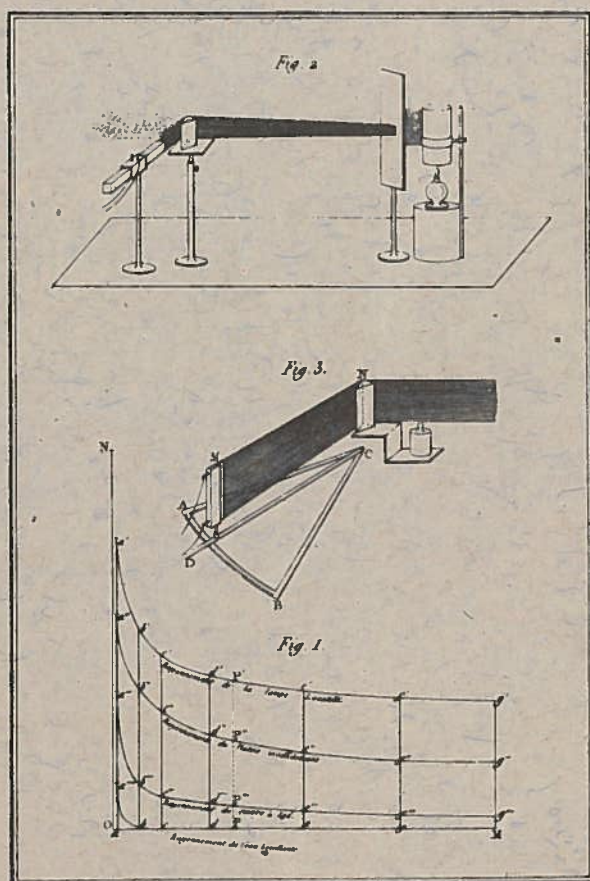


ATTI del I° CONVEGNO DI STORIA DELLA CHIMICA



TORINO
1985
RISTAMPA ANASTATICA
2000

RISTAMPA ANASTATICA
a cura della
ACCADEMIA NAZIONALE DELLE SCIENZE DETTA DEI XL
Villino Rosso di Villa Torlonia - Via Siracusa, 1 - 00161 Roma

Eseguita nel novembre 2000 presso la Tipografia della Pace, Roma

PREFAZIONE

Nel corso di una riunione del Consiglio Direttivo del Gruppo Nazionale di Storia e Fondamenti della Chimica (GNSFC), alla quale era presente anche il nostro Socio Alessandro Ballio, è stata riconosciuta l'opportunità di ristampare gli atti, ormai esauriti, del I Convegno di Storia della Chimica svoltosi a Torino nel 1985.

L'Accademia Nazionale delle Scienze detta dei XL ha accettato senza esitazione il compito di curare la loro ristampa anastatica, un'operazione coerente con l'attenzione che i XL da tempo rivolgono all'attività del GNSFC.

In effetti, le due istituzioni hanno un rapporto di collaborazione fin dal 1986, allorché il GNSFC si costituì ufficialmente per iniziativa di alcuni chimici, tra i quali l'allora Presidente dell'Accademia dei XL G.B. Marini Bettolo.

Il Gruppo fissò la propria sede in Roma, presso l'Accademia e, tenuto conto che Marini Bettolo aveva contribuito in modo determinante alla fondazione dell'associazione, lo nominò Presidente del Consiglio Direttivo. Da allora sono stati tenuti, con regolare cadenza biennale, altri sette convegni nazionali, i cui atti, con la sola eccezione di quelli del III Convegno (Cosenza 1989) sono stati ospitati dall'Accademia dei XL nella serie «Memorie di Scienze Fisiche e Naturali» dei suoi «Rendiconti».

La riproduzione anastatica delle relazioni presentate al Convegno di Torino, che, pur essendosi svolto un anno prima della costituzione ufficiale del GNSFC, è giustamente considerato il primo del Gruppo stesso, integra la serie quasi completa degli atti fin qui stampati dall'Accademia e dimostra ancora una volta il costante impegno dell'Accademia nella promozione degli studi di storia della scienza.

Nel licenziare la ristampa degli Atti del I Congresso Luigi Cerruti ha voluto ricostruire le vicende che hanno portato alla sua progettazione e rea-

lizzazione. Si tratta di un testo che nel suo andamento di testimonianza in prima persona ricorda il percorso di una generazione di ricercatori che ha contribuito in maniera rilevante al rinnovamento degli studi sulla storia delle discipline scientifiche nel nostro paese.

Per questo ci è sembrato interessante premetterlo alla nuova edizione degli Atti.

GIAN TOMMASO SCARASCIA MUGNOZZA
Presidente dell'Accademia Nazionale delle Scienze

HABENT SUA FATA LIBELLI

(MEMORIE DI UN CURATORE)

Gli *Atti* del I Convegno di Storia della Chimica sono presentati nella prospettiva della formazione della comunità di ricercatori che partecipò al Convegno, tenuto a Torino nel febbraio 1985. Le vicende personali di uno dei curatori degli *Atti* sono assunte come filo conduttore dell'indagine, che dimostra la funzione essenziale che ebbero sia le comunità di storia della fisica e di didattica chimica, sia il gruppo di studiosi di filosofia della chimica che si riunì a Napoli in quegli anni. È infine discusso l'uso storiografico e autobiografico degli archivi personali.

