali; e la organizzazione della teoria non è deduttiva, ma ricerca un metodo per risolvere il problema di conoscere quali e quanti siano gli elementi costitutivi della materia. Inoltre la didattica può illustrare anche le quattro coppie di possibili scelte e cioè i quattro possibili *modelli di teoria scientifica*; e aggiungere che essi costituiscono i fondamenti della scienza in generale.

Qui c'è il grande problema del riduzionismo: per secoli si è voluto ridurre la chimica alla fisica. Ma le scelte dicono chiaramente che tra le due teorie c'è una differenza ancor più forte e insuperabile di quelle che si possono notare nei concetti fondamentali (ad es. la periodicità è fondamentale solo in chimica), oltre che nei metodi sperimentali (iniziati da Lavoisier giustappunto per separarsi dalla meccanica newtoniana). Perciò la chimica rappresenta una maniera di fondare una teoria

scientifico del tutto diversa da quella che ha monopolizzato tutta la scienza nel secolo XVIII e poi ha dominato nel secolo XIX; e, secondo le scelte, ha una pari dignità fondazionale.

In più si potrebbe sanare uno iato nella storiografia della scienza. È famosa la interpretazione della nascita della scienza moderna data da Koyré. [12] Ma essa non riguarda la chimica di Boyle, né, poi dopo, quella di Lavoisier; la quale anche oggi appare a molti una “sottoscienza”, o una scienza laterale, o una scienza semplicemente immatura (forse maturata con la chimica quantistica?).

In realtà la chimica non rientra nel tipo di scienza studiato da Koyré, perché le sue due scelte fondamentali sono differenti da quelle della teoria di Newton; essa inizia una scienza che è essenzialmente diversa da quella di Newton, in anticipo di cinquant'anni sulla nascita della prima teoria “propriamente” fisica che ha fondamenti alternativi, la termodinamica di S. Carnot.

Inoltre Koyré ha suggerito che la nascita della scienza da lui studiata è sintetizzabile concettualmente con le due frasi: “Geometrizzazione dello spazio e dissoluzione del cosmo finito”. Ma ora sappiamo che quella nascita riguarda il tipo di scienza newtoniana. Altrove [6] si è mostrato che la nascita delle teorie scientifiche che hanno le scelte opposte, è interpretabile secondo due differenti frasi caratteristiche: “Discretizzazione della materia ed evanescenza della forza causa”.

In effetti esse si adattano molto bene alla nascita della chimica classica; anche il maggior storico della chimica, nelle ultime pagine del suo libro, [21] sintetizza il periodo attorno a Lavoisier appunto con due frasi simili. I concetti di queste ultime due frasi possono servire da idee guida anche alla didattica della chimica, la quale didattica è essenzialmente concettuale.

L'insegnamento potrebbe essere arricchito da letture storiche che chiariscano il ruolo delle scelte già individuate, come fondamentali della scienza (Venel sulla distanza tra chimica e fisica, D'Alembert e L. Carnot sulla organizzazione alternativa della teoria, Dalton sull'uso della matematica in chimica, Lavoisier sul metodo della chimica, Avogadro sul problema dell'ipotesi atomica, Mendeleieff sulla ciclicità della sua tabella).

Se ciò sacrifica un po' del tempo necessario per trasmettere una data quantità di nozioni, però fa guadagnare grandemente nella qualità della didattica; soprattutto attribuisce alla chimica il ruolo di insostituibile materia scientifica che sa introdurre lo studente a quella conoscenza dei fondamenti della scienza che in effetti sarebbe il fine più alto di tutto l'insegnamento scientifico nelle scuole superiori.

3. Per una didattica universitaria della Chimica cosciente dei suoi fondamenti

La didattica della fisica, sia nelle scuole superiori che nell'Università, è già stata interpretata con i quattro modelli di teoria scientifica; essa, in ciascuno dei due livelli didattici, presenta giusto quattro teorie fisiche, quelle che meglio esemplificano i quattro modelli di teoria scientifica, cioè le quattro possibili coppie di scelte sulle due opzioni fondamentali. [9]

Qui si mostra che inconsciamente la tradizione didattica della chimica si è sforzata di rappresentare tutte le impostazioni teoriche fondamentali possibili; infatti anche essa presenta quattro principali teorie giuste le quali sono rappresentative dei quattro modelli di teoria scientifica. Le quattro teorie chimiche sono: chimica classica, cinetica delle reazioni, chimica quantistica e chimica fisica.

Già si diceva che la chimica classica è fondata sulle scelte: la matematica con l'infinito solo potenziale e l'organizzazione basata sul problema di quali siano gli elementi della materia. All'opposto, la chimica quantistica discende dalla meccanica quantistica, posta come insieme di principi a priori; inoltre la sua matematica è quella sofisticata delle equazioni differenziali. La chimica fisica ha per premessa la termodinamica, dalla quale ricava deduttivamente le leggi per i processi chimici; ma la sua matematica è semplice come quella della termodinamica. Invece la cinetica chimica è organizzata sul problema cruciale della dinamica temporale delle reazioni chimiche e a questo scopo usa le equazioni differenziali. Si ottiene allora la tabella seguente.⁵

In generale, tra due teorie scientifiche non ci può essere differenza maggiore di quella data dalla diversa scelta sulla stessa opzione. Infatti, l'infinito in atto non può essere incluso in quello potenziale; allo stesso modo la matematica con l'infinito potenziale (che ad esempio dà problemi di insolubilità) non può essere inclusa in quella dell'infinito in atto (che non conosce quei problemi). Parimenti, un'organizzazione deduttiva non conosce alcun problema che richieda un nuovo metodo di soluzione perché ha un metodo fissato (quello deduttivo); mentre l'organizzazione basata su un problema non deduce, ma induce per cercare un nuovo metodo.

Allora è naturale la seguente definizione di due teorie incommensurabili: quelle che differiscono in almeno una delle scelte fondamentali [3].

4. *La incommensurabilità tra le teorie chimiche*

Allora qualsiasi due teorie delle quattro indicate dalla Tab. 1, sono incommensurabili tra loro. A lungo i chimici hanno potuto confondere le incommensurabilità tra la chimica classica e ognuna delle due successive teorie chimiche con delle semplici variazioni o aggiunte alla prima. Questo contrasto teorico fondamentale è rimasto nel sottofondo della mente dei chimici, fino a quando non è nata la chimica quantistica; che ha sollevato molte obiezioni, non sui risultati verificabili, ma sulla sua adeguatezza ad includere “veramente” la teoria chimica classica. Tuttora si discute e si scrivono articoli se la molecola nel senso quantistico sia la stessa molecola nel senso classico [23] (e anche [7] e [8]). Nella tabella questa incommensurabilità, che è la più evidente anche ai chimici non interessati ai fondamenti, è indicata con una freccia (di opposizione).

Può nascere il sospetto che le differenze tra queste quattro teorie siano determinate solo dalla diversità dei loro oggetti di studio e dei relativi campi di fenomeni;

⁵ La chimica organica può essere vista come inclusa nella chimica classica, essendo fondata sul sottoproblema: che cosa è la vita?

Tab. 1: *Le quattro teorie chimiche e i quattro modelli di teoria scientifica.*

	Infinito in atto	Infinito potenziale
Organizzazione assiomatica	<i>CHIMICA QUANTISTICA</i>	<i>CHIMICA FISICA</i>
Organizzazione su un problema	<i>CINETICA CHIMICA</i>	<i>CHIMICA CLASSICA</i>

i fatti seguenti dimostrano che invece sono determinate dalle impostazioni teoriche diverse. Consideriamo tutti i concetti fondamentali delle quattro teorie suddette. Poi osserviamo che alcuni di essi sono i comuni a coppie di teorie. Il risultato è che almeno i concetti elencati nella Tab. 2 sono i comuni alle coppie di teorie indicate. Allora si osservi che ognuno dei concetti indicati risulta essere fondamentale per ambedue le teorie che hanno la stessa scelta, nonostante la diversità dei campi dei fenomeni di riferimento della coppia di teorie, a cui appartiene ognuno di questi concetti, esso in realtà materializza intuitivamente la comune scelta fondamentale.

Ad es., il tempo continuo o il tempo discreto (prima/dopo) rappresenta in una coppia di teorie il rispettivo tipo di infinito. L'equilibrio è pensato raggiunto con un processo di approssimazione, il che implica solo l'infinito potenziale; invece il concetto fisico di elettrone, che nell'800 per la cinetica chimica era irraggiungibile e quindi metafisico, rappresenta bene un infinito non avvicinabile con approssimazioni, cioè l'infinito in atto. La reazione chimica costituisce il problema fondamentale di ognuna delle teorie della seconda riga (Che cosa è una reazione chimica?); invece in chimica fisica, il concetto di stato, determinato con i valori dei potenziali termodinamici, e quello di entropia hanno il ruolo di assiomi, utili per dedurne proprietà particolari; ancor di più hanno questo ruolo in chimica quantistica.

Che questi concetti fondamentali siano strettamente legati alle rispettive scelte è mostrato anche dal seguente fatto. Il concetto di stato sparisce nelle due teorie della riga inferiore; mentre il concetto di elettrone (come pure quello di tempo continuo) non ha ragione d'essere nelle due teorie di destra.

Tab. 2: *I diversi concetti fondamentali delle quattro teorie chimiche.*

	Infinito in atto	Infinito potenziale	
Organizzazione assiomatica	<i>CHIMICA QUANTISTICA</i>	<i>CHIMICA FISICA</i>	<i>Stato, Entropia</i>
Organizzazione su un problema	<i>CINETICA CHIMICA</i>	<i>CHIMICA CLASSICA</i>	<i>Reazione chimica</i>
	<i>Tempo continuo, Elettrone</i>	<i>Tempo prima/dopo, Equilibrio</i>	

Ma ovviamente, le differenze fondazionali, quando sono tradotte in diversità tra concetti che sono definiti con precisione non assoluta, non sono nette; per cui ad es. il concetto di reazione chimica c'è anche in cinetica chimica e quello di equilibrio anche in chimica fisica. E quello di equilibrio, che appartiene alle teorie della seconda colonna, appartiene anche alla cinetica chimica.

In tal caso è noto che la incommensurabilità di due teorie si manifesta anche attraverso le variazioni radicali di significato che subiscono quei concetti fondamentali che fossero in comune alle due teorie in questione.⁶ A mo' di esempio considereremo alcuni casi.⁷

Consideriamo prima il concetto di *tempo*. Passando dalle teorie della prima colonna a quelle della seconda colonna esso cambia da continuo a discreto; e viceversa. Poi consideriamo la incommensurabilità tra chimica classica (stechiometria) e cinetica chimica. Queste due teorie hanno una differenza nel concetto comune di *reazione chimica*, perché ovviamente si tratta di passare dal discreto al continuo, o viceversa; cosa che si può fare solo o facendo una media (sulla miscela) e separando i diversi reagenti tra loro, o viceversa.

Molto interessante è inoltre la variazione di significato nel concetto di *equilibrio* nel caso delle due teorie: cinetica chimica e chimica fisica.

Nella chimica fisica la matematica è quella semplice, al massimo quella delle variazioni di una grandezza (è equivalente alla matematica dei numeri razionali). Quella della cinetica chimica fa uso di equazioni differenziali, che tradizionalmente sono intese come coinvolgenti l'uso dell'infinito in atto. Inoltre il concetto di *velocità di reazione chimica* non è considerato dalla stechiometria, mentre ha significato nella cinetica chimica. Nella chimica fisica l'equilibrio chimico è lo stato finale del sistema che subisce una trasformazione chimica spontanea. Esso è caratterizzato dalla costanza di tutte le proprietà osservabili, particolarmente la composizione chimica (purché il sistema sia chiuso, cioè non possa scambiare materia con l'esterno) cioè una semplice variazione nulla di alcune grandezze.⁸ Nella cinetica chimica invece si può definire l'equilibrio come la condizione di un sistema reagente nella quale i reagenti si trasformano nei prodotti alla stessa velocità con la quale i prodotti si ritrasformano nei reagenti; e quindi si definisce con operazioni differenziali di passaggio al limite.

La conclusione generale che possiamo ricavare da queste considerazioni è che si può dire che la ricerca chimica di nuove verità sperimentali, procede come una rete a strascico, raccogliendo un'ampia varietà di risultati; ma la didattica della chi-

⁶ I due epistemologi che hanno introdotto il concetto di incommensurabilità, Kuhn e Feyerabend, hanno indicato alcuni esempi di variazioni radicali di significato; ad es. quella subita dal concetto di massa nel passare dalla meccanica newtoniana alla teoria relativistica, dove esso diventa il concetto di massa-energia; sono ovvie le variazioni radicali di significato dei concetti di spazio e di tempo nel passaggio tra le medesime due teorie.

⁷ Nel seguito utilizzeremo le riflessioni di [2], [15] e [24].

⁸ Cfr. la trattazione in proposito su [13], pp. 20 e ss.

mica, preoccupandosi di dare agli studenti una formazione mentale secondo una sintesi di quanto di meglio e più profondo la teoria chimica abbia ottenuto finora, inconsciamente si è andata a inquadrare secondo i quattro modelli di teoria scientifica, cioè, giustappunto secondo le premesse fondamentali della comprensione scientifica in generale; cioè la tradizione della didattica della chimica ha già scoperto empiricamente i fondamenti della chimica (e quindi la sua epistemologia) senza averli finora esplicitati.

5. Ritornando alla didattica delle scuole superiori; la incommensurabilità

Qui appare un'altra frontiera della didattica odierna della Chimica nelle scuole superiori; la quale sembra aver lasciato passare la moda di esprimersi da subito con gli orbitali per dedurre tutta la chimica inorganica; e che però oggi ha un altro obiettivo ambizioso: vuole introdurre lo studente a tutta la chimica moderna rilevante. Perciò include la cinetica chimica, oltre che cenni di chimica fisica e di chimica quantistica.⁹ Tutto ciò ha per obiettivo l'accumulo di quei concetti più importanti odierni, che mettono lo studente al corrente delle teorie e delle pratiche più frequenti di oggi.

Ma c'è da domandarsi quale senso culturale abbia la compresenza di tante teorie. Perché la tabella di cui sopra ci mostra che queste teorie sono incommensurabili; quindi i loro concetti fondamentali variano radicalmente di significato da una teoria all'altra. Allora lo studente non può non avere difficoltà intrinseche nel capire "questa chimica complessiva"; non perché le singole teorie siano difficili, ma perché il loro vederle omogeneamente lo abitua a storcere significati e concetti a seconda della teoria trattata; e quindi a renderglieli insicuri.

Qui appare allora una opposizione tra cumulatività di nozioni e approfondimento dei concetti e delle teorie con i loro fondamenti. È veramente meglio per i professori all'Università ricevere i giovani che sono i "fissati" per tutto ciò che è chimica, invece che ricevere delle persone di cultura, che sanno vedere la scienza nella sua interezza, fondamenti compresi e loro difficoltà interne?

Riassunto – Si propone una nuova didattica della chimica classica nelle scuole superiori. Invece di insegnarla adottando astoricamente e acriticamente il punto di vista della novecentesca chimica quantistica, ritornare a insegnarla secondo il suo sviluppo ottocentesco, per darle anche il grande valore culturale di insegnamento della storia della chimica. Ma questa didattica della chimica potrebbe avere un valore culturale ancor più grande, come introduzione al riconoscere i fondamenti della scienza: basta confrontarla con la teoria scientifica dominante nei secoli passati, la meccanica newtoniana per notare le sue differenze fondazio-

⁹ Vedasi ad esempio il libro di testo [19].

nali. Uno di noi (A. D.) ha suggerito come fondamenti della scienza due opzioni dicotomiche, sul tipo di infinito (equivalentemente sul tipo di matematica) e una sul tipo di organizzazione.

Si mostra inoltre che la didattica della chimica all'università presenta quattro teorie: chimica classica, cinetica chimica, chimica quantistica e chimica fisica; che in realtà sono rappresentative delle quattro coppie di scelte sulle due precedenti opzioni. Come manifestazione della incommensurabilità di ogni coppia di queste quattro teorie, a causa della diversità delle loro scelte fondamentali, si noteranno vari casi di variazioni radicali di significato nei concetti chimici fondamentali, nel passaggio da una teoria ad un'altra. L'insegnamento potrebbe essere arricchito da letture storiche che chiariscano il ruolo delle scelte individuate come fondamenti della scienza: Venel sulla distanza tra chimica e fisica, D'Alembert e L. Carnot sulla organizzazione alternativa della teoria, Dalton sull'uso della matematica in chimica, Lavoisier sul metodo della chimica, Avogadro sulla ipotesi atomica, Mendeleev sulla ciclicità della sua tabella.

Parole chiave: Chimica, Didattica, Fondamenti, Quattro teorie

BIBLIOGRAFIA

- [1] Bargellini A., *Chimica in azione Guida per l'insegnante*, Signorelli, Firenze.
- [2] Bauer C., et al., Quello che i libri non spiegano, *Naturalmente*, 15 (3) 55-58, 2002; 16 (3) 2003, 35-39; 17 (3) 44-50 2004.
- [3] Drago A., 1988, An effective definition of incommensurability. In: *Temi e prospettive della logica e della filosofia della scienza contemporanea* (C. Cellucci et alii, ed.), CLUEB, Bologna, vol. II, 117-120.
- [4] Drago A., 1990, I quattro modelli della realtà fisica, *Epistemologia*, 13, 303-324.
- [5] Drago A., 1991, *Le due opzioni*, La Meridiana, Molfetta BA.
- [6] Drago A., 1994, Interpretazione delle frasi caratteristiche di Koyré e loro estensione alla storia della fisica dell'ottocento. In: *Alexandre Koyré. L'avventura intellettuale* (C. Vinti, ed.), ESI, Napoli, 657-691.
- [7] Drago A., 1994a, Una caratterizzazione della rivoluzione di Lavoisier. In: *Atti V Conv. Storia Fond. Chimica, Atti Acc. Sci. XL* (G. B. Marino, ed.), Roma, 127-138.
- [8] Drago A., 1997, La incommensurabilità strutturista della chimica rispetto alla fisica. In: *Atti VII Conv. Naz. Storia e Fond. Chimica, Rend. Acc. Scienze XL* (F. Calascibetta, ed.), 21, pt. II, t. II, 273-287.
- [9] Drago A., 2004, Lo schema paradigmatico della didattica della Fisica: la ricerca di un'unità tra quattro teorie, *Giornale di Fisica*, 45 (3), 173-191.
- [10] Fiorentini C., 1990, *La prima chimica*, Angeli, Milano.
- [11] Fiorentini C., Roletto E., 2000, Ipotesi per il curriculum di chimica, *La Chimica nella Scuola*, (5), 158-168.
- [13] Guardo M., 1989, *Lezioni di Chimica Fisica*, vol. 1, Zanichelli, Bologna.
- [12] Koyré A., 1971, *Dal mondo chiuso all'universo infinito*, Feltrinelli, Milano.
- [14] Mirone P., 1999, Perché la chimica è difficile?, *La Chimica nella Scuola*, (3), 67-70.
- [15] Mirone P., 1998, Considerazioni sul concetto di reazione chimica, *Chimica nella scuola*, (2), 49-51.
- [16] Olmi F., 1997, Ripensare i fondamenti dell'insegnamento della chimica al biennio, *La Chimica nella Scuola*, (1) pp. 9-13.
- [17] Olmi F., 1997a, Un solitario con le tessere di Mendeleev. Una esperienza didattica di (ri)costruzione della Tavola Periodica mendeleeviana, *Naturalmente*, 10, (3) 58.

- [18] Paoloni L., 1982, *Nuova Didattica della Chimica*, Ed. Bracciodieta, Bari.
- [19] Randazzo F., 2000, *Chimica, eventi ed idee*, Petrini, Torino.
- [20] Soc. Chim. It. Div. Didattica, Per la definizione del curriculum di Educazione Scientifica generale e in particolare della Chimica, v. internet.
- [21] Thackray A., 1980, *Atomi e Forze*, Il Mulino, Bologna, ultime pagine.
- [22] Torracca E., 1994, Una dimensione storica nell'insegnamento della chimica?, *Epsilon*, (2), 17-22.
- [23] Villani G., 1991, Chimica e fisica a confronto in un'ottica non riduzionista. In: *III Conferenza Nazionale sulla didattica della chimica* (F. Abbri, F. Crispini ed.), Brenner, Cosenza, pp. 65-71.
- [24] Villani G., 1996, Due concetti paralleli: molecola e sostanza chimica, *Chimica nella scuola*, 18, 19-23.