

SANDRA TUGNOLI PATTARO (\*)

## Storia e fondamenti. Alle origini della chimica moderna (\*\*)

History and the Foundations Problem. At the Origins of modern Chemistry.

Summary - The paper presents the following:

1) some remarks intended to a definition and a characterization of the term 'foundations' in science;

2) a depiction of the role of history in the context of a foundational analysis of scientific knowledge: from logical - empiricism to post - empiricism;

3) examples of application of 1) and 2) to chemistry up to Lavoisier.

### 1. Per una ricognizione epistemologica della nozione di «fondamenti» della scienza.

La questione dei fondamenti della scienza è di lunga tradizione negli orientamenti fenomenistici di tendenza sia razionalistica sia empiristica, ma si può dire che solo nel nostro secolo essa abbia costituito oggetto di approfondita analisi tale da consentire di specificarne caratteristiche e problematiche inerenti. In particolare, un'opera sistematica e originale di riflessione e riformulazione critiche del problema del fondamento epistemologico della scienza è stata condotta, a partire dagli anni Trenta, dal movimento neopositivistico sviluppatosi intorno al *Wiener Kreis*, soprattutto ad opera di Moritz Schlick e Rudolf Carnap, sulla scorta altresì dei contributi di autori che detto movimento hanno ispirato, quali Mach, Poincaré, Duhem, Russell.

In questo paragrafo s'intendono richiamare alcune testimonianze atte a delineare una proposta di definizione di «fondamenti» entro siffatta prospettiva, in quanto la si può considerare l'approdo più significativo e sistematico del procedimento critico che, intorno a tale tematica, era venuto già profilandosi durante il secolo precedente, anche se proprio negli stessi anni (Trenta) della formulazione della proposta, la dimostrazione, da parte di Gödel e di altri, dei teoremi limitativi

(\*) Università di Bologna.

(\*\*) Relazione presentata al IV Convegno Nazionale di «Storia e Fondamenti della Chimica» (Venezia, 7-9 novembre 1991).

introdusse perplessità circa l'adeguatezza di un'applicazione generalizzata del metodo assiomatico nella costruzione formale delle scienze.

La ricognizione muove da testimonianze relative alla matematica e alla logica. Questo perché storicamente è nell'analisi dei sistemi assiomatici formali relativi a tali discipline che la tematica fondazionale si è presentata in tutta la sua ricchezza e ha fornito le basi per la sua applicazione all'ambito dei sistemi di conoscenza empirica.

Una prima utile definizione epistemologica generale può essere quella secondo cui per «fondamenti» di una qualsiasi disciplina s'intendono in genere «le idee e le conoscenze sulla cui base è imperniato il suo sviluppo» (Pasquinelli, 1963, p. 81).

Più specificamente, nei *Principia mathematica* (1910-1913), per esempio, B. Russell e N. Whitehead scrivono che, per costruire un sistema deduttivo delle conoscenze matematiche, occorre, da un lato, analizzare la matematica esistente «per scoprirne le premesse basilari, per accertarne la mutua coerenza e per vedere se esse siano riducibili a premesse più fondamentali. D'altra parte, una volta stabilite tali premesse bisogna ricostruire nella misura ritenuta necessaria i dati previamente analizzati e derivare dalle premesse assunte tutte le possibili conseguenze di rilevanza generale» entro il sistema (Whitehead e Russell, 1968, I, p. V).

In matematica l'analisi storica consente di ravvisare tra le nozioni fondamentali quella di «numero», evidenziando, in particolare, che l'esigenza di superare le antinomie connesse con la ricerca di una definizione univoca di tale concetto e con la teoria cantoriana degli insiemi condusse dapprima a formulare il programma di aritmetizzazione, cioè di fondazione (riduzione) di tutte le conoscenze matematiche all'aritmetica, quindi, dopo il fallimento di tale programma, a cercarne una nuova fondazione nella logica nuovamente riformulata (proposta di Russell). Il permanere di difficoltà inerenti alla ricerca volta al superamento della crisi dei fondamenti della matematica spiega perché in questo campo si siano fronteggiate ancora nel nostro secolo tre correnti di pensiero metamatematico: il logicismo di Russell e Whitehead, il formalismo di D. Hilbert e l'intuizionismo di L.E.J. Brouwer (cfr. Hahn, Neurath e Carnap, 1979, pp. 83-86).

Analoga problematica fondazionale è stata posta relativamente alla logica deduttiva, intesa quale scienza dei giudizi e dell'inferenza necessari, in cui i principi logici risultano identificabili con enunciati analitici generali del tipo «se... allora...». In questo contesto come nozioni fondamentali, dal punto di vista semantico, sono state riconosciute quelle di «analiticità» e d'«implicazione» nel senso di L-implicazione, ovvero d'implicazione logica. Infatti, il chiarimento del concetto di «analiticità» rappresenta la condizione per stabilire che col risolversi in enunciati analitici la logica esprime giudizi necessari o necessariamente veri, dato che analitiche vengono dette le proposizioni verificabili prescindendo dai fatti. D'altra parte il chiarimento del concetto di «L-implicazione» costituisce la condizione per stabilire che enunciati analitici generali della forma «se... allora...», i cui antecedenti appunto L-implichino i conseguenti, rappresentano principi d'inferenza necessari, dove per «principi d'inferenza necessari» s'intendono principi che determinano quali conclusioni seguano da certe premesse nel senso che possa escludersi la falsità delle prime se le seconde sono vere (cfr. Pasquinelli, 1963, pp. 83-85).

In logica induttiva l'espressione «fondamenti dell'induzione» esprime il principio per il quale è lecito passare dai fatti alle leggi e dal passato all'avvenire. Tale

principio per gli empiristi è convenzional-pragmatico, consistendo nell'assumere quale regola metodologica l'esistenza di costanza e uniformità negli eventi naturali, assunzione che si forma per induzione, mediante rilevamento di una connessione costante di eventi, di regolarità *de facto* rilevate in natura e che vengono espresse nelle leggi. Per i razionalisti, invece, tale espressione rinvia a un'intuizione originaria di un principio supremo di ragione, nel quale risiede la giustificazione dei processi induttivi: principio d'identità, di non-contraddizione, di ragion sufficiente, ecc.)