0. Un racconto problematico

Nel 1985, insieme a Paola Antoniotti, curai la pubblicazione degli *Atti del I Convegno Nazionale di Storia della Chimica*.¹ La decisione dell'Accademia dei XL di ristampare gli *Atti* ha suscitato il mio immediato interesse, non solo come curatore, ma anche — e intensamente — come storico. Si tratta infatti di un evento dal molteplice significato, che rinvia sia all'interesse che l'Accademia nutre verso le sorti della storia della scienza in Italia, sia alla continuità dell'attività culturale del Gruppo Nazionale di Fondamenti e Storia della Chimica (GNFSC), attività di cui il Convegno tenuto a Torino nel febbraio 1985 fu la prima, importante testimonianza pubblica. Già qui, da quest'ultimo punto di vista, si presenta ai nostri occhi una prospettiva storica che invita a seguire nel tempo le vicende del Gruppo: è evidente che se esso non fosse sopravvissuto per più di tre lustri, convocando con regolarità biennale i propri convegni, non si porrebbe nemmeno il problema di ripubblicare il volume con i lavori del I Convegno. In questa prospettiva il valore storico degli *Atti* distribuiti ai convegnisti nel febbraio 1986 risiederebbe in ciò che è avvenuto dopo di allora. Il libricino pubblicato allora è ancora interessante perché negli scaffali delle biblioteche vi si allineano accanto altri sette volumi di *Atti* del GNFSC:

habent sua fata libelli

¹ P. Antoniotti, L. Cerruti, *Atti del I Convegno Nazionale di Storia della Chimica*, Torino: Univercittà, 1985 [1986].

ovvero, i piccoli libri hanno il loro destino, come scrisse Terenziano Mauro, sette secoli fa.² Questo punto di vista è centrifugo, considera gli *Atti* come l'inizio di un processo che ancora continua ad arricchire la cultura storiografica. Il mio interesse personale, come storico, diventa più vivo se si assume la prospettiva contraria, centripeta, che vede nel volumetto la *traccia materiale* di un altro processo, quello che portò a Torino ogni singolo *autore*, il cui contributo confluì negli *Atti*, e ogni singolo membro del *pubblico* che stette ad ascoltarlo.³ Come tutti gli storici della scienza ho studiato gli atti di innumerevoli Convegni, Seminari, Congressi, Incontri, e spesso li ho esaminati proprio nella prospettiva centripeta, chiedendomi quali fossero le motivazioni *che* avevano formato la comunità *che* aveva partecipato all'evento *che* era stato tramandato negli atti. Ho utilizzato una sintassi penosa per sottolineare una concatenazione storica di rilievo:

motivazioni → comunità → evento → atti

È il possibile sviluppo di questa traccia metodologica che ha stimolato il mio interesse come storico. Per di più, in questo caso, nello studio degli *Atti del I Convegno Nazionale di Storia della Chimica* come *oggetto storico*, il mio interesse si è arricchito a dismisura, perché la catena storiografica mi legava come *attore* a ciascuno dei suoi anelli. La trasformazione di un curatore nello storico della propria opera pone un'evidente sfida autobiografica. Una simile scelta non è priva di rischi, ma sono convinto, come molti altri storici che *nella scrittura storiografica ci si mette sempre in gioco*:

la storia ci è apparsa come frutto di un'azione, di uno sforzo in un certo modo creativo, che impegna le forze vive dello spirito, così come è definito dalle sue capacità, dalla sua mentalità, dal suo bagaglio di cognizioni tecniche, dalla sua cultura; la storia è un'avventura spirituale in cui la personalità dello storico si trova interamente impegnata; [...] *essa assume per lui valore esistenziale*, donde la sua serietà, il suo significato, il suo valore.⁴

Posso dire tranquillamente che ho sempre tenuto presente la relazione fra orizzonte esistenziale e oggetto storiografico,⁵ così, pur avvicinandomi alla scrittura autobiografica con una certa cautela, penso che la 'sfida' di cui parlavo vada accettata. Per altro non si dovrebbe neanche parlare di 'autobiografia' in senso critico-letterario, perché non si tratterà né della «storia di una personalità» né del racconto di una «vita individuale». *L'assenza* di questi requisiti, secondo l'analisi del

² Il verso completo suona: *Pro captu lectoris habent sua fata libelli*, «i libri hanno una loro fortuna, a seconda della ricezione del lettore», tr. da: R. Tosi, *Dizionario delle sentenze latine e greche*, Milano: Rizzoli, 1991, pp. 394-395. L'opera di Terenziano Mauro risale al 1286.

³ Ho ricostruito quasi completamente l'elenco dei partecipanti al I Convegno v. Appendice.

⁴ H.-I. Marrou, *La conoscenza storica*, Bologna: Mulino, 1962, p. 207, corsivo mio.

⁵ Lessi il libro di Marrou proprio nel periodo coperto dal presente saggio: ho trovato come segnalibro al capitolo qui citato un appunto preparatorio della conferenza che Di Meo, Abbri, Torracca ed io tenemmo a Venezia nel 1986; *vide infra*, al Rif. 131.

più noto studioso del genere autobiografico, consegna il presente saggio ad un genere diverso: di qui il sottotitolo.⁶

D'altra parte ho già 'seminato' annotazioni autobiografiche qua e là nei miei scritti,⁷ in genere per mettere sull'avviso il lettore rispetto al mio orientamento ideologico: una specie di tic, condizionato dalla universale proclamazione della 'caduta delle ideologie'. Se in questi casi ho approfittato di certe svolte narrative presenti nei lavori per inserire semplici annotazioni autobiografiche, devo ricordare che esistono diversi contesti ufficiali, tipicamente accademici, in cui si parla quasi sempre delle proprie esperienze. Il contesto più diffuso è quello della ricerca in didattica, in cui spesso quanto si è fatto *personalmente* è ritenuto significativo, e quindi proposto o come 'modello', da adattare a seconda delle circostanze, o come fonte di riflessioni teoriche, valide in generale. Per quanto riguarda più specificatamente l'insegnamento della storia della scienza, fui presente — una decina di anni fa — ad un colloquio dedicato all'analisi delle esperienze didattiche in questo campo; per me, ovviamente, si trattava del 'corso' di storia della chimica. Nell'aprile 1989, con l'ospitalità squisita dell'Istituto Italiano di Studi Filosofici, partecipai ad un Incontro Nazionale dei Docenti di Storia della Fisica. Il respiro dell'iniziativa era ampio perché dopo un'intera giornata di lavori dedicati all'analisi dei corsi di storia della fisica (*tredici* sedi coinvolte), il confronto si apriva ai docenti di 'materie affini'. La mia presenza era sì giustificata dall'essere il titolare dell'*unico* corso di storia della chimica attivato in Italia, ma fu essenzialmente dovuta ad Antonino Drago, organizzatore dell'incontro e frequentatore dei Convegni di Storia e Fondamenti della Chimica. Tutta la prima parte del mio intervento fu sul tema «Microstoria locale e pratica didattica», e fu di impronta autobiografica.⁸

Vi sono ancora altri due contesti accademici in cui all'autore è richiesto esplicitamente un esercizio di scrittura in parte o totalmente autobiografica. Mi riferisco in primo luogo alle commemorazioni degli scienziati insigni, in genere fatte da loro allievi che mescolano, necessariamente, la memoria dell'*evento personale* con il racconto della vita del Maestro.⁹ Un diverso contesto, che porta ad una scrittura stret-

⁶ Si veda l'analisi svolta in: Ph. Lejeune, *Le pacte autobiographique*, Paris: Seuil, 1973, pp. 14-15.

