

ANTONINO DRAGO (\*)

## **La incommensurabilità strutturalista della Chimica con la Fisica (\*\*)**

### **On the Structuralist Incommensurability Between Chemistry and Physics.**

**Summary** - The problem of the claimed reduction of classical chemistry to physics is examined in the structuralist literature. Surprisingly enough, it is obtained a negative result, which moreover questions the adequacy of the structuralist approach to such kind of problems. By reformulating structuralism on new bases, a solution favourable to chemists' tradition is obtained. Some suggestions for enhancing this tradition are at last added.

#### *1. Introduzione*

Dal 1971 Sneed, al quale si sono aggiunti Stegmueller Balzer e Moulines, ha proposto una nuova interpretazione dei fondamenti della scienza, quella strutturalista. Essa è basata sulla assiomatica, ma opportunamente modificata, e sulla teoria degli insiemi intuitiva (Bourbaki). Il loro fine era di formalizzare l'intera teoria scientifica mediante la matematica e così superare la analisi dei fondamenti della scienza basata sullo studio delle singole affermazioni della scienza («statement view»), per invece riguardarne le strutture (in realtà, solo quelle matematiche). Inizialmente essi hanno attirato una grande attenzione perché sostenevano di aver interpretato la storiografia più suggestiva e intrigante del secolo, quella di Kuhn; e di aver chiarito il suo concetto di incommensurabilità in modo da riportarlo alla razionalità.

Di fatto, da questo programma è risultato un grande lavoro di interpretazione di tante teorie scientifiche (incluse financo la economia, la linguistica e la psicanalisi), così come nessun altro programma di interpretazione dei fondamenti della

(\*) Gruppo di Storia della Fisica - Dipartimento di Scienze Fisiche, Università «Federico II» Napoli - [adrago@na.infn.it](mailto:adrago@na.infn.it)

(\*\*) Relazione presentata al VII Convegno Nazionale di «Storia e Fondamenti della Chimica» (L'Aquila, 8-11 ottobre 1997).

scienza era riuscito ad ottenere (a parte il programma di Hilbert prima della sua caduta a causa del teorema di Goedel; e del programma del Bourbaki, del quale gli strutturalisti in genere si considerano una estensione alle teorie empiriche).

Oggi questo approccio è seguito ad oltranza da un forte gruppo di studiosi, che tra l'altro si collegano ai filosofi analitici e ai riduzionisti in genere. D'altra parte da molti è osteggiato o svalutato, ma standone all'esterno, perché ritenuto troppo complicato, formalista, astratto, viziato dall'uso esclusivo della teoria degli insiemi, deviante. Pochi l'hanno criticato nei suoi meccanismi intellettuali interni, così come mi propongo di fare nel seguito.<sup>1</sup>

Ho scelto come caso di studio la chimica per tre ragioni. Primo, la didattica aprioristica della chimica, che da qualche decennio si è instaurata anche a livello di scuola superiore, corrisponde proprio a quell'atteggiamento assiomatico-insiemistico che costituisce il fondamento dello strutturalismo. Secondo, nell'ambito dello studio dei fondamenti della scienza la interpretazione strutturalista della incommensurabilità costituisce per la chimica la minaccia più importante di negarle una autonomia teorica. Terzo, lo studio strutturalista della chimica può fornire gli strumenti per una critica radicale e per una riformulazione dello strutturalismo stesso.<sup>2</sup>

Già in precedenza ho dato una descrizione sommaria della interpretazione strutturalista,<sup>3</sup> che poi ho approfondito.<sup>4</sup> Qui la espongo sinteticamente con le due tavole seguenti.

<sup>1</sup> Tra i pochi articoli in questo senso, segnalo l'unico in italiano: M. ALAI, «Stegmueller e la struttura delle teorie», *Scientia*, 120 (1985) 91-104 e quello di W. DIEDERICH, «The development of structuralism», *Erkenntnis*, 30 (1986) 363-386.

<sup>2</sup> In più P.K. FEYERABEND, «Changing Patterns of Reconstruction», *Brit. J. Phil. Sci.*, 28 (1977) 351-369, p. 350, ha notato che un aspetto essenziale della chimica era strutturalista *ante litteram* ed è stato ignorato dalla tradizionale analisi filosofica basata sulle affermazioni: l'insieme delle formule chimiche costituisce una struttura, che descrive i fatti di base della teoria e che non è traducibile immediatamente in affermazioni. Vedremo poi che nello strutturalismo la stechiometria viene interpretata con una struttura detta DSTOI, che ha un ruolo rilevante tra le teorie interpretate dallo strutturalismo perché risulta essere una delle sette teorie base.

<sup>3</sup> A. DRAGO, «Il caso della teoria chimica come rivelatore dei limiti della interpretazione strutturalista della scienza», in P. Amat di San Filippo (ed.): *Atti VI Conv. Storia e Fondam. Chimica*, Acc. Naz. Sci. XL, 113, 29, pt. 2 (1995), 269-285. Una presentazione lucida e rapida dello strutturalismo da parte degli strutturalisti è quella di C.U. Moulines nel cap. 1 di W. BALZER, C.U. MOULINES, *Structuralist Theory of Science*, de Gruyter, Berlin, 1993, (nel seguito: STS) pp. 1-13. Una presentazione più estesa, ma sempre contenuta e discorsiva, è quella precedente di W. BALZER, C.U. MOULINES, D. SNEED, *An Architectonics for Science*, Reidel, 1986, (nel seguito: AS), «Overview», pp. xv-xxxii. Ripeterò qui la Tav. 2, già presentata nel precedente articolo, anche perché ho apportato delle leggere modifiche. Sottolineo che essa semplifica la concezione strutturalista, perché se non altro non tiene conto dei vincoli e dei legami interteorici; inoltre il predicato empirico è più complesso di quello scritto qui. Ma ciò non avrà importanza in seguito per discutere il tema.