Specifico riferimento al problema fondazionale delle scienze reali si trova, infine, sia nel «manifesto» del *Wiener Kreis*, sia in importanti saggi di Schlick e Carnap sui fondamenti della conoscenza, dove, com'è noto, questa per gli esponenti del *Wiener Kreis* è senz'altro la conoscenza scientifica.

Nel «manifesto» del 1929, Hans Hahn, Otto Neurath e Carnap, a proposito dei «fondamenti della fisica» riconoscevano che, sotto l'influsso del pensiero di Mach, Poincaré e Duhem, all'interno del Circolo di Vienna vennero dibattute le questioni della portata reale dei sistemi scientifici, in particolare dei sistemi ipotetici e assiomatici, dove per tali s'intendevano, a prescindere totalmente dalle loro applicazioni empiriche, sistemi di definizioni implicite, cioè sistemi in cui i concetti ricorrenti negli assiomi risultassero definiti non con riferimento al loro contenuto, bensì solo nelle loro relazioni reciproche fissate negli assiomi. Sistemi così intesi acquistavano significato reale solo mediante l'aggiunta di ulteriori definizioni, delle cosiddette «definizioni di corrispondenza», che stabilivano quali oggetti della realtà costituissero *modelli* dei sistemi stessi. «Lo sviluppo della scienza empirica, intesa a rappresentare la realtà per mezzo di una rete di concetti il più uniforme e semplice possibile, può così, come appare storicamente, aver luogo in uno dei due modi che seguono: le variazioni, imposte dalle nuove esperienze, sono attuabili o negli assiomi o nelle definizioni di corrispondenza» (Hahn, Neurath e Carnap, 1979, pp. 86-87).

Per parte sua, nel 1934 Schlick scriveva: «se si considera la scienza un sistema di proposizioni, in cui, come logici, ci interessino solo le connessioni inferenziali, allora la questione del suo fondamento, che in tal caso rimane puramente "logica", può esser risolta del tutto arbitrariamente. Infatti, ognuno sarebbe libero di definire come vuole il fondamento. Entro un sistema astratto di proposizioni, non si dà alcun *prius* né *posterius* in sé. Si potrebbero allora considerare quali fondamento ultimo le proposizioni generali della scienza, cioè quelle che per lo più si è soliti scegliere come assiomi; ma anche con pari legittimità quelle proposizioni speciali che corrispondono ai protocolli realmente registrati; o altro. Ma tutte le proposizioni della scienza, nel loro complesso o singolarmente, sono solo ipotesi, dal punto di vista del loro valore di verità e della loro validità. Se, invece, si dirige l'attenzione sulla connessione della scienza con la realtà, se si considera il sistema delle sue proposizioni per ciò che esso propriamente è, cioè uno strumento per orientarsi fra i fatti e arrivare alla conferma, allora il problema del fondamento si trasforma automaticamente nel problema del nesso indubitabile tra conoscenza e realtà. Questi punti di contatto assolutamente fermi, che sono le *constatazioni*, hanno una peculiarità: sono le *uniche proposizioni sintetiche che non siano ipotesi*. Non è vero che si trovino alla base della scienza, al contrario la conoscenza scientifica perviene ad essi come una fiamma, attingendoli per un attimo e subito consumandoli. E di qui, alimentata e rinforzata, guizza di nuovo verso l'esperienza futura. Questi attimi del

soddisfacimento e della consumazione dell'aspettativa sono l'essenziale. Da essi promana tutta la luce della conoscenza. Ed è propriamente di tale luce che il filosofo cerca l'origine, quando il suo problema è quello del fondamento del sapere» (Schlick, 1969, pp. 321-322, ultimi corsivi aggiunti).

Il successivo riconoscimento del carattere per principio ipotetico degli asseriti sia singolari sia universali (1936-1937) indusse neopositivisti quali *in primis* Rudolph Carnap a sostituire al principio di verificabilità quello di confermabilità quale criterio di significanza delle asserzioni conoscitive, e, insieme, a sostituire al criterio di definibilità esplicita quello di riducibilità (operazionismo di P.W. Bridgman rivisto) quale criterio d'interpretazione dei termini non primitivi usati nelle scienze empiriche. In *Foundations of Logic and Mathematics* (1939), Carnap mostrò che il *corpus* della scienza, o di una disciplina particolare «può venir assimilato a un calcolo, i cui assiomi rappresentino le leggi basilari della disciplina stessa. Anziché essere direttamente interpretato, detto calcolo viene invece costruito come un "sistema liberamente fluttuante", ossia come una rete di concetti teorici primitivi connessi fra loro dagli assiomi. Sulla base di tali concetti primitivi, vengono definiti ulteriori concetti teorici, alcuni dei quali possono risultare strettamente associati a proprietà osservabili, così da essere interpretabili mediante regole semantiche che li collegino con termini osservativi. Per esempio, "Fe" può venir definito sulla base di una certa configurazione di particelle, e "Y" sulla base di una certa distribuzione del campo elettromagnetico; successivamente è possibile stabilire queste regole semantiche: "Fe" designa il "ferro" e "Y" designa una data tonalità di giallo, che consentono di "ancorare" la rete fluttuante "al solido terreno dei fatti osservabili". Poiché si tratta di regole che coinvolgono solo determinati concetti derivati [non primitivi], l'interpretazione dei termini teorici da esse assicurata è incompleta; tuttavia, siffatta interpretazione incompleta è sufficiente per l'intendimento del sistema teorico, se "intendere" significa saper applicare praticamente, l'applicazione nella fattispecie consistendo nella previsione di eventi osservabili, a partire da dati osservativi, mediante il sistema teorico medesimo. A tal fine, è sufficiente che certi termini derivati del sistema teorico siano interpretati mediante regole semantiche» (Carnap, 1963, p. 78).