⁷ Ricordo due casi che ho potuto rintracciare facilmente: L. Cerruti, «Il luogo del *Sunto*», in: S. Cannizzaro, *Sunto di un corso di filosofia chimica*, ed. a cura di L. Cerruti, Palermo: Sellerio, 1991, pp. 73-282, alla p. 86; Id., «Le parole / preferiscono il sonno. Analisi linguistica e pratica storiografica», *Rend. Acc. Naz. Sci.*, (5) 16, pp. 333-360 (1992). Nel secondo lavoro qui citato mi presentavo al lettore — con una vignetta di Altan — nelle vesti di un 'comunista rifatto'.

⁸ L. Cerruti, «L'insegnamento universitario di storia della chimica. Esperienze torinesi, 1979-1989», in: F. Bevilacqua, *Atti del XII Congresso Nazionale di Storia della Fisica*, Milano: CNR, 1994, pp. 313-322; per due autocitazioni tratte da questo articolo si veda al Rif. 26 e al Rif. 40. La data di pubblicazione, posteriore di cinque anni all'incontro napoletano (14-15 aprile 1989), dimostra che Drago ebbe non poche difficoltà a mettere a stampa i risultati del Convegno.

⁹ Sono esemplari da questo punto di vista molti dei ricordi che colleghi e allievi di G.B. Marini Bettolo hanno raccolto e tramandato in: G.B. Marini Bettolo (1915-1996). *La figura e l'opera*, Roma: Accademia dei XL, 1999.

tamente autobiografica, è quello che fu creato anche nel I Convegno di Storia della Chimica, quando furono chiamati a portare la loro testimonianza due Maestri della chimica italiana, Luigi Sacconi¹⁰ e G. Marini Bettolo.¹¹ Quindi almeno tre diversi tipi di testo — didattico, commemorativo e di testimonianza — sono prodotti in gran copia all'interno delle comunità scientifiche, in genere senza difficoltà. Il racconto diventa problematico solo quando l'autore si dispone alla scrittura con un'intenzione storiografica, come nel caso del presente saggio. Tuttavia, questa non è la sede adatta per soffermarsi su nessuno dei problemi che la scrittura autobiografica solleva nell'ambito della critica storica. Una sola osservazione è indispensabile, sulla questione della 'selezione' dei fatti e dei documenti. Innanzi tutto si può affermare che essa è inevitabile. In parte ci pensano le vicissitudini dei materiali documentari, di cui una frazione cospicua va inevitabilmente perduta; ciò che resta è comunque ridondante per qualsiasi racconto sensato, e quindi interviene la selezione volontaria dell'autore. Nel caso della vicenda che intendo narrare, negli anni fra il 1982 e il 1985 il mio ritmo di 'uscite' pubbliche (congressi, conferenze, seminari, etc.) crebbe rapidamente assestandosi sulla dozzina all'anno, in eccesso¹² da diversi punti di vista. Un resoconto dettagliato sarebbe non solo lungo e noioso, ma anche superfluo rispetto al senso che vorrei dare all'intreccio fra la mia *vicenda personale* e la *storia delle comunità* con cui interagii più fortemente, quella di storia della fisica e quella di didattica della chimica. La selezione che ho fatto è stata quindi radicale, e d'altra parte il mestiere di storico obbliga sempre al sacrificio di parte del *corpus*.

Ho suddiviso il racconto sull'origine degli *Atti del I Convegno Nazionale di Storia della Chimica* in cinque parti. Nella prima sono riprese alcune delle esperienze personali che mi portarono alla 'conversione' dalla chimica fisica alla storia della chimica; gli aspetti più intimi sono riscattati dalla mia partecipazione al collettivo di *Testi & Contesti*, la cui attività ha segnato le tappe successive della storia delle scienze nel nostro Paese (sezione 1.2.). La parte 2. è stata quella di più difficile scrittura: il lettore se ne accorgerà leggendola. La parte 3. è dedicata alle più importanti occasioni che mi furono offerte durante il mio tirocinio come storico (sezione 3.1.), ad incontri notevoli che feci (sezione 3.2.), e ad alcuni passi falsi (sezione 3.3.); in questa parte è di rilievo la sezione 3.2. dove il protagonista è Giuseppe Del Re. La parte 4. estende finalmente il discorso alle comunità che assunsi come riferimento, o che — meglio — mi 'adottarono' dopo che ero diventato un apolide disciplinare. La sezione 4.1. tratta della comunità dei fisici nella versione 'storia della fisica', la sezione 4.2. presenta la comunità dei chimici interessati alla

¹⁰ L. Sacconi, «La Chimica di un autodidatta, ovvero Memorie di un incosciente», Rif. 1, pp. 39-41. Per il contenuto di questo contributo si veda al Rif. 150.

¹¹ G.B. Marini Bettolo, «Cinquanta anni di chimica organica in laboratorio ed in aula», Rif. 1, pp. 42-60. A proposito del valore attuale di questa testimonianza *vide infra*, Rif. 151.

¹² Date le condizioni di lavoro in cui mi trovavo, superai di gran lunga il limite di guardia per il mantenimento decente di una vita personale.

ricerca didattica; qui il protagonista è Leonello Paoloni, uno dei miei 'incontri' importanti della sezione 3.2. La parte 5. è quasi tutta pertinente al I Convegno di Torino, e alla 'produzione' degli *Atti*; il *quasi* riguarda il cenno ad un pericoloso ritorno di fiamma delle mie vicissitudini accademiche, e all'aiuto compassionevole¹³ che mi diede G.B. Marini Bettolo.¹⁴ Terminata la narrazione, la parte 6. suggerisce brevissime conclusioni.