<sup>4</sup> «Il programma strutturalista esaminato mediante il caso di studio della termodinamica», in P. TUCCI (ed.): *Atti XVI Conv. Naz. Storia Fisica e dell'Astronomia*, Milano, 1997, 361-382;

Tav. 1 - *Caratterizzazioni della interpretazione strutturalista.*

<i>Logica</i>	Logica classica, assiomatica di Suppes
<i>Matematica</i>	Matematica classica, teoria degli insiemi (Bourbaki)
<i>Rapporto Matem. e Fis.</i>	Riedizione della Fisica-Matematica
<i>Fisica teorica</i>	Ogni principio isolatamente, come nelle teorie variazionali
<i>Fisica sperimentale</i>	Sussunta nelle applicazioni intese
<i>Storia della Scienza</i>	Kuhniani, ma con un diverso concetto di incommensurabilità
<i>Filosofia della Scienza</i>	Realismo matematico (= Platonismo), termini teorici
<i>Metodologia della scienza</i>	Metodo analitico che interpreta il metodo sintetico <sup>5</sup>

Ritengo che il programma strutturalista per una interpretazione non più basata sulle affermazioni verbali, benché sia molto discutibile, dia un valido contributo all'avanzamento dello studio sui fondamenti della scienza, per almeno i quattro seguenti motivi:

i) ha compiuto un passo irreversibile nella filosofia della scienza; ha dimostrato che è possibile studiare la scienza in maniera più precisa che con delle categorie filosofiche espresse a parole, il significato delle quali può essere allargato a seconda delle varie situazioni. Oggi *la speranza di chiarire quali strutture costituiscano i fondamenti della scienza* non può più essere affidata a qualche idea creativa, ma deve basarsi sulla *capacità di riconoscere alcune caratteristiche precise della scienza.*

ii) Implicitamente *ha sottolineato la grande rilevanza, per la filosofia della scienza, del rapporto fisica-matematica*, in quanto questo costituisce una parte cruciale di una teoria fisica. Notiamo che tutte le interpretazioni di Kuhn, Feysabend e dei precedenti filosofi della scienza — eccetto quella raramente ricordata di A. Koyré — non danno grande rilevanza alla matematica della fisica teorica.

«The Challenge represented by the Structuralist Interpretation of Scientific Theories», comunicazione alla *Third Conference on Analytic Philosophy*, Monaco, 1997, pp. 1-14.

<sup>5</sup> Una precisazione di questa caratterizzazione, che è molto rilevante in generale, richiederebbe molto spazio. Rimando il lettore interessato allo scritto precedente e a: «The process of induction as a non-classical logic's double negation: evidence from classical scientific theories», *Mathware and soft computing*, 3 (1996) 295-308.

Tav. 2 — *Rappresentazione delle teorie scientifiche secondo la concezione strutturalista.*

**TEORIA-ELEMENTO:** è il primo costrutto teorico riferibile autonomamente alle applicazioni:

meccanica della particella, legge di Hooke, legge del pendolo, gravitazione, ecc.; formalmente,  $T \equiv \langle K, I \rangle$ , dove

$K$  = nucleo

$I$  = l'insieme delle applicazioni (N.B. La teoria descrive le applicazioni come sua parte essenziale!)

(K) contiene  $M_p$  = l'insieme dei modelli possibili dello schema concettuale della teoria.

$M$  = l'insieme dei modelli effettivi, che includono le leggi della teoria.

$M_{pp}$  =  $r_p[M_p]$  = l'insieme dei modelli possibili parziali (cioè  $M_p$  senza i termini teorici); rappresenta il contenuto empirico della teoria.

(I) l'insieme delle applicazioni intenzionali (non completamente formalizzabili)



$$T = (I \in M_{pp})$$

**PRETESA EMPIRICA DI UNA TEORIA:** c'è un predicato per cui si afferma che l'insieme delle applicazioni  $I$  è incluso da  $K$ , in particolare dai modelli  $x$  di  $M_{pp}$ .

(KUHN: Lo studente studia casi teorici  $M_{pp}$  e ci fa esercizi, per giungere a  $M_p$ . Lo scienziato creativo trova un modello di  $M_p$  sulla base di una situazione non teorica che corrisponde a  $M_{pp}$ ).

**UNA RETE DI TEORIE-ELEMENTI** (ottenuta mediante le relazioni di specializzazione, riduzione, approssimazione, ecc.) dà una teoria usuale.

**RAPPORTI INTRATEORIE:** rappresenta la dinamica storica delle teorie (due teorie possono essere riducibili tra loro anche se sono incommensurabili!).

**RISULTATI DEGLI STRUTTURALISTI:** fisica classica, chimica, Jacobson, Marx, Freud.

iii) Accettando che il teorema di Goedel esclude la assiomatizzazione completa di una teoria (matematica), essa *propone una nuova assiomatica che esce dall'ideale aristotelico della organizzazione deduttiva di una teoria scientifica*.

iv) Inoltre *lascia alle spalle l'atteggiamento positivista di trascurare i termini teorici* (che, detto intuitivamente, sono quei termini di una teoria che non possono essere ridotti alle nozioni sperimentali). Lo strutturalismo ha sottolineato la loro importanza, facendo vedere che il problema di definirli con precisione è molto difficile.

Qui voglio completare la discussione del precedente lavoro sulla chimica affrontando specificamente il tema della incommensurabilità delle teorie secondo gli strutturalisti; in particolare, la incommensurabilità della chimica rispetto alle altre teorie. Prima cercherò di precisare questo concetto secondo gli strutturalisti e la discussione avvenuta su di esso. Poi, a partire dal caso della interpretazione strutturalista della chimica, definirò delle strutture fondazionali più adeguate di quelle bourbakiste. Per infine giungere a delle mie conclusioni sulla incommensurabilità della chimica rispetto ad altre teorie, in particolare la meccanica quantistica.

## 2. *La interpretazione dell'incommensurabilità da parte di Stegmüller*

Nel 1949 Nagel<sup>6</sup> ha proposto un concetto di riduzione tra due teorie secondo il quale una teoria T è riducibile ad un'altra teoria T' se tra esse c'è connettività e deducibilità. Poi Adams<sup>7</sup> ha precisato che i concetti di T debbono essere definibili in termini di T' e che le leggi di T debbono essere derivabili da quelle di T'. Ma le proposte di applicazione di questo concetto (ad es. la proposta di ridurre la termodinamica alla meccanica statistica) ha portato ad una serie di critiche e di controcritiche, le quali hanno reso il concetto molto controverso.

Tra gli strutturalisti W. Stegmüller ha ripreso il tema, pretendendo di risolvere quello che era il principale punto di scontro nel dibattito sulla storiografia di Kuhn: la incommensurabilità tra due paradigmi successivi; per cui questi non potrebbero essere comparati con gli standard usuali (deduzione delle proposizioni di una teoria da quelle dell'altra, o delle loro traduzioni), perché i concetti basilari cambierebbero di significato e quindi questi cambiamenti renderebbero impossibile un legame logico tra le due teorie.

<sup>6</sup> E. NAGEL, «The meaning of reduction in natural sciences», in R.C. Stauffer (ed.), *Science and Civilization*, U. Wisconsin P., Madison, 1949, 99-145; *La struttura della scienza* (1961), Feltrinelli, 1968, cap. XI.

<sup>7</sup> E. ADAMS, «The foundations of rigid bodies mechanics», in L. Henkin, P.C. Suppes, A. Tarski (eds.), *The Axiomatic Method in Science*, North-Holland (1959) 250-265.

Secondo molti, dal concetto kuhniano deriverebbe una irrazionalità dell'evoluzione della scienza: questa, in una rivoluzione subirebbe dei mutamenti così radicali (Gestaltici) che nemmeno la comunità degli scienziati ne sarebbe cosciente né li saprebbe rappresentare in maniera obiettiva; il che significa ammettere l'irrazionalismo nella storia della scienza e in definitiva nella scienza stessa. Lo scopo di Stegmüller era di dimostrare che la storiografia di Kuhn era invece razionalizzabile mediante la interpretazione strutturalista delle teorie; perché quest'ultima ha il vantaggio sul passato di utilizzare: *modelli*, che sono costrutti globali, formati da insiemi e relazioni solo matematiche, invece che *aspetti puntuali* della teoria, cioè proposizioni per di più espresse verbalmente, le quali, se anche legate tra loro deduttivamente, possono essere più o meno dipendenti dal contesto teorico globale.<sup>8</sup>

Per Stegmüller la incommensurabilità tra teorie scientifiche vale anche nella interpretazione strutturalista, quando le due teorie  $T$  e  $T'$  hanno nuclei,  $K$  e  $K'$ , che non sono deducibili l'uno dall'altro. Ma egli ha sostenuto che Kuhn ha disgiunto completamente le due teorie perché si basava su concetti espressi linguisticamente (perciò le argomentazioni di Kuhn sarebbero andate a formare un «joke».)<sup>9</sup> Quando invece si riportasse ogni teoria, così come fa lui, ad una ben precisa struttura matematica, anche due teorie, che sono incommensurabili perché non hanno tra loro un legame logico, diventerebbero riducibili l'una all'altra secondo opportuni criteri matematici.

Di fatto questa tesi è suggerita dalla base matematica dello strutturalismo, la teoria degli insiemi, che vede omeomorfismi e funzioni tra tutti i tipi di strutture matematizzate; infatti il concetto di riducibilità strutturalista tra due teorie postula essenzialmente una funzione matematica  $\rho$  che lega i modelli potenziali e le applicazioni intese della teoria riducente  $T'$  a quelli della teoria ridotta  $T$ . Per dire un po' meglio, la riducibilità richiede opportuni criteri di collegamento matematico tra  $M_p$  e  $M_{p'}$  (in questo caso, una funzione  $\rho$  tra un sottinsieme di  $M_p$  e l'insieme  $M_{p'}$ ),  $M$  e  $M'$  (qui, la deducibilità delle leggi di  $M$  da quelle di  $M'$  attraverso  $\rho$ , che non deve appartenere ad  $M$ ), tra  $M_{pp}$  e  $M_{pp'}$  (inclusione propria del primo insieme nel secondo), tra  $I$  e  $I'$  (inclusione del primo nel secondo), tra i due insiemi dei vincoli (idem) e tra i due insiemi dei legami interteorici (idem), verificando che le funzioni per la eliminabilità dei termini teorici siano in relazione tra loro attraverso  $\rho$ .

La tav. 3, che illustra questa relazione in maniera intuitiva, rende evidente il progetto strutturalista: siccome la relazione di specializzazione collega ogni

<sup>8</sup> W. STEGMÜLLER, *The Structure and Dynamics of Theories*, Springer, Berlin, 1976 (è la parte I del II vol. di *Probleme und Resultate der Wissenschaftstheorie und Analytischen Philosophie*, Springer, Berlin, 1973); *The Structuralist View of Theories*, Springer, Berlin, 1979, p. 68, 69; «Was ist inkommensurabilitaet?», *Kant-Studien*, 76 (1985) 169-213.

<sup>9</sup> W. STEGMÜLLER, *The Structure ...*, op. cit., p. 216.

Tav. 3 - Relazioni di specializzazione e di riduzione tra due teorie.

RELAZIONE	SPECIALIZZAZIONE	RIDUZIONE
Modelli potenziali	$M_p = M_p'$	$M_p = \rho(M_p^{\circ'})$ ( $M_p^{\circ'} \subset M_p'$ )
Modelli attuali	$M \subseteq M'$	$M \leftarrow \rho(M')$
Modelli potenziali parziali	$M_{pp} = M_{pp}'$	$M_{pp} \subseteq \rho(M_{pp}')$
Applicazioni intense	$I \subseteq I'$	$I \subseteq \rho(I')$
Vincoli	$C \subseteq C'$	$C \subset \rho(C')$
Legami interteorici	$L \subseteq L'$	$L \subset \rho(L')$
Eliminazione termini teor.		$r(M_p) = \rho(r'(M_p'))$

N.B. Nella seconda colonna la funzione  $\rho$  viene intesa limitata dal codominio su T.

teoria-elemento con ogni altra teoria-elemento di una teoria intuitivamente intesa (ad es., la teoria-elemento di  $f=ma$  si specializza nella teoria-elemento della legge di Hooke), allora è sperabile che pur di complessificare la relazione, introducendovi una funzione, si riesca con essa a collegare ogni coppia di teorie scientifiche, anche se incommensurabili (purché abbiano campi di applicazione comparabili). Nella tavola, per un utile confronto, premetto la relazione di specializzazione, la più usuale (quella che vale tra teorie-elementi di una stessa teoria intuitivamente intesa). Per completezza aggiungo le indicazioni sui vincoli e sui termini interteorici.

Si noti che questo concetto di riduzione è di importanza cruciale per gli strutturalisti: se le teorie incommensurabili non fossero riducibili tra loro, allora le relazioni tra le diverse teorie non darebbero più la intera storia delle teorie fisiche, ma solo quella interna a gruppi di teorie, i quali formerebbero delle isole temporali separate, del tutto inadeguate a recuperare una interpretazione della storia della scienza. Per questo motivo Stegmüller ha subito lanciato la tesi della riducibilità di ogni coppia di teorie incommensurabili, tesi che era molto importante per un neonato strutturalismo che ambiziosamente voleva includere tutta la storia della scienza, confrontarsi con la storiografia più importante del momento (Kuhn) e apportarvi un suo avanzamento decisivo come prova finale della sua progressività.

Così la storia della scienza tornerebbe ad essere una impresa del tutto razionale: anche cambiamenti storici rivoluzionari darebbero luogo ad una comparabilità matematica razionale (riduzione strutturalista) e così determinerebbero un preciso progresso delle teorie della scienza. Di conseguenza, lo strutturalismo andrebbe a confermare l'opinione dominante (dei fisici in particolare e della didattica della fisica) secondo la quale ogni nuova teoria scientifica o soppianta la precedente, o la include come suo caso particolare su un sottogruppo di feno-

meni secondo un opportuno adattamento dei parametri matematici (ad es.: la relatività ristretta includerebbe la meccanica classica quando si può considerare  $c = \infty$ ) e in particolare l'opinione comune per cui la chimica classica sarebbe riducibile alla meccanica quantistica.

Le affermazioni di Stegmüller sono state criticate secondo tre possibilità: a) (Feyerabend) la interpretazione strutturalista di una teoria è meno efficace della tradizionale interpretazione della scienza, quella mediante un insieme di affermazioni; b) (Kuhn e Feyerabend) il concetto di riduzione strutturalista non è adeguato allo scopo; c) (Pearce) questo concetto dà un legame troppo forte.

Cominciamo da Kuhn. Egli si è sempre difeso dai suoi oppositori, dicendo che la incommensurabilità dei paradigmi non comporta la intraducibilità o la incomparabilità, ma la mancanza di metri di paragone comuni tra due teorie e, in definitiva, di un linguaggio comune; il che non significa che non si possa trovare una comunicazione almeno parziale. Per rispondere a Stegmüller, Kuhn ha scritto un importante articolo, nel quale si è distaccato nettamente dalla di lui interpretazione dell'incommensurabilità (pur dichiarando, sorprendentemente di riconoscersi nel programma strutturalista).<sup>10</sup> È da notare che per ribattere il concetto di incommensurabilità di Stegmüller, Kuhn ha proposto l'esempio del passaggio storico dalla chimica del 1700 a quella di Lavoisier, che si affermò nel 1800; egli sostiene che in questo caso storico è evidente che la incommensurabilità non comporta solo una incompatibilità punto per punto (cioè sui singoli concetti che possono cambiare significato) tra le due teorie, ma di tutto il linguaggio utilizzato; perciò non c'è possibilità di una riduzione strutturalista della vecchia teoria alla nuova: a causa della differenza tra i linguaggi delle due teorie, i loro termini di base hanno dei significati completamente scorrelati (qualitativi i primi, costitutivi i secondi); e quindi  $M_{pp}$  non può essere messo in relazione con  $M_{pp}'$ . Quindi per Kuhn il contrasto tra paradigmi è radicale; ma nonostante ciò, per lui chiaramente esiste un modo di comunicare tra i due paradigmi cosicché si può ottenere una traduzione (così come fa uno storico moderno che studia ad es. il sistema tolemaico), senza bisogno di affidarsi alle sole strutture matematiche dello strutturalismo. Anche perché il concetto di riduzione di Stegmüller gli sembra circolare, se non altro perché dovrebbe basarsi su una precisa inclusione tra i due insiemi delle applicazioni intese I e I' delle due teorie, i quali insiemi però non sono formalizzabili esattamente.

L'altro epistemologo che aveva introdotto il concetto di incommensurabilità, Feyerabend, ha risposto con una dettagliata analisi critica dello strutturalismo e

<sup>10</sup> T.S. KUHN, «Theory-change as structure change: Comments to Sneed's formalism», in M.E. Butts, J. Hintikka (eds.), *Historical and Philosophical Dimensions of Logic, Methodology and Philosophy of Science*, Reidel, 1977, 289-309. In questo lavoro Kuhn ammonisce giustamente: «Coloro che pensano che non sia legittimo studiare la struttura logica delle teorie scientifiche per mezzo della teoria degli insiemi [cioè, quello che fanno gli strutturalisti], ora sono sfidati a produrre risultati simili in un'altra maniera» (p. 290).



della sua pretesa interpretazione del concetto di incommensurabilità (quello suo e quello di Kuhn).<sup>11</sup> Egli ha imputato a Stegmüller di aver ridotto quel concetto ad una sola conseguenza, cioè le variazioni radicali dei significati dei concetti base delle due teorie, senza aver tenuto conto delle due caratteristiche precipue che Kuhn aggiunge (le quali sono: le variazioni del punto di vista, cioè le percezioni differenti della realtà; e i metodi differenti); e che rendono le teorie definitivamente disgiunte logicamente e non comparabili con i metodi standard. Per di più Stegmüller non avrebbe tenuto conto che la incommensurabilità, secondo Feyerabend, equivale alla sola disgiunzione deduttiva; dalla quale, anche per quest'ultimo non deriva affatto la incomparabilità dei due paradigmi; essi possono essere comparati con criteri o formali (as es. la linearità di una teoria rispetto alla non linearità di un'altra) o informali (ad es. la conformità a precedenti teorie fondamentali); ma sempre discutibili e soggettivi; mentre invece non c'è una comparabilità con criteri oggettivi e razionali sui contenuti. Quindi per Feyerabend il concetto di riduzione dato da Stegmüller è semplicemente una delle comparabilità possibili, ma senza che questa possa pretendere di essere oggettiva e per di più senza includere quella contrapposizione («rivalry», p. 367) che è caratteristica della incommensurabilità di due teorie (altrimenti l'elettrostatica, che è riducibile alla idrodinamica generale, secondo gli strutturalisti le sarebbe incommensurabile).

### 3. *L'incommensurabilità secondo gli attuali strutturalisti*

Le critiche di Kuhn e di Feyerabend hanno colpito nel segno. Infatti poi nel libro *AS*, dove gli strutturalisti hanno raccolto la moltitudine di loro lavori in una agile «summa», sistematica e coerente, il tema della incommensurabilità viene affrontato in maniera modesta e senza pretesa di darne una interpretazione definitiva (*AS*, pp. 313-320, in particolare p. 315); dicono di non voler impegnarsi in una lunga discussione su quello che da loro è considerato il linguaggio non matematico di una teoria (incommensurabilità, variazioni radicali di significato, ecc.), linguaggio che Sneed voleva eliminare definitivamente, per restare con le sole strutture matematiche.<sup>12</sup>

<sup>11</sup> P.K. FEYERABEND, *op. cit.* Un testo in italiano che riassume questa prima polemica è il valido articolo di M. ALAI, *op. cit.* Un'altra opposizione rilevante è quella di Pearce, alla quale ha cercato di rispondere W. BALZER, «Incommensurability, reduction and translation», *Erkenntnis*, 23 (1985) 255-267. Il libro di D. PEARCE, *Roads to Commensurability*, Reidel, 1987, ha proposto una variante allo strutturalismo, che però non ha avuto seguito. Una critica radicale ed estesa al concetto strutturalista di riduzione è quella di H. ROTT, «Reduction: Some criteria and criticism of the structuralist concept», *Erkenntnis*, 27 (1987) 231-257.

<sup>12</sup> Anche Stegmüller, recensendo quest'opera (*Erkenntnis*, 33 (1990) 339-410) commenta queste pagine sorvolandoci e svuotando di importanza anche quel poco che *AS* conclude.

Nell'ultimo libro, *STS*, c'è un capitolo sulla tematica della storiografia di Kuhn, ma si dedicano solo 25 righe alla incommensurabilità.<sup>13</sup> L'autore prima ammette che lo strutturalismo non può parlare della caratteristica più suggestiva della incommensurabilità, le variazioni radicali di significato; ma invece di considerare questo fatto come una insufficienza, curiosamente lo chiama un «aggiornamento» («circumvention», p. 80) del problema da parte dello strutturalismo. Poi esprime delle idee che egli ammette che non sempre funzionano, anche se si indicano dei possibili rimedi. Infine conclude con dei suggerimenti filosofici sul tema, i quali al più possono essere considerate come un progetto di ricerca sul tema.

Di fatto questo scritto dimostra che dopo la critica di Feyerabend il discorso è avanzato di poco. Resta un grosso problema non risolto: c'è un accordo generale nel giudicare incommensurabili alcune coppie di teorie, senza che questo fatto escluda la loro comparabilità: la quale comparabilità da Feyerabend e Kuhn è intesa in senso debole (ma includendovi la contrapposizione delle teorie); mentre per il programma degli strutturalisti potrebbe essere tradotta in una traducibilità matematica; cioè in una proprietà in senso forte, tanto da sminuire l'importanza della stessa incommensurabilità. Gli strutturalisti si sono assunti l'onere della prova, ma ancora non l'hanno fornita.

#### 4. *L'interpretazione strutturalista della chimica classica e la sua riducibilità alla fisica*

Passiamo ora a studiare questa tematica su un preciso caso di studio. Il caso principale che viene indicato da Kuhn e Feyerabend riguarda le teorie più note a tutti e alle quali anche *AS* dedica molta attenzione: è quello dell'incommensurabilità tra meccanica classica e relatività ristretta. Ma per i motivi detti nella introduzione preferisco rivolgermi alla incommensurabilità tra la chimica e la meccanica (classica e) quantistica.

La difficoltà degli strutturalisti nel precisare il concetto di riduzione tra teorie incommensurabili si nota anche nell'unica interpretazione da loro finora fornita della chimica classica.<sup>14</sup> In effetti gli autori di quest'interpretazione dichiarano subito che essi non vogliono discutere una riduzione strutturalista, «benché questa [discussione] può portare a interessanti idee nuove» (p. 387). Però essi poi ne trattano. Per loro «la concezione 'chimica' si distingue dalla

<sup>13</sup> W. DIEDERICH, «Pragmatics and Diachronic Aspects of Structuralism», *STS*, 75-82. Si noti che il titolo stesso non accenna a nessuna polemica né pretende di portare innovazioni.

<sup>14</sup> Ho già riportato questa interpretazione nel precedente lavoro, al quale rimando il lettore. A. DRAGO, «Il caso della chimica classica...», *op. cit.* L'interpretazione strutturalista è data da H. HETTEMA, T.A.F. KUIPER, «The periodic table - Its status, formalism, and relation to atomic theory», *Erkenntnis*, 28 (1988) 387-408.

concezione 'fisica' in quanto spiega principalmente il ruolo degli atomi nelle molecole» (p. 401). Poi notano che queste due concezioni danno luogo alle stesse strutture matematiche (modelli potenziali), ma hanno termini importanti che cambiano di significato: ad es., la similitudine chimica, indicata con il simbolo  $\sim$ , nel primo caso riguarda la valenza, nell'altro la configurazione elettronica. Notiamo che, come si diceva in precedenza, questa situazione pone un serio problema allo strutturalismo: non è possibile trovare una funzione matematica che traduca queste variazioni di significato; quindi o si nega la applicabilità del concetto di riduzione strutturalista a questo caso di studio (che però è uno dei più noti e dei più semplici da discutere), oppure si innova il concetto di riduzione strutturalista. Gli autori seguono la seconda alternativa, proponendo però alla fine una definizione solo filosofica, che non ha relazioni evidenti con lo strutturalismo.

Forse perché questo risultato era prevedibile in partenza, il libro base degli strutturalisti aveva presentato la chimica come teoria fondamentale ma solo per la parte della stechiometria (*AS*, pp. 108-127). Questa interpretazione, chiamata DSTOI, ha strutture matematiche differenti da quelle dell'interpretazione detta prima, riguardando esse pesi (dei reagenti e dei composti), formule delle molecole, coefficienti nelle reazioni chimiche. Di fatto non c'è relazione logica tra DSTOI e la interpretazione detta prima; né c'è relazione di omeomorfismo possibile, essendoci solo un collegamento tra la formula elementare  $E(n)$  che è riferita alle sostanze chimiche elementari e il numero atomico  $z(e)$ .

Quindi il risultato finale delle due interpretazioni strutturaliste della chimica è che esse risultano disgiunte là dove tutti ci vedono un collegamento storico e concettuale, in quanto sono teorie appartenenti ad uno stesso dominio scientifico; e, d'altra parte, nel caso tanto discusso di riducibilità della chimica alla fisica, la interpretazione strutturalista della tabella di Mendeleieff propone un concetto di riduzione che è ben difficile considerarlo come una innovazione del concetto strutturalista.

Forse una via d'uscita da questo vicolo cieco potrebbe essere l'interpretare la tabella di Mendeleieff così come essa è stata tradotta modernamente: come struttura invariante ad un gruppo di simmetria (indipendentemente dal fatto che questo gruppo viene ottenuto sulla base dell'atomo di Bohr, il che di per sé coinvolgerebbe la interpretazione fisica della tabella stessa). Ma lo strutturalismo ha grandi difficoltà a interpretare questo tipo di teoria matematica.<sup>15</sup> Il che non lascia molte speranze alla interpretazione strutturalista del nostro caso storico.

<sup>15</sup> Si vedano ad es. le considerazioni iniziali dell'articolo di F. MUELHOELZER, «Symmetry and Invariance», *STS*, 219-232, p. 219.

### 5. *La incommensurabilità andando oltre lo strutturalismo*

Piuttosto che cercare una nuova sofisticazione dello schema strutturalista (v. ad es. Pearce e Rantala)<sup>16</sup> si può abbandonare quanto dell'atteggiamento strutturalista appare caduco; e cioè non proporre più come fondamento della interpretazione quello che veniva considerato come il formalismo più avanzato dei fondamenti della matematica, la teoria degli insiemi; ma ammettere ogni tipo di matematica, compresa quella costruttiva, che nel passato era la matematica semplice ed operativa; inoltre, non pretendere di ottenere qualcosa che assomigli ad un'assiomatica, comunque essa appaia distorta, né considerare solo la logica classica.

Questo corrisponde a riconoscere due opzioni nei fondamenti della teoria scientifica: la opzione tra matematica con l'infinito in atto, IA (così come è la teoria degli insiemi, v. ad es. l'assioma di Zermelo); o la matematica con il solo infinito potenziale, IP (così come è la matematica costruttiva); inoltre la opzione tra una organizzazione tutta deduttiva fino ad essere assiomatica, OA, secondo la logica classica (così com'è la teoria degli insiemi); oppure una organizzazione basata su un problema universale, OP, per il quale si cerca euristicamente, con la logica non classica, un nuovo metodo scientifico di soluzione.

Appare allora che ci sono delle strutture nei fondamenti di una teoria scientifica, ma esse non sono prefissate in un particolare tipo di matematica né in un particolare tipo di logica. Come conseguenza particolare il «predicato di empiricità della teoria» qui cambia di significato, andando ora a esprimere non la empiricità generica ma il problema specifico della teoria. Inoltre il concetto di «termine teorico» viene ridefinito come conseguente alle scelte fondamentali IA o OA, il cui idealismo è sorgente di termini non sperimentali. Infine non c'è un'unica modellizzazione dei fondamenti di una teoria scientifica, ma essa può variare a seconda delle diverse formulazioni di una teoria.

La differenza tra le scelte fondamentali comporta uno specifico e preciso concetto di incommensurabilità, che non implica né incomunicabilità né intraducibilità; d'altra parte non ammette una relazione matematica (omeomorfismo) tra le due teorie se non di tipo degenerare: passaggio al limite, coniugazione complessa.<sup>17</sup>

Quanto sopra dà una nuova caratterizzazione «strutturale» della chimica secondo queste nuove categorie. Le scelte fondamentali della chimica sono: invece dell'assiomatica, una organizzazione delle sue leggi finalizzata a risolvere

<sup>16</sup> D. PEARCE, *op. cit.*, V. RANTALA, «Logical properties of structuralistic concept of reduction», *Erkenntnis*, 18 (1982) 307-333.

<sup>17</sup> Lo si può vedere bene nel caso delle geometrie non euclidee. A. DRAGO e G. SORRENTINO, «Caratterizzazione delle geometrie non euclidee secondo i quattro modelli di teoria scientifica», *Atti Fond. Ronchi*, in stampa. Sul nuovo concetto di incommensurabilità si veda A. DRAGO, «An effective definition of incommensurability», *VIII LMPS*, Moscow, 1987, 4, pt.1, 159-162 (riassunto) e in C. CELLUCCI et alii (eds.), *Temi e prospettive della logica e della filosofia della scienza contemporanea*, CLUEB, 1988, vol. II, 117-120.

un suo problema universale (che è quello di chi sono e quanti sono gli atomi); e invece dell'analisi una matematica elementare. In definitiva: OP e IP, cioè quelle scelte che l'accomunano con la termodinamica di S. Carnot.

6. *Applicazione del nuovo concetto di incommensurabilità al rapporto tra la chimica classica e la meccanica quantistica: paradossi e suggerimenti*

Allora la chimica classica, che è IP e OP, appare essere incommensurabile con molte teorie fisiche, sicuramente con la meccanica newtoniana, che è IA e OA.<sup>18</sup> Lo è anche con la meccanica quantistica, ma per la parte della equazione di Schroedinger, che ha scelte IA e OA; non lo è invece per la parte della teoria della misura quantistica, per la quale vale il principio di indeterminazione (com'è noto l'antinomia di von Neumann pone in contrasto irresolubile queste due parti della teoria), la quale ha le scelte IP (o per lo meno non si impegna su IA) e OP.<sup>19</sup>

A causa della duplicità delle coppie delle scelte fondamentali in meccanica quantistica, abbiamo ottenuto un risultato ambiguo; avrebbe ragione chi considera incommensurabile la chimica con la meccanica quantistica, sottintendendo che quest'ultima sia rappresentata al meglio dalla equazione di Schroedinger, che è IA e OA; ma avrebbe ragione anche chi include la chimica nella meccanica quantistica, caratterizzando quest'ultima soprattutto con le scelte IP e OP delle relazioni di indeterminazione (e magari della meccanica delle matrici di Heisenberg).

Ma questo risultato appare anche paradossale rispetto all'opinione comune dei chimici riduzionisti, i quali credono nello schema opposto: includere la chimica nella equazione di Schroedinger e considerarla estranea, disgiunta dalle relazioni di indeterminazione. Ora, secondo le scelte fondamentali, questo secondo schema interpretativo vale quando alla chimica attribuiamo almeno la scelta OA (e in più consideriamo, alla maniera popolare scorretta, la sua matematica IP come inclusa nell'IA). E in effetti la OA è quell'organizzazione di tipo assiomatico che da vari decenni ha anche prevalso tra i chimici che insegnano la loro teoria. Questa è una deformazione culturale, sopravvenuta per adeguarsi al dominio culturale dell'organizzazione OA della teoria scientifica nelle principali teorie matematiche e fisiche. (Anche le due interpretazioni strutturaliste precedenti della chimica ne deformano profondamente la tradizione culturale, trattandola come una teoria assiomatica, deducibile da pochi concetti matematici;

<sup>18</sup> A. DRAGO: «A Characterization of Newtonian Paradigm», in P.B. Scheurer, G. Debrock (eds.), *Newton's Scientific and Philosophical Legacy*, Kluwer Acad. P., 1988, 239-252.

<sup>19</sup> A. DRAGO, «Alle origini della meccanica quantistica: le sue opzioni fondamentali», in G. Cattaneo, A. Rossi (eds.), *I fondamenti della meccanica quantistica. Analisi storica e problemi aperti*, Editel, Cosenza, 1991, 59-79. «Dualism and incompleteness of quantum mechanics. Towards new consistent theories», in C. Garola, A. Rossi (eds.), *The Foundations of Quantum mechanics*, Kluwer A.P., 1995, 213-227.

addirittura nella prima interpretazione si blocca il numero degli elementi, al fine di sopprimere ogni problematicità ed euristica). In definitiva, le resistenze dei chimici all'idea di riduzione della chimica classica alla fisica vengono minate alla base dal diffuso modo «moderno» di concepire la chimica come teoria deduttiva dal modello atomico.

Allora, la difesa della identità culturale autonoma della chimica incomincia dall'opporci alla colonizzazione culturale dello schema deduttivo OA, il quale fa considerare una teoria come già conclusa; per invece mantenere lo schema culturale connesso alla OP; il quale storicamente significa lo schema culturale tipico della chimica dell'800, cioè di una teoria come processo di indagine teorica basata su un problema di cui si cerca un nuovo metodo scientifico di soluzione. Questa difesa comincia e si decide sin dalla didattica della chimica, nella scuola superiore e nell'università.

Inoltre questa difesa continua collegandosi alle analoghe battaglie culturali compiute da quella teoria fisica che appartiene al suo stesso modello di teoria scientifica, la termodinamica; ma, si noti che occorre riferirsi propriamente non alla termodinamica completata modernamente da Clausius e Kelvin, che è OA e IP, ma alla termodinamica originaria di S. Carnot, che è OP e IP; e che, essendo stata concepita sulla base del calorico, è da riformulare in termini moderni; ad es. così come l'ha riformulata Broensted.<sup>20</sup>

Infine, per trasformare la difesa in proposta alternativa, occorre considerare le teorie scientifiche in senso veramente moderno. Prima di tutte, notiamo che la chimica classica già da due secoli ha suggerito alla scienza che si può ragionare scientificamente con la logica non classica (proprio quella che poi è stata scoperta sessant'anni fa in quella meccanica quantistica, che invece le viene presentata come contrapposta). L'uso della logica non classica che la chimica ha compiuto sin dalla sua origine indicherebbe subito la sua incommensurabilità rispetto alle teorie fisiche OA e in particolare rispetto alla equazione di Schrodinger; mentre invece la accomunerebbe alla logica quantistica che sorge dalle

<sup>20</sup> N.J. BROENSTED, *Principles and Problems of Energetics*, Interscience, 1955; vedasi anche la riformulazione più vicina a quella di S. Carnot e tipicamente OP, suggerita dal lavoro di A. DRAGO, O. VITIELLO, «La formulazione di Broensted della termodinamica completata col metodo originario di Sadi Carnot», in G. Michelson (ed.): *Atti IV Conv. Storia e Fond. Chimica, Rend. Acc. Sci XL, 110, 16, pt II*, (1992), 391-396. Un'altra teoria IP ed OP importante è la meccanica di L. CARNOT, *Saggio sulle macchine in generale* (1783), CUEN, Napoli, 1994; ma soprattutto lo è la teoria che, dopo 2500 anni di dominio della geometria euclidea, che è IA e OA, ha fatto nascere la geometria non euclidea: la teoria di Lobacevskij, che è IP e OP; si veda S. CÍCENIA, A. DRAGO: *La teoria delle parallele*, Danilo, Napoli, 1996 (contiene la traduzione e il commento del testo più facile di Lobacevskij: *Studi geometrici sulla teoria delle parallele*, 1840).

relazioni di indeterminazione, le quali sono OP.<sup>21</sup> Inoltre si tratta di collegare la matematica della chimica classica (non tanto con le tecniche dei computer ma) con la matematica costruttiva che ha fatto sorgere la teoria dei computer, anch'essa OP e IP; e che oggi si sta imponendo come teoria matematica autonoma dalla teoria degli insiemi. Il che darebbe un ulteriore sostegno alla autonomia della chimica, qui basata su IP, rispetto a tutte le teorie fisiche dominanti, che sono basate su IA.

### Mechanismism in chemistry

Reaction mechanism and transition state theory

Summary: The transition state theory

is based on the assumption that the transition state is a local maximum of the potential energy surface. This is not always true, as shown by the example of the reaction of a diatomic molecule with a diatomic molecule.

The transition state theory is based on the assumption that the transition state is a local maximum of the potential energy surface. This is not always true, as shown by the example of the reaction of a diatomic molecule with a diatomic molecule. The transition state theory is based on the assumption that the transition state is a local maximum of the potential energy surface. This is not always true, as shown by the example of the reaction of a diatomic molecule with a diatomic molecule.

In 1978, the author was given the opportunity to visit the laboratory of the late Professor L. Pauling at the University of California, San Francisco. This visit was very fruitful and led to a number of papers on the transition state theory and its application to the reaction of a diatomic molecule with a diatomic molecule.

### INTRODUZIONE

Il tempo di vita di un...

Prima della formulazione delle leggi di conservazione della massa e di massa in fermentazione nel 1789 da L. Avogadro.

<sup>21</sup> Sull'uso della logica non classica nella chimica classica si veda A. DRAGO, «History of the relationships Chemistry-Mathematics», *Fresenius J. Anal. Chem.* 337 (1990), 220-224. Erratum, *ibidem*, 340 (1991), 787; «Atomism and the reasoning by non-classical logic», in *Proc. Conf. Proust*, Segovia, 1992, in stampa.