I passi sopra richiamati inducono ad articolare la ricerca sui fondamenti della scienza da un punto di vista neoeempiristico secondo le seguenti linee. Si tratta di: 1) individuare i termini o le espressioni ritenute fondamentali, essenziali (primitivi, assiomi), da assumersi quale base di riduzione dell'intero sistema delle conoscenze; 2) accertarne la coerenza, cioè la non-contraddittorietà; 3) stabilire le regole mediante le quali le altre nozioni o conoscenze (concetti, leggi, teoremi) di una data disciplina siano riducibili a 1), quindi formulabili entro una teoria generale unitaria (c'è quindi un problema di riduzione e unificazione del sapere). Su tale base si può valutare lo sviluppo (il progresso) attinto storicamente da una disciplina, ovvero stabilire se l'assetto fondazionale o ricostruzione razionale da essa via via conseguito ne abbia promosso il progresso (in termini di accrescimento di conoscenze, maggior capacità esplicativa e previsionale nel caso delle scienze empiriche, coerenza, unitarietà, semplicità, ecc.), dove, come visto, lo sviluppo di una scienza avviene in due modi per i neopositivisti: le variazioni, imposte dalle nuove esperienze, sono attuabili o negli assiomi o nelle definizioni di corrispondenza.

L'analisi neopositivistica consente così di precisare abbastanza bene le caratteristiche di un'indagine fondazionale. Ma la novità principale della proposta del movimento viennese risiede forse in un ulteriore aspetto, che è probabilmente il più controverso da parte soprattutto dei post-empiristi. Si tratta del fatto, esplicitamente accettato in un saggio di G. Sandri, che la riflessione fondazionale, che si svolge nell'ambito della teoria della scienza, per i neopositivisti si colloca a un livello metalinguistico, perché si tratta di procedere a una ricostruzione formale, a una rappresentazione logico-linguistica della teoria che costituisca la base per una descrizione metalinguistica della struttura formale (sintattica e semantica) della teoria stessa, dove il linguaggio prescelto nella ricostruzione formale è il linguaggio logico-matematico del calcolo predicativo del primo ordine con identità. In altre parole, la questione dei fondamenti della scienza all'interno del neopositivismo emerse nel momento in cui si rilevò consapevolmente l'inadeguatezza dei linguaggi scientifici storicamente dati, cioè dei linguaggi in cui venivano rappresentati gli insiemi delle conoscenze sviluppate e accettate entro una determinata comunità scientifica. L'analisi logica (metodo e filosofia privilegiati dai neopositivisti) mostrò che tale inadeguatezza poteva concernere (a) l'insieme dei termini o concetti primitivi, (b) gli asseriti iniziali (assiomi) che connettevano siffatti termini o concetti, (c) il sistema di regole che consentivano di caratterizzare (definire) ulteriori concetti sulla base dei primitivi e di derivare asseriti ulteriori (teoremi) a partire da quelli iniziali (assiomi). Fu proprio il rilevamento dell'inadeguatezza della base di riduzione (cfr. il passo di Carnap precedentemente citato), soprattutto qualora questa venisse interpretata come consistente in concetti o asseriti su osservazioni sensibili (si pensi alle prime fasi fenomenistica e fisicalistica del neopositivismo e al passo di Schlick precedentemente citato), nonché del sistema di regole, che — secondo Sandri — indusse i neopositivisti a spostare il piano di analisi da quello in cui oggetto di studio erano le conoscenze date a quello in cui si studiavano i linguaggi possibili, nei termini della loro struttura, che i quali fosse rappresentabile il sistema di conoscenze, in altre parole a ritenere che la soluzione della questione dei fondamenti della scienza fosse perseguibile solo a livello linguistico-metodologico: non ampliando o modificando i linguaggi di base, bensì costruendo un nuovo linguaggio vertente su tali linguaggi e che, descrivendo la loro organizzazione strutturale e le loro relazioni di significato, formulasse criteri di oggettività scientifica e promuovesse, sul piano metodologico, l'unità della scienza come problema linguistico. Siffatto linguaggio dell'analisi della scienza doveva soddisfare i seguenti requisiti: essere formalmente corretto; essere sufficientemente potente da riuscire a caratterizzare la struttura dimostrativo-inferenziale dei linguaggi scientifici dati, appunto perché in esso erano compresi un vocabolario di termini primitivi, un insieme di asseriti primitivi o assiomi, fra i quali ricorrevano gli asseriti generali (le leggi) della scienza, e un insieme di regole (le definizioni operative) che ponevano in relazione i termini astratti della teoria con i termini sottoposti a interpretazione osservativa diretta; infine, connesso con quest'ultimo punto, tale linguaggio doveva soddisfare un forte requisito di adeguatezza, consistente in una sorta di principio dell'empirismo: tutta la conoscenza non analitica (non logica o matematica) si basa sull'esperienza, ovvero la tesi dell'empirismo vale solo relativamente alla verità fattuale, escludendo l'esigenza di qualsiasi conferma empirica per le verità logiche e matematiche (cfr. Sandri, 1981, pp. 91, 77-78; Carnap, 1963, p. 64).

Approdando a una concezione siffatta dei fondamenti, potrebbe sembrare che, entro la prospettiva neopositivistica, non ci sia posto per la storia o almeno che questa svolga ruolo secondario e al limite non indispensabile per una ricostruzione fondazionale. Tanto più che i neopositivisti sottoscrissero la distinzione teorizzata da Hans Reichenbach tra «contesto della scoperta» (processo genetico effettivo delle conoscenze umane) e «contesto della giustificazione» (individuazione dei principi inferenziali ed empirici della conoscenza valida). L'analisi logica s'interessava del contesto della giustificazione, l'unico che fosse possibile studiare in modo sistematico (è possibile stabilire regole o principi solo riguardanti la giustificazione, non il processo genetico, delle conoscenze): in esso risultavano canonizzate le conoscenze istituzionali costituenti il *corpus* di una scienza in una data epoca. Sembra, pertanto, privilegiata la ricostruzione sincronica, la «storia interna» (storia intellettuale, delle idee) della scienza. Come si vedrà, queste critiche, mosse al neopositivismo soprattutto da parte dei post-empiristi, risultano errate o comunque parziali; anzi, paradossalmente, proprio l'argomento «storia» addotto contro la prospettiva neopositivistica da parte dei post-empiristi è quello che conduce a negare la possibilità di un'analisi fondazionale della scienza.

## 2. Storia vs «fondazionismo».

Non v'è dubbio che il merito di aver rivalutato il ruolo della storia per la filosofia della scienza spetti ai post-empiristi, i quali, dagli anni Sessanta del nostro secolo, si sono autodichiarati promotori di una «rivoluzione copernicana» in epistemologia e di una «rivoluzione storiografica nello studio della scienza». Lakatos ha espresso molto chiaramente il nuovo orientamento epistemologico circa il rapporto storia della scienza/filosofia della scienza parafrasando, in aperta polemica con l'insistenza sulla filosofia come analisi logica del linguaggio sostenuta dal neopositivismo, un noto passo di Kant nei termini seguenti: «la filosofia della scienza senza la storia della scienza è vuota. La storia della scienza senza la filosofia della scienza è cieca» (Lakatos, 1981, p. 1).

In questa prospettiva, il concetto tradizionale di storia, come depositaria di aneddoti o cronologia, come descrizione e individuazione delle scoperte e degli errori, allo scopo di ricostruire lo sviluppo diacronico cumulativo dei contributi scientifici utili e degli ostacoli a essi frapposti per l'assetto odierno della scienza (interpretazione del positivismo ottocentesco), viene sostituito da quello di una storia che cerca di presentare l'integralità storica di una scienza nel contesto del suo tempo, tenendo conto delle incommensurabili maniere di pensare, delle idiosincrasie personali, delle credenze ricevute anche dall'educazione professionale e coesistenti entro una determinata comunità scientifica.

Viene così proposta una nuova immagine di scienza, il cui contenuto non risulti esemplificato unicamente nelle osservazioni, leggi o teorie esposte nei manuali scientifici (come emergerebbe dall'accezione tradizionale di storia), bensì s'insiste soprattutto su almeno due elementi: quello dell'*arbitrarietà*, cioè delle accidentalità storiche o personali, che sono sempre presenti nelle convinzioni dei membri di una specifica comunità scientifica in un dato momento storico; e quello della distinzione

tra *scienza normale* e *scienza rivoluzionaria*, dove con la prima espressione s'intende «una ricerca stabilmente fondata su uno o più risultati raggiunti dalla scienza del passato, ai quali una particolare comunità scientifica, per un certo periodo di tempo, riconosce la capacità di costituire il fondamento della sua prassi ulteriore» e che risulta propriamente illustrata nei manuali scientifici. Tali manuali, quelli su cui si formano gli studenti, espongono, infatti, il corpo della teoria riconosciuta come valida, quelli che Kuhn chiama «paradigmi», i modelli di una data epoca per una determinata comunità. Il *Traité* di Lavoisier, per esempio, costituirebbe un tipico esempio di paradigma, di modello di scienza, servendo per un certo periodo di tempo a stabilire implicitamente i problemi e i metodi legittimi della chimica per numerose generazioni di scienziati. Opere come quella di Lavoisier furono in grado di svolgere tale ruolo paradigmatico perché presentavano due caratteristiche: i risultati che esponevano erano sufficientemente nuovi da attrarre uno stabile gruppo di seguaci, distogliendoli da forme di attività scientifiche contrastanti con essi; e, insieme, erano sufficientemente aperti da lasciare al gruppo di scienziati costituitosi su queste nuove basi la possibilità di risolvere problemi di ogni genere (cfr. Kuhn, 1969, p. 29).

La scienza rivoluzionaria è, invece, quella che scaturisce dalla sostituzione del vecchio paradigma con uno nuovo, con quello incommensurabile. La sostituzione avviene quando le anomalie insorte entro la pratica di *routine* della scienza normale non sono più ulteriormente eludibili e si dispone di una teoria alternativa. La scienza rivoluzionaria, quindi, promuove una nuova immagine della scienza, sia come assetto teorico, sia come problematiche da affrontare, sia nei modi di considerare ciò che la precedente professione stabiliva doversi ritenere un problema ammissibile o una sua soluzione legittima. La scienza rivoluzionaria costituirà, a sua volta, un nuovo paradigma, da cui inizierà una nuova scienza normale. Il progresso di una scienza matura è formato dal passaggio da un paradigma a un altro attraverso una rivoluzione (cfr. Kuhn, 1969, pp. 24-25, 31-32).

La novità della prospettiva post-empiristica, nelle formulazioni non solo di Kuhn, ma anche in quelle più elaborate per esempio di Lakatos, rispetto a quella neopositivistica circa il ruolo della storia consiste proprio nell'insistenza sull'importanza del contesto psicologico, sociologico, in genere istituzionale, entro cui opera lo scienziato, cioè sull'importanza del suo far parte di una data comunità scientifica e sociale. Per i post-empiristi, infatti, non è lecito separare fatti e teorie scientifiche se non all'interno della scienza normale entro cui essi sono presentati. Per questo si propone un concetto allargato di «rivoluzione scientifica», secondo cui la scoperta scientifica non è soltanto fattuale nelle sue ripercussioni: «una nuova teoria [...] è raramente, o non è mai, soltanto un'aggiunta a ciò che è già noto» e «il mondo dello scienziato è da essa non solo *quantitativamente* arricchito ma anche *qualitativamente* trasformato da fondamentali novità sia teoriche che di fatto» (Kuhn, 1969, pp. 25-26, corsivi aggiunti).

Si considera, pertanto, problematica e inaccettabile la distinzione neopositivistica tra «contesto della scoperta» e «contesto della giustificazione» (cfr. per esempio, già Kuhn, 1969, pp. 27-28). Per i post-empiristi, tale distinzione, lungi dall'essere meramente logica o metodologica, costituisce parte integrante di un insieme tradizionale di risposte, cioè parte di una teoria e quindi assoggettabile alla

stessa analisi cui le teorie vanno sottoposte: la storia della scienza diviene una «fonte di fenomeni, cui le teorie concernenti la conoscenza possono essere legittimamente applicate» (Kuhn, 1969, p. 28).

(Per illustrare il punto di vista post-empiristico si è qui seguita la prospettiva kuhniana per ragioni di priorità storica. Essa è stata, quindi, variamente arricchita, articolata, modificata in ulteriori contributi di post-empiristi, in particolare da parte di I. Lakatos e dei suoi seguaci, fra i quali Alan Musgrave si è specificamente occupato del caso della rivoluzione chimica di Lavoisier. La metodologia di Lakatos, per esempio, a differenza di quella di Kuhn, probabilmente per la diversa formazione dei due studiosi, insiste sull'euristica positiva del programma di ricerca istituzionale, più che sulle anomalie o sulle dimostrazioni d'incoerenza, quale elemento atto a dettare la scelta dei problemi trattati entro un dato ambito di scienza normale.)

Mi sembra che il tema fondazionale entro questa prospettiva si configuri, quindi, diversamente che in quella neopositivistica, nei termini seguenti. La problematica fondazionale praticamente non esiste; anzi si critica esplicitamente il «fondazionismo» neopositivistico (cf. Couvallis, 1989, che si basa su un lavoro poco noto di Feyerabend, *Knowledge without Foundations*, risultato di una serie di lezioni tenute presso l'Oberlin College nel 1961. In quest'opera Feyerabend sosteneva che non esiste alcun fondamento o base certa della conoscenza, neppure a livello di esperienza sensibile. L'empirismo costituisce pertanto un fondamento inadeguato per una teoria della conoscenza. In particolare, perché non è dato conoscere se sussista concordanza tra gli enunciati descrittivi, cioè il linguaggio, e il mondo. Conosciamo il mondo attraverso il linguaggio, concetti o teorie, ma il linguaggio ordinario è come una teoria, quindi non offre maggiori garanzie di oggettività delle osservazioni sensoriali, che sono irrimediabilmente *theory laden*, cioè impregnate di teoria). Infatti, da un lato, l'analisi della struttura, la cosiddetta «storia interna» della scienza, promossa — per esempio — dai neopositivisti, rivelerebbe che il sapere scientifico canonizzato nei manuali scientifici è quello della scienza normale, cioè quello meno interessante per la valutazione del progresso scientifico, che è operante a livello di scienza rivoluzionaria; dall'altro, la «storia esterna», funzionale, dinamica, della scienza attesterebbe, invece, quanto questa non poggi su dati oggettivi, né a livello di protocolli (le osservazioni sono sempre e solo osservazioni alla luce di teorie: tesi già di Popper e radicalizzata dai post-empiristi), né a livello di teorie, né tanto meno a livello linguistico o metodologico (contribuiscono maggiormente allo sviluppo della scienza i linguaggi dati in quanto più ricchi di connotazioni psicologiche, sociologiche, ecc., e non esiste una metodologia scientifica unitaria). Rispecchia in modo più attendibile l'effettivo sviluppo della scienza una «storia esterna», quella che ricostruisce le motivazioni, le irrazionalità, le incongruenze della comunità scientifica e sociale entro cui operano gli scienziati.

### 3. Un ruolo per la storia.

I post-empiristi hanno accusato i neopositivisti di astoricità o comunque di aver promosso ricerche storiografiche esclusivamente volte a ricostruire la storia interna del sapere scientifico. Invero, come anticipato, tali accuse appaiono infon-



date o quanto meno circoscritte a una minoranza fra essi. Non sono, infatti, mancati presso i neopositivisti lavori storici importanti, anche se, certamente, il tipo di ricerca privilegiato è stato quello di un'analisi strutturale, quindi di una storia interna, della scienza. Appare, comunque, significativo che le caratteristiche ricostruite in chiave neopositivistica del concetto di «fondamenti» ben s'attagliano a un esame storiografico diacronico del pensiero scientifico. Il caso della chimica risulta nel contesto esemplare.

Ora, sono i due punti di vista — neopositivistico e post-empiristico — incomensurabili? Nonostante divergenze di fondo che permangono inconciliabili, forse proprio da un punto di vista storiografico essi possono non essere tali. Mi sembra che il rapporto storia/fondamenti si possa stabilire soltanto qualora si accolga anche la prospettiva neopositivistica, cioè qualora si operi anche a livello di storia interna. Si tratta, allora, di considerare se si possa fare storia interna senza storia esterna o se si debba fare storia interna e, insieme, storia esterna. Il messaggio post-empiristico più radicale, che privilegia in modo esclusivo la storia esterna, non sembra accettabile, se non al prezzo di perdere buona parte della comprensione del sapere scientifico nella sua interezza.

Lungo questa linea più «morbida» si sono mossi post-empiristi, quali Lakatos. Come di recente rilevato, per esempio, da M. Baldini (1986, pp. 41-56), lo storico della scienza degli anni Ottanta non ritiene più che il suo lavoro debba consistere in ricerche volte a confermare lo schema elaborato dall'epistemologo mediante storie semplificate, stilizzate, in breve banalizzate. Ormai, egli è convinto che, in primo luogo, deve proteggersi dall'arroganza dell'epistemologo e, poi, proteggere l'epistemologo dalla sua sprovvedutezza sul piano storico. Ma — ritengo — è anche vero che lo storico contemporaneo non può fare solo storia sociologica della scienza, come purtroppo è la tendenza attuale maggioritaria, non può, in sostanza, prescindere dal messaggio neopositivistico di rigore metodologico, che attualmente è ancora il solo a suggerire criteri per procedere a quell'analisi critica dei fondamenti del sapere scientifico che rappresenta una condizione imprescindibile non soltanto per la riflessione epistemologica, ma anche proprio per il progresso della scienza stessa. Eventualmente una storia esterna deve accompagnare la storia interna. È proprio la storia della scienza che così globalmente intesa aiuta a comprendere l'assetto sia diacronico sia sincronico delle teorizzazioni scientifiche fino alla loro configurazione attuale. In altre parole, come la storia interna, strutturale, concettuale e formale, neopositivistica può fornire strumenti di valutazione del come le conoscenze scientifiche si siano via via organizzate nel corso del tempo, così la storia esterna, sociologica e psicologica, post-empiristica può suggerire indicazioni per valutare i perché non solo razionali, ma anche irrazionali, personali, sociali, ecc., di tale organizzazione e non di sue eventuali alternative.

L'integrazione fra storia, filosofia e scienza è stata, per altro, attentamente considerata anche da membri del Circolo di Vienna. Nel 1941, Philipp Frank, per esempio, occupandosi del problema dell'insegnamento delle discipline scientifiche, osservava che «a livello universitario solo l'impiego di argomenti storici e filosofici può favorire tra gli studenti l'integrazione della conoscenza. Tuttavia, il punto di partenza dev'essere la stessa scienza vivente». Inoltre, la presentazione di argomenti scientifici nel contesto storico-filosofico entro cui si sono costituiti rappresenta un

metodo fecondo qualora sia effettuato senza servirsi dei numerosi sistemi metafisici che si sono sviluppati nel corso dei secoli: «noi dobbiamo invece far uso dell'argomentazione filosofica che è cresciuta sul suolo della scienza, e si è cibata della linfa della scienza. Non dobbiamo mai dimenticare che la metafisica divide i popoli, mentre la scienza li unisce». «Nel tentativo di costruire un ponte tra la scienza e la filosofia, il nostro primo passo consisterà nel presentare allo studente la sua scienza specifica come un capitolo del libro della conoscenza umana. Ogni scienziato si trova di fronte alla sorprendente possibilità di derivare da pochi semplici principi, mediante argomenti logici, un vasto insieme di fatti che si possono controllare con osservazioni reali. L'esistenza di questi principi ci permette di porre al nostro servizio i fenomeni della natura, perché ci permette di escogitare metodi con i quali prevedere fin dall'inizio i risultati dei processi fisici. La filosofia della scienza si occupa della natura di questo metodo o accorgimento che l'uomo ha ideato per riuscire a prevedere i fenomeni fisici. Avere una certa conoscenza di questo metodo è un'esigenza fondamentale per chiunque desideri comprendere la storia e il comportamento dell'umanità durante gli scorsi e il nostro secolo. Una conoscenza delle strutture logiche della scienza rappresenta un gran passo avanti verso la comprensione del significato delle espressioni in qualsiasi dominio al di fuori della scienza vera e propria, nonché verso un modo corretto di giudicare la verità di ogni tipo», attenga questa anche all'etica, alla politica o alla religione. «Mediante l'analisi logica ed empirica, lo studente apprenderà che i principi della scienza non sono né "dimostrati dalla ragione" [Kant], né "ricavati per induzione dall'osservazione sensibile" [posizione del positivismo ottocentesco, per esempio di J.S. Mill]. Essi invece sono una struttura di simboli accompagnati da definizioni operative. Questa struttura è un prodotto della capacità creativa dell'intelletto umano e consiste di simboli, che sono il prodotto della nostra fantasia.

Tuttavia, la verità di questa struttura può essere controllata mediante osservazioni, che possono essere descritte facendo uso del linguaggio quotidiano. Con l'analisi logico-empirica, la creatività della mente umana emerge come un fattore di primo piano entro la scienza [...]. L'analisi logico-empirica [per altro] si limita a suggerire la funzione della mente umana in maniera piuttosto astratta. La nostra fantasia e capacità inventiva sono troppo limitate, per enumerare e discutere tutti i possibili principi che la capacità creativa degli scienziati può ideare, al fine di dedurre l'ampia gamma dei fenomeni della nostra esperienza. [...] Dobbiamo integrare la nostra analisi logico-empirica, dove "empirica" sta a designare le nostre esperienze individuali, con l'analisi "storica", che è empirica non in rapporto all'individuo, bensì alla razza umana. La storia della scienza è l'officina della filosofia della scienza. Dobbiamo insegnare agli studenti tutti i principi rilevanti che sono stati esposti nel corso della storia; e per storia intendiamo tanto l'estensione spaziale, quanto l'estensione temporale, lo sviluppo delle strutture della scienza attraverso le varie epoche, e su tutta la superficie del nostro globo. In questo modo l'analisi logico-empirica acquista vita e colore, e diventa un anello vivente tra la scienza e l'evoluzione della razza umana. I normali testi di fisica non parlano molto dell'evoluzione dei principi di questa scienza fatta eccezione per qualche data commemorativa. Molto sovente questi libri parlano con disprezzo della scienza antica e medievale. Affermano di non comprendere come mai la gente per secoli

non fu capace di scoprire una legge tanto semplice come il principio d'inerzia, che oggi qualsiasi scolaretto intende come una conseguenza ovvia delle nostre esperienze quotidiane, o addirittura come intuitivo. Tuttavia, nonostante queste osservazioni altezzose, quegli stessi testi non sanno formulare in maniera soddisfacente questo principio d'inerzia [...]. Un simile atteggiamento semplicistico mette in pericolo persino la comprensione dell'evoluzione del pensiero, e favorisce la diffusione dell'atteggiamento di intolleranza e del fanatismo tra gli studenti; mentre un atteggiamento improntato a un'analisi logico-empirica adeguata incoraggerebbe la buona volontà fra persone di diversa estrazione e di diverse convinzioni. Il modo migliore per aiutare lo studente a comprendere i progressi dell'evoluzione del pensiero umano è di presentargli con dovizia di particolari le svolte salienti dell'evoluzione della scienza, ponendo in evidenza non tanto la scoperta di fatti nuovi, quanto l'evoluzione di nuovi principi di trasformazione della struttura simbolica. Sarebbe, per esempio, importantissimo discutere a fondo il conflitto tra Copernico e la chiesa cattolica (o, se si vuole, la chiesa luterana). Io credo che qualsiasi studente di scienze e di discipline umanistiche debba avere una visione chiara della questione, che è stata una delle più grandi e delle più interessanti della storia. Se questo argomento fosse discusso a fondo ed esaurientemente, lo studente riuscirebbe ad acquisire una più profonda penetrazione dell'eterno conflitto tra la presentazione dei fatti secondo modelli stabiliti e il tentativo di mutare radicalmente la struttura simbolica della scienza. Imparerebbe che la tendenza a mantenere il vecchio modello di presentazione è sovente mascherato con il nome di "senso comune"; che si ricorre al senso comune nella storia della umanità quando si vogliono mascherare gli interessi delle chiese o dei governi istituiti, poiché, come egli in particolare apprenderà, la funzione che le interazioni fra scienza, filosofia e religione hanno avuto nella giustificazione degli obiettivi politici è assai grande. Allo stesso modo, gli studenti di scienza e di filosofia dovrebbero imparare esattamente in che cosa consistevano le controversie tra Cartesio e Newton, e tra Newton e Leibniz. Da queste dispute è nata quella che oggi chiamiamo la fisica classica del diciannovesimo secolo, la quale, fino ad oggi, è stata la base dell'istruzione scientifica impartita ai nostri studenti nelle facoltà tecniche o umanistiche. Comprendere a fondo queste controversie li aiuterebbe a comprendere la nostra scienza attuale come un essere vivente dinamico, il che non avverrebbe qualora si trovasse di fronte soltanto la pelle essicata e imbalsamata artificialmente della scienza, che la maggior parte dei testi correnti presentano». «Ponendo l'accento sull'evoluzione storica del pensiero scientifico, lo studente imparerà inoltre che la mente umana non è stata sempre appagata dall'analisi logico-empirica della scienza, poiché una siffatta presentazione scientifica è soddisfacente solo al fine "puramente scientifico" di prevedere e conoscere a fondo i fenomeni osservabili della natura. Ma i fenomeni sono dedotti da principi che si celano nei simboli, e [...] questi simboli hanno una loro vita autonoma, che in certo modo è indipendente dall'evoluzione della scienza vera e propria. Questi simboli, che sono stati creati dagli scienziati, [...] poiché non sono determinati inequivocabilmente dai fenomeni osservati scientificamente, sono influenzati fortemente da fattori extrascientifici. La scelta dei simboli, in verità, dipende molto dalle pressioni esercitate dai movimenti sociali e religiosi del momento. Queste influenze sono una delle cause principali che portano a preferire

o dei pezzi rigidi di materia come simboli fondamentali (materialismo), o la formazione di ogni concetto da elementi mentali (idealismo); a scegliere come pietra di costruzione fondamentale una realtà non descrittiva (realismo), o a partire da elementi che cooperano verso un certo fine (organicismo)» (Frank, 1973, pp. 299-303, 307).

In chimica, «secondo una vecchia tradizione, la visione generale viene trascurata in misura maggiore che nelle altre scienze. [...] Se la chimica fosse insegnata in modo più umanistico, diventerebbe evidente che una formula come  $H_2SO_4$  contiene la storia dell'umanità [...]. Ciò che un buon insegnamento deve conseguire, per contribuire all'istruzione generale, è di mostrare gli eroici sforzi dell'umanità compendiatosi nella formula  $H_2SO_4$  come in un guscio, e far sì che lo studente riviva la stimolante esperienza psicologica e storica che alla fine trova la sua espressione condensata in tale formula» (Frank, 1973, pp. 253-254).

Ho citato per esteso lunghi brani di Frank per mostrare come anche da parte neopositivistica sia stata sottolineata l'importanza della storia per un'analisi fondazionale della scienza, là dove per storia s'intende sia quella interna sia quella esterna. Siffatta prospettiva non appare quindi incompatibile con il nuovo ruolo che i post-empiristi avocano alla storia; certamente enfatizza e giudica diversamente aspetti della ricerca storiografica; eventualmente, anzi, in prospettiva tende ad arricchire tale ruolo perché cerca di tener conto di tutti le componenti (da quelle logiche a quelle metafisiche e ideologiche) che concorrono alla formazione della scienza moderna.

#### 4. Il tema dei fondamenti alle origini della chimica moderna.

Per circoscrivere la nostra esemplificazione al periodo di passaggio tra la chimica prelavoisieriana a quella lavoisieriana e moderna, una ricostruzione diacronica consente di rilevare un continuo richiamo a quei problemi tipicamente fondazionali che il neopositivismo ha così magistralmente individuato e analizzato.

In un mio lavoro sulla chimica del flogisto (cfr. Tugnoli Pattaro, 1989) mi era sembrato che si potessero assumere due questioni quali principali matrici della grande controversia settecentesca tra ossigeno e flogisto. Si tratta, da un lato, del problema dei principi o elementi, ovvero di quali sostanze debbano ritenersi i costituenti più semplici nella composizione dei corpi, problema già significativamente dibattuto come questione teorica nel pensiero greco e che troverà una risposta scientifica con Lavoisier e Dalton; dall'altro, del problema relativo alla spiegazione di fondamentali processi chimici, quali la combustione e la calcinazione (fino a Stahl ritenuti processi distinti, significando con quest'ultimo termine la combustione dei metalli).

Ora, entrambe le questioni sono tipicamente fondazionali. La prima concerne la scelta di quali termini, concetti, «oggetti» assumere come primitivi, ai quali ridurre tutti gli altri; la seconda attiene alla scelta degli assiomi, ovvero delle leggi, entro cui combinare tali primitivi al fine di consentire una riduzione, cioè spiegazioni e previsioni di tutti i processi chimici.

Appare significativo che i «chimici» fin dall'antichità si siano preoccupati,

anzitutto, di stabilire quali fossero gli elementi, i principi costitutivi più semplici della materia cui poter ridurre la composizione di tutte le sostanze più complesse esperibili: così Aristotele con la teoria dei quattro elementi, Paracelso con la dottrina dei *tria prima*, Becher e Stahl con la teoria della tre terre, ma anche gli atomisti prima di Dalton. Essi, però, violarono quello che i neopositivisti hanno chiamato «criterio» o «principio dell'empirismo», cioè non riuscirono a stabilire e/o ad applicare regole scientificamente valide per decidere del carattere elementare delle varie sostanze.

Parimenti volti a risolvere problemi fondazionali appaiono i tentativi di fornire una spiegazione unitaria di processi chimici fondamentali, quali combustione, calcinazione, fermentazione. Anche in questo caso, prima di Stahl, non si riesce a trovare un modello esplicativo unitario e, quando lo si trova con la proposta di Stahl di concepire tutti i suddetti processi come processi di scissione delle sostanze analizzate dalle quali in particolare esalerebbe flogisto (dov'è il successo della chimica flogistica), una volta applicato con maggior acribia scientifica (cioè pesando sistematicamente le sostanze prima e dopo le reazioni chimiche), esso fa insorgere anomalie (in particolare, tale modello appare contraddittorio con l'aumento ponderale registrato relativamente alle calci — ossidi — metallici dopo la calcinazione), violando di nuovo il criterio dell'empirismo.

E ancora rispecchia un'istanza fondazionale la ricerca di una teoria chimica unitaria e coerente: troviamo tale esigenza chiaramente espressa da Louis Lemery quando enuncia una teoria generale del fuoco (assunto fra i primitivi), da Stahl con la teoria del flogisto (principio primitivo, omnicomprensivo e omniexplicante), da Lavoisier con la sua teoria dell'ossidazione. Quest'ultima risulta alla fine vincente e inizia la chimica moderna perché soddisfa il principio dell'empirismo, risolve le anomalie insite nella teoria del flogisto, riconduce a una spiegazione semplice e unitaria tutti i fenomeni chimici. La spiegazione lavoisieriana del processo di combustione, modernamente inteso come reazione di sintesi di sostanze, conduce a una revisione radicale sia delle leggi governanti i processi chimici, sia delle regole stabilenti quali oggetti della realtà costituiscano modelli della teoria. L'ossigeno di Lavoisier è un principio osservativo, per lo meno disposizionale, comunque empirico (si stipulano precise regole per connetterlo con la realtà), laddove i principi precedentemente assunti dai chimici come elementi non erano governati da regole simili.

Lavoisier offre un esempio illuminante di rifondazione di una scienza proprio secondo le linee individuate dai neopositivisti. Lavoisier, infatti, si accorse altresì che la rifondazione della chimica passava anche attraverso una riforma linguistica. Mi riferisco non tanto alle definizioni rigorose e scientificamente feconde di nozioni fondamentali, quali — appunto — quella di «elemento», nonché alla nuova nomenclatura chimica, che completava la rivoluzione teorica con una rivoluzione linguistica, ponendo termine a una secolare anarchia terminologica e conferendo alla chimica un linguaggio tecnico, quanto soprattutto all'esplicita e consapevole stipulazione di regole per la sistematizzazione e classificazione delle conoscenze passate e future. Siffatta stipulazione faceva parte di un più articolato messaggio metodologico che, una volta recepito, avrebbe promosso i successivi rapidi progressi della disciplina (in termini di scoperte sia di fatti nuovi sia di nuove leggi e teorie) nei

secoli seguenti: esso apriva la strada al simbolismo chimico, espressione analitica delle nostre conoscenze degli «oggetti» e processi chimici. Seguendo l'esempio citato da Frank, formule come  $H_2SO_4$  non sono simboli meramente dati o attratti semplicemente; esse sono bensì il risultato di «eroici sforzi» condotti fra tentativi ed errori nel contesto di una continua generale istanza fondazionale del sapere chimico, sforzi di cui proprio la storia della scienza è in grado di far apprezzare complessità, difficoltà e portata teorica. Dall'«acido di zolfo» di Stahl, considerato risultante dalla combustione (scissione) del «composto» zolfo e costituito di prima terra e acqua (due elementi, per altro mai attingibili allo stato puro, secondo la generale concezione prelavoisieriana delle sostanze elementari), solo attraverso l'«acido solforico» di Lavoisier, che lo considera sostanza composta risultante dalla combustione (combinazione) dell'elemento zolfo con l'elemento ossigeno presente nell'aria atmosferica, si è potuti faticosamente pervenire ad enunciare la formula  $H_2SO_4$  che offre la conoscenza esatta della composizione della sostanza di cui si tratta e del tipo di reazione anche a livello molecolare operata tra elementi riconoscibili empiricamente come tali ( $H, S, O$ ).

BIBLIOGRAFIA

- BALDINI M., 1986, a cura di, *Problemi e prospettive di storia della scienza*, Città Nuova Ed., Roma.
- CARRAP R., 1963, *Intellectual Autobiography*, in *The Philosophy of Rudolf Carnap*, a cura di P.A. Schilpp, Open Court-Cambridge University Press, La Salle, Ill. London, pp. 3-84.
- CARRAP R., 1971, *I fondamenti filosofici della fisica. Introduzione alla filosofia della scienza*, a cura di M. Gardner, trad. it., Il Saggiatore, Milano (1a ed. in inglese 1966).
- COHEN G., 1989, *Feyerabend's Critique of Foundationalism*, Gowex Publishing Co. (Avebury), Aldershot-Brookfield.
- FRANI P., 1973, *La scienza moderna e la sua filosofia*, trad. it. a cura di M.C. Galavotti, con presentazione di V. Sorrenti, Il Mulino, Bologna (1a ed. in inglese 1941).
- HAIN H., NIUBATI O., e CARRAP R., 1979, *La concezione scientifica del mondo*, trad. it. a cura di A. Pasquidelli, trad. e note di S. Tugnoli Pattaro, Laterza, Bari (1a ed. in tedesco 1929).
- KUHN TS., 1969, *La struttura delle rivoluzioni scientifiche. Come mutano le idee della scienza*, trad. it., Einaudi, Torino (1a ed. in inglese 1962).
- LARATON I., 1981, *La storia della scienza e le sue ricostruzioni razionali*, in *Critica della ragione scientifica. Metodo e valutazione nelle scienze fisiche*, a cura di C. Howson, trad. it., Il Saggiatore, Milano (1a ed. in inglese 1976).
- PASQUIDELLI A., 1963, *Introduzione alla logica simbolica*, Boringhieri, Torino (1a ed. 1957).
- SANDRI G., 1981, *La costruzione della nozione di "teoria scientifica" nel Circolo di Vienna*, in *Uomini senza qualità. La crisi dei linguaggi nella grande Vienna*, a cura di F. Castellani, Edizioni U.C.T., Trento, pp. 69-106.
- SCHLECK M., 1969, *Il fondamento gnoseologico*, trad. it., in *Il neoempirismo*, a cura di A. Pasquidelli, Utet, Torino, pp. 299-322 (1a ed. in tedesco 1934).
- TUGNOLI PATTARO S., 1989, *La teoria del flogisto. Alle origini della chimica moderna*, Clueb, Bologna (1a ed. 1983).
- WHITEHEAD N., e RUSSELL B., 1968, *Principia mathematica*, Cambridge University Press, Cambridge (ristampa della 2a ed. 1925-1927; 1a ed. 1910-1913).