1. Esperienze

Nella seconda metà degli anni 1970 si spezzarono in successione tre fili del mio ordito esistenziale: nel 1976 si dissolse il mio primo matrimonio, nel 1978 decisi di non rinnovare più la tessera del Partito Comunista Italiano, nel 1979 mi risolsi ad abbandonare la chimica quantistica e ad intraprendere seriamente il tirocinio da storico. Dei tre 'eventi' solo il terzo ha una connessione immediata con la storia che intendo narrare, e ne parlerò nella parte 2., ma certo anche gli altri 'accidenti' non furono estranei alla mia metamorfosi professionale, da chimico fisico a storico della scienza. In questa parte 1. mi propongo di toccare brevemente alcune esperienze 'introduttive' al lungo percorso che portò ad organizzare il I Convegno nel 1985.

1.1. L'*Enciclopedia* di Giulio Einaudi e i *Quaderni di Critica Marxista*

Nel luglio 1976 affittai un bellissimo e grande alloggio in via Cellini, vicino all'Istituto Chimico di Torino, alloggio che in seguito divenne la casa della mia nuova famiglia. Il fallimento del matrimonio aveva comportato la perdita di tutti i 'beni' precedenti, compresi libri, appunti, conto corrente e biancheria intima. Questo ebbe un effetto vistoso sul primo anno di vita da *single*, in quanto l'arredamento iniziale consisteva in una cucina a gas, poche cassette da frutta in cucina, tavola e seggiole da campeggio, brandina pieghevole, pochi libri comprati sulle bancherelle. Fu l'evidente necessità di rendere più confortevole e 'colta' l'abitazione che mi spinse a cercare una qualche fonte di reddito accessorio. Scelsi un'attività fra le meno lucrose, ma anche una delle più stimolanti, quella del traduttore. Attraverso un canale amicale ottenni di tradurre alcune voci dell'*Enciclopedia* che

¹³ Nella tradizione buddhista a cui appartengo *karuna*, la compassione, è un atteggiamento etico fondamentale.

¹⁴ Marini Bettolo fu il primo Presidente del Gruppo Nazionale di Fondamenti e Storia della Chimica, e fu commemorato in apertura del VII Convegno Nazionale tenuto all'Aquila, nell'ottobre 1997; A. Ballio, «G.B. Marini Bettolo: 60 anni nella Chimica e per la Chimica», in: F. Calascibetta (a cura di), *Atti del VII Convegno Nazionale di Storia e Fondamenti della Chimica*, Roma: Accademia dei XL, 1997, pp. 15-21. Sul suo contributo determinante in favore dello sviluppo della storia della chimica in Italia si vedano: (a) testimonianza di L. Paoloni, in Rif. 9, p. 277; (b) A. Di Meo, «G.B. Marini Bettolo e la storia della chimica in Italia», *ib.*, pp. 289-294.

Giulio Einaudi stava pubblicando con un dispendio demenziale di mezzi. Il nucleo centrale delle traduzioni fu costituito da quattro voci dovute a Jules Vuillemin: «Essere», «Esistenza», «Fenomeno», «Forma».¹⁵ Avevo già praticato la difficile arte del traduttore quando avevo curato per De Donato un volume di sociologia della scienza,¹⁶ ma questa volta lo scarto dal territorio culturale più familiare fu piuttosto notevole, e mi spinse a riprendere studi che avevo abbandonato fin dai tempi del liceo, quando avevo a lungo flirtato con l'esistenzialismo *à la* Sartre. Non si trattava più di orientare le attese dell'adolescenza, ma di comprendere l'orizzonte esistenziale in cui (a 35 anni) mi trovavo a vivere. La riflessione sugli scritti di Vuillemin mi portò a studiare Husserl, per poi soffermarmi sull'opera capitale di Heidegger; da allora ho utilizzato *Sein und Zeit* come un breviario laico, e ne ho tratto ispirazione per la mia ricerca storiografica. Va ancora citata un'altra voce dell'*Enciclopedia*, scritta dal gruppo di Prigogine, perché influenzò la mia didattica, facendomi introdurre nelle lezioni di Esercitazioni di chimica fisica un modulo sulla termodinamica dei processi irreversibili.¹⁷ Senza rendermi conto, stavo producendo gli anticorpi che mi avrebbero fatto rigettare definitivamente la chimica fisica praticata a Torino.

Con il passare dei mesi l'alloggio di via Cellini si era arricchito persino di un salotto, e fu nelle poltroncine *mignon* di questo salotto che Antonio Di Meo mi offrì una collaborazione ai *Quaderni di Critica Marxista* che risultò cruciale per il mio destino professionale. La nostra amicizia risaliva alla partecipazione di entrambi ai lavori della Commissione nazionale ricerca del PCI, e si saldava nel comune interesse per la politica della scienza. Durante la conversazione Di Meo scoprì che condividevamo anche la passione per gli studi di storia della scienza e della tecnica, e che da tempo stavo lavorando sulla storia dei processi di produzione dell'acido solforico. Esito pratico dell'incontro fu il mio primo saggio di storia della chimica, sulle origini del processo di contatto dell'acido solforico.¹⁸

1.2. Testi & Contesti e il Congresso internazionale del 1980

Una prospettiva di collaborazione che non fu occasionale, ma che mi introdusse veramente in un ambiente di ricerca storiografica si aprì nel dicembre 1979. Al termine della realizzazione dei primi due quaderni di *Testi & Contesti* il collet-

¹⁵ *Enciclopedia*, voll. V e VI, Torino: Einaudi, 1978 e 1979, *ad vocem*.

¹⁶ L. Cerruti, S. Fazio (a cura di), *Scienziati e crisi della scienza*, Bari: De Donato, 1976.

¹⁷ I. Prigogine, I. Stengers, G. Nicolis, «Controllo/retroazione», *Enciclopedia*, vol. III, Torino: Einaudi, 1978, *ad vocem*.

¹⁸ L. Cerruti, «Le origini del processo di contatto dell'acido solforico», in: S. Tagliagambe, A. Di Meo (a cura di), *Scienza e Storia. Analisi critica e problemi attuali*, *Quaderni di Critica Marxista*, 1980, n. 2, pp. 359-377. Per un vizio che non mi ha abbandonato concludevo il saggio con una citazione da *L'essere e il nulla* di Sartre: «il passato non è altro che questa struttura ontologica che mi obbliga ad essere ciò che sono *all'indietro*». Nel testo pubblicato la citazione è riferita ad una pagina sbagliata; deve leggersi: *L'essere e il nulla*, Milano, p. 166.

tivo redazionale aveva organizzato un seminario presso l'Istituto di fisica di Roma, su un tema *self-conscious*: «Testi e Contesti: una rivista per una riflessione storico-critica sulle scienze contemporanee».¹⁹ Ciò che mi aveva maggiormente interessato era stata l'annuncio di una discussione in preparazione di un convegno su «La ristrutturazione delle scienze tra le due guerre mondiali». Il pieghevole che annunciava il lungo «incontro-dibattito» aveva la particolarità di presentare i quattro giorni di lavoro come struttura estremamente aperta, nel senso che oltre alla scansione dei temi da dibattere non comparivano nomi e titoli di interventi programmati. Questa struttura aperta mi permise di presentare durante il seminario, e con una certa ampiezza, lo schema di un contributo che avrebbe messo a confronto lo stile di ricerca e le culture di appartenenza dei fondatori della chimica macromolecolare in Germania (H. Staudinger) e negli Stati Uniti (W.H. Carothers). Di ritorno a Torino mi misi a lavorare di buona lena, e a fine gennaio potevo scrivere ai miei nuovi amici che l'indicazione del periodo fra le due guerre come territorio storiografico «mi [aveva] permesso di individuare una vera e propria miniera di materiali di ricerca, i cui risultati culturali e politici [erano] amplissimi e attuali». Confermavo il mio interesse per il convegno, e accludevo un lavoro per *Testi & Contesti*.²⁰ Ricevetti una risposta da Gianni Battimelli, il cui tenore testimonia bene la situazione del momento e lo stile di lavoro della redazione: «ti scrivo io perché De Maria è pressoché irreperibile in questi giorni (sta traslocando, [...] inoltre è, come tutti noi, prossimo al suicidio per il mare di burocrazia che dobbiamo affrontare per l'organizzazione del Convegno di giugno)». «Ci ha fatto molto piacere ricevere le tue pagine sulla chimica. Attualmente le sta leggendo A. Rossi; credo che non ci saranno proprio problemi per pubblicare una versione rifinita (note, bibliografia, etc.) su Testi e Contesti».²¹

Fui quindi accolto come un amico, o meglio — per essere precisi — come un compagno. Infatti l'orientamento culturale e politico del gruppo in cui entrai a far parte era esplicito. Nell'editoriale del terzo numero di *Testi & Contesti*, in cui si faceva il bilancio del seminario romano, si poteva leggere questa dichiarazione di intenti: «Crediamo [...] che la serietà dell'impegno culturale, il rigore dell'analisi e l'approfondimento anche specialistico delle diverse tematiche possano e debbano accompagnarsi alla ricerca di un confronto continuo con quella realtà politica e sociale a cui facciamo riferimento». «[U]na grande stagione di lotte» era trascorsa, ma il nostro impegno pubblico non era terminato: «Siamo convinti d'altra parte

¹⁹ La testata completa della rivista era: *Testi & Contesti. Quaderni di Scienze, Storia e Società*. Sul cartoncino d'invito per il seminario romano comparivano i nomi di A. Baracca, G. Battimelli, S. Bergia, G. Calsamiglia, C. De Marzo, E. Donini, M. Galeotti, R. Livi, A. Lorini, A. Rossi, S. Ruffo, A. Russo, M. Stucchi, T. Tonietti, M. Vaudagna.

²⁰ Lettera di L. Cerruti ai membri del collettivo redazionale di T&C, Torino 28 gennaio 1980. La lettera fu inviata a M. Stucchi, S. Bergia, A. Baracca, M. De Maria, E. Donini, A. Russo.

²¹ Lettera di G. Battimelli a L. Cerruti, Roma 11 febbraio 1980.

che la parola 'riflusso', usata a volte con rimpianto, a volte con rabbia e a volte anche con soddisfazione serva solo a coprire la responsabilità storica di chi è riuscito a vanificare e mortificare quelle istanze politiche, ideali e culturali per riproporre ancora una volta l'arroganza, la forza, la miseria di un potere sempre uguale che ormai sa solo riprodurre se stesso».²²

L'atmosfera di militanza politica non deve però ingannare il lettore di adesso. Le parole che ho sottolineato — impegno, rigore e approfondimento²³ — qualificavano veramente i fondatori della testata, come fu dimostrato fra la fine di giugno e l'inizio di luglio del 1980, quando fu realizzato quel Congresso la cui proposta mi aveva attirato a Roma. Nell'ambito di queste mie riflessioni posso solo ricordare che i congressisti furono quasi quattrocento, e comprendevano alcuni degli storici della scienza più noti a livello internazionale come P. Forman, I. Grattan-Guinness, J. Heilbron, G. Mehrtens, R. Olby, R. Seidel, oltre a studiosi italiani del calibro di E. Amaldi, M. Cini e Paolo Rossi. Fra gli enti patrocinatori spiccavano l'Office for History of Science and Technology della University of California, Berkeley e la Section of Modern Physics of National Museum of Science and Technology, Smithsonian Institution, Washington. A distanza di venti anni si può dire che il Congresso organizzato dal gruppo di *Testi & Contesti* costituì un evento unico nella storia della cultura italiana, e questo non solo per il numero e il rilievo degli intervenuti. La comunità internazionale era stata chiamata a partecipare al tentativo ambizioso di un duplice confronto culturale: sulla storia della scienza in Europa e negli Stati Uniti nel periodo fra le due guerre, quando l'egemonia passò dal vecchio al nuovo continente, e sulla storia comparativa delle scienze, da quelle esatte, sperimentali e descrittive a quelle economiche e sociali.²⁴ Il mio esordio pubblico come storico non poteva avvenire sotto migliori auspici.²⁵

1.3. Didattica corsara

La decisione di dedicarmi alla ricerca sull'epistemologia e la storia della chimica fu seguita da un radicale mutamento anche nella didattica. Approfittando di

²² «Editoriale», *Testi & Contesti. Quaderni di Scienze, Storia e Società*, n. 3, pp. 5-7, alla p. 5; corsivi aggiunti. Il fascicolo fu pubblicato nell'aprile 1980. Rispetto ai nomi già citati alla nota precedente nell'elenco di collaboratori comparivano nuovi nomi: L. Cerruti, M. De Maria, A. Di Libero, C. Rubano.

²³ Si confrontino i termini qui usati (impegno, rigore, approfondimento) con quelli proposti da Marrou (serietà, significato, valore) al Rif. 4.

²⁴ Sarebbe opportuno che gli organizzatori allora più impegnati lasciassero traccia scritta della loro impresa.

²⁵ La pubblicazione degli Atti del Congresso fu assai laboriosa. Il mio contributo apparve in questa forma: L. Cerruti, «La nascita della chimica macromolecolare nello specchio di due culture: H. Staudinger e W.H. Carothers», in: *La ristrutturazione delle scienze tra le due guerre mondiali*, vol. II, Roma: La Goliardica, 1985, pp. 141-177.

una certa flessibilità curricolare introdotta fin dall'inizio degli anni '70 nei corsi di esercitazione, divisi il mio corso di Esercitazioni di chimica fisica in due parti. La prima trattò temi 'regolari' come la termodinamica dei processi irreversibili o la fotochimica, la seconda impartiva alcuni rudimenti di storiografia della scienza e sviluppava argomenti di storia della chimica classica. Sui contenuti di questa didattica corsara, e sul successivo aggiustamento istituzionale, ho parlato altrove, e non vale la pena di riprendere qui quanto ho già scritto.²⁶

2. Un accidente accademico

Gewiß: nicht nur der Zufall herrscht, aber er herrscht doch in ungewöhnlich hohem Grade. [...] Kein Universitätslehrer denkt gern an Besetzungserörterungen zurück, denn sie sind selten angenehm.

Max Weber, *Wissenschaft als Beruf*, 1919²⁷

Nur der Entschlossenheit kann das aus der Mit- und Umwelt zufallen, was wir Zufälle nennen.

Martin Heidegger, *Sein und Zeit*, 1927²⁸

A metà ottobre 1979 ricevetti dalla redazione di *Critica Marxista* le bozze del saggio sulle origini del processo di contatto dell'acido solforico.²⁹ Quei foglietti funzionarono da catalizzatore, infatti dopo poche settimane decisi di chiudere una situazione professionale in cui mi sentivo destinato ad asfissia per lento strangolamento (accademico, si intende).

Fin dal 1974 avevo cercato di sottrarmi alla ricerca dominante nell'Istituto di Chimica Fisica dell'Università di Torino, dove lavoravo come assistente di spettrochimica e incaricato di Esercitazioni di Chimica Fisica. Da una parte ero insoddisfatto per una pratica sperimentale che ritenevo inadeguata ai miei 'ideali' chimico fisici, dall'altro mi ero dimostrato incapace di difendere il ristretto 'territorio' che mi ero ritagliato. Iniziai quindi una collaborazione con i teorici che vivevano nell'Istituto accanto al mio, e in particolare con Franco Ricca, che era stato il mio docente

²⁶ Rif. 8. Il mio programma ufficiale del corso di Esercitazioni di Chimica Fisica I (Ind.) per l'anno accademico 1979-1980 recitava: «Il Modulo. Origini e sviluppo della catalisi industriale. La storia della scienza: significato, fonti e metodi. La chimica nella seconda metà dell'Ottocento. L'affinità chimica e il problema dell'equilibrio. Linguaggio, concetti e teorie della catalisi fino ad Ostwald. Da Ostwald a Langmuir. Grandi sintesi catalitiche (modifiche del processo Leblanc, acido solforico, idrogenazione, fissazione dell'azoto atmosferico)».

²⁷ «Certo, non solo il caso [governa la carriera universitaria (*Universitätslaufbahn*)]; ma il caso vi svolge un ruolo straordinariamente importante. [...] Nessun professore universitario ripensa volentieri alle discussioni legate alle nomine. Raramente sono discussioni piacevoli». Tr. di P. Volonté; ho aggiunto il riferimento in parentesi quadra.

²⁸ Solo alla decisione possono accadere, nel mondo ambiente e nel mondo pubblico, quelli che chiamiamo "accidenti". Tr. di P. Chiodi.

²⁹ Lettera di D. Socrate a L. Cerruti, Roma, 12 ottobre 1979.

di chimica teorica. Abituato a non starmene zitto, con imp(r)udenza, inviai a tutti i membri del personale di ricerca dell'Istituto di Chimica Fisica un documento, in cui fra l'altro affermavo: «non esiste una gerarchia funzionale del lavoro scientifico, vi sono invece atteggiamenti culturali e burocratici che riproducono una distinzione artificiosa fra lavoro teorico, sperimentale di base, e applicativo.³⁰ Per la formazione di un ambiente culturale unitario e avanzato sono necessarie tutte e tre le componenti». Per essere più chiaro scrivevo: «ritengo che si debba garantire la massima eguaglianza di diritti e di doveri fra tutti i ricercatori, indipendentemente dal livello raggiunto nella carriera, il cui modello ci è proposto dalle attuali strutture».³¹

In realtà la 'collaborazione' risultò essere un nuovo apprendistato, duro, entusiasmante per me non meno che per i colleghi dell'Istituto di Chimica Teorica, in quanto insieme affrontammo un tema di spettroscopia teorica inedito a Torino. Va da sé che l'apprendistato fu assai poco produttivo in termini cartacei. Per imperscrutabile volere del destino (accademico, si intende), proprio quando riuscimmo a conquistare l'accesso alle riviste internazionali³² a Franco Ricca fu tolta ogni collaborazione all'interno del suo Istituto.³³ Dopo un anno di piccolo cabotaggio, nell'ottobre 1979, con incrollabile ingenuità comunicai ufficialmente al Consiglio di Istituto che da allora in poi avrei compiuto ricerche di carattere storico sul problema del rapporto fra scienza e produzione materiale, limitando il tema al periodo 1870-1918, e all'interazione fra scienze chimiche e sviluppo dell'industria. Il tempismo di questa scelta professionale rispetto al varo della legge di riforma dell'Università e dello stato giuridico degli insegnanti fu quasi perfetto. Il D.P.R. n. 382 porta la data dell'11 luglio 1980.

Feci domanda per ottenere l'idoneità in chimica fisica. Il Direttore del mio Istituto, Adriano Zecchina, fu uno dei commissari, e mi tenne al corrente anche dei lavori della I Commissione a cui era toccata la mia domanda. La situazione, incerta fin dall'inizio, divenne presto drammatica (per me ...), così decisi di rivolgermi direttamente al Presidente della mia Commissione, Giovanni Giacometti. Dedicai sei pagine a cercare di convincere Giacometti che «il nuovo ruolo sarebbe [stato] da me utilizzato per superare, serenamente, quello che riten[evo] un periodo di transizione. Nel frattempo il ruolo di associato di Chimica Fisica sarebbe [stato]

³⁰ Il lettore curioso potrebbe consultare una mia più tarda elaborazione di questo tema: L. Cerruti, «Historical and Philosophical Remarks on Ziegler-Natta Catalysts. A Discourse on Industrial Catalysis», *Hyle*, 1999, 5, 3-41.

³¹ Documento dell'8 maggio 1974. Sotto l'intestazione scrivevo: «Queste note hanno come oggetto la struttura dell'Istituto di Chimica-Fisica e sono riservate al suo personale di ricerca». Il mio amico Carlo Versino, uno dei destinatari del documento, mi ha sempre ammonito: *pisa pi cürt*.

³² G. Cucchiara, R. Dovesi, F. Ricca, L. Cerruti, «Singlet-Singlet Electron Transitions in Isoelectronic Monosubstituted Benzenes. A Semi-empirical Study by a Modified CNDO-CI Method», *J. Mol. Struct.*, 43, pp. 61-74 (1978).

³³ In seguito Franco Ricca perfezionò la sua padronanza del tibetano, ed è diventato uno degli esperti mondiali di *thangka*.

sostenuto in almeno due direzioni: — contributi qualificati in campo didattico; [in quell'anno avevo] trattato nel mio modulo di fotochimica, per la prima volta a Torino, le regole di Woodward e Hoffmann; — tentativi di affiancare una dimensione temporale alla ricerca; a Torino [sarebbe stata] organizzata nell'83 una Scuola Internazionale di Catalisi: [era] mia intenzione proporre al Comitato Scientifico una-due lezioni sulla storia del linguaggio della Catalisi». ³⁴ Seppi che ero stato giudicato non idoneo da Zecchina, in forma di aneddoto: i commissari avevano lasciato tutti i casi incerti per un'ultima riunione comune, qui uno di loro 'tirò fuori' un caso ritenuto già risolto, così le Commissioni avevano deciso di lasciar perdere tutto quanto fosse rimasto in sospeso. Buona notte ai suonatori.

La notizia datami in tono piatto da Zecchina mi sconvolse, sia per il contenuto (la prima vera sconfitta della mia vita professionale), sia per il modo con cui le Commissioni erano giunte ad escludere dall'idoneità me e gli altri 'casi difficili' (per soprappiù noia). Dopo due notti insonni, mi risolsi a continuare nel mio apprendistato come storico, e comunicai la decisione alla redazione di *Testi & Contesti*: «Mi rifaccio vivo dopo quasi un anno di silenzio senza particolari scuse da offrire: le modalità del giudizio di idoneità sono state particolarmente opprimenti, complicate dal vedere persone con cui mi ero scontrato scientificamente e politicamente per anni riprendere per via puramente burocratica un decisivo potere nei miei confronti. Comunque l'esito (negativo) è finalmente arrivato e (bene! per dio!) questo sanziona l'irreversibilità della mia scelta di fare lo storico. Perdonate lo sfogo». ³⁵ Lo sfogo era tanto più necessario in quanto Zecchina, sempre con lo stesso tono neutro, mi aveva 'confortato' dicendomi che un paio di lavori di chimica fisica mi avrebbero permesso di tornare in carreggiata. E tuttavia lo sfogo era fin troppo personale. In realtà, con il passare delle settimane divenne chiaro che il giudizio di idoneità era stato utilizzato da più parti per riportare disciplina nei diversi raggruppamenti. Fra i fisici non furono ritenuti idonei alcuni dei migliori cultori della storia e della filosofia della fisica; fra i chimici ebbero la stessa sorte diversi colleghi che operavano nel campo della ricerca didattica. La punizione e il successivo successo scientifico, accademico e istituzionale di molti di questi non-idonei meriterebbe qualche attenzione da parte dei sociologi. D'altra parte il costume di utilizzare i concorsi per finalità che nulla hanno a che fare con lo sviluppo della *cultura* scientifica non cessò di essere rispettato anche in seguito. Nel 1988 la cattedra di «Didattica della Chimica», richiesta e messa a concorso dalla Facoltà di Scienze MFN di Palermo, non fu assegnata perché nessuno dei vincitori aveva il minimo titolo nella disciplina. Sul comportamento indecente della Commissione si può leggere l'editoriale di Gianfranco Scorrano su *Chimica nella Scuola*. ³⁶

È scontato che per il lustro successivo la lezione inflittami non incise soltanto

³⁴ Lettera di L. Cerruti a G. Giacometti, Torino 5 ottobre 1981.

³⁵ Lettera di L. Cerruti alla Redazione di *Testi & Contesti*, Torino 20 novembre 1981.

³⁶ G. Scorrano, «Da Cannizzaro in poi», *La Chimica nella Scuola*, n. 1, p. 1 (1988).

sullo *status* accademico e sullo stipendio. Il mio ritmo di lavoro divenne forsennato,³⁷ e il programma di ricerca che mi ero dato fu in gran parte riformulato e rinviato a tempi più propizi. Con una mossa di ripiegamento abbandonai gli studi già avanzati sulla storia della catalisi e della fissazione dell'azoto,³⁸ e mi concentrai su Stanislaò Cannizzaro, la figura più eminente della storia della chimica italiana, sicuro che la celebrazione di un eroe della comunità avrebbe favorito uno sguardo più attento e benevolo nei confronti della mia attività.³⁹ Anche il metodo di indagine storiografica fu approfondito in una nuova direzione. «[S]entii un'improvvisa ripugnanza per tutto ciò che poteva avere anche una debole connessione con la politica e la sociologia della scienza (una specie di reazione anafilattica, credo) e cercai di collocare l'indagine storica nel nuovo orizzonte filosofico su cui mi ero affacciato in quegli anni, aperto intenzionalmente verso la comprensione fenomenologica. Di qui la necessità — nel mio metodo storiografico — di una minuta analisi del discorso, della parola stessa degli scienziati».⁴⁰

La mia corrispondenza del tempo non manca di riferimenti alla *cura* del momento. Ad Arcangelo Rossi, mentre lo invitavo ad un incontro torinese sulla didattica delle scienze, scrivevo: «A proposito di pubblicazioni e di agonie accademiche, le mie acque sono sempre torbide e mi piacerebbe avere (buone) notizie sul destino dei miei interventi romani ('80 & '82)».⁴¹

Parecchi mesi dopo la 'comunicazione verbale' mi arrivò dal Ministero la comunicazione ufficiale della bocciatura: «La commissione unanime [...] considera che il rallentamento dell'attività scientifica, manifesto negli ultimi anni, sia tale da considerarlo non ancora idoneo a ricoprire un posto di professore associato in discipline chimico-fisiche e ritiene che il candidato debba e possa dimostrare in tempi brevi a quale gruppo di discipline desidera dedicarsi come docente di ruolo nell'università».⁴² In altri termini mi si invitava ad andare a spigolare altrove.

³⁷ Parlando dello sviluppo in tempi moderni dell'attenzione alle biografie Luciano Gallino ha scritto: «gli psichiatri ricercavano nelle autobiografie i segni di significato generale per lo sviluppo della psiche dagli accidenti d'una vita»; cfr.: L. Gallino, «Autobiografia», in: *Dizionario di Sociologia*, Milano: TEA, 1993, *ad vocem*.

³⁸ In tempi più tranquilli pubblicai una piccola parte del materiale già elaborato: L. Cerruti, «*Contact!* Breve storia della catalisi», Parte III di *Temì di ricerca della chimica classica, 1820-1970*, Milano: Eurobase, 1990, Id., «La fissazione dell'azoto, ovvero l'ambiguità della scienza», Parte II di *Storie della chimica: tempi, tecniche, comunità*, Milano: Ashland, 1996.

³⁹ Sul culto degli eroi mi sono espresso in particolare in: L. Cerruti, «Procedure conoscitive e culture disciplinari. Un'analisi storiografica», in: G. Battimelli, E. Gagliasso (a cura di), *Le comunità scientifiche fra storia e sociologia della scienza*, Quaderni della Rivista di Storia della Scienza, n. 2, 1992, pp. 83-122.

⁴⁰ Rif. 8, p. 314.

⁴¹ Lettera di L. Cerruti ad A. Rossi, Torino 28 gennaio 1983. Sull'incontro che si stava organizzando *vide infra*, sezione 4.2.

⁴² Estratto dalla relazione della II Commissione giudicatrice per la Iª tornata dei giudizi di idoneità a professore associato raggruppamento disciplinare n° 155; allegato a lettera dell'Ufficio II Associati, Ministero della Pubblica Istruzione, prot. n. 2827, in data 16 giugno 1983.

Così feci, rivolgendomi, fra molteplici occasioni, incontri e passi falsi, alle due comunità che divennero il mio riferimento, quella degli storici della fisica e quella dei ricercatori in didattica della chimica.

3. Occasioni, incontri e passi falsi

3.1. Occasioni

Un'occasione importante, per una ricerca di un certo respiro, mi fu offerta dall'iniziativa di una Mostra sulla metrologia avviata congiuntamente dall'Istituto di metrologia «Gustavo Colonnetti» e dall'Istituto elettrotecnico nazionale «Galileo Ferraris». Il progetto contemplava una serie di monografie, raccolte in volume e tirate a parte per gli autori; la diciassettesima doveva riguardare la mole e mi fu affidata. I primi contatti con Anita Calcatelli avvennero nello stesso periodo in cui stava terminando l'ordalia del primo giudizio d'idoneità, e riguardavano anche la messa a punto di una parte espositiva della Mostra.⁴³ Nel gennaio 1982 era terminato il lavoro esplorativo per quello che allora chiamavo «opuscolo sulla mole».⁴⁴ La lettera di affidamento mi giunse ai primi di marzo del 1982, dall'Assessorato all'Istruzione della Provincia di Torino che finanziava la mostra. Seguendo l'usuale copione delle imprese di buone dimensioni, ci volle parecchio tempo prima che la monografia uscisse a stampa,⁴⁵ e d'altra parte la prima versione fu ritenuta insufficiente dai colleghi del «Colonnetti», che avrebbero preferito un'esposizione divulgativa ad un'analisi storico-critica dello sviluppo del concetto di mole. Raggiungemmo un compromesso soddisfacente con l'aggiunta di un'appendice esplicitamente dedicata alla didattica,⁴⁶ tanto più che — come vedremo più oltre — la didattica della chimica mi pareva un luogo accademico in cui la comunità dei chimici poteva interessarsi alle ricerche epistemologiche.

La monografia sulla mole mi permise di approfondire lungo un particolare percorso quella storia della chimica classica che avevo già trattato nelle mie lezioni semi-clandestine, in particolare sotto l'aspetto della teoria dell'affinità. Dato il ruolo determinante di Cannizzaro nella re-interpretazione dei pesi atomici, il tema si adattava bene anche alle mie nuove necessità accademiche. Una seconda, diversa occasione mi fu offerta da Clelia Pighetti, dell'Istituto di Fisica Generale di Ferrara.

Nel febbraio 1982 Clelia Pighetti e Gian Carlo Calcagno avevano organizzato a Ferrara un Colloquio su «La Storia della Scienza, oggi e negli anni difficili (1890-1945)». Essi sentivano acutamente il pericolo di una settorializzazione sub-discipli-

⁴³ Questa parte fu curata in seguito essenzialmente da Ezio Roletto.

⁴⁴ Lettera di L. Cerruti a A. Calcatelli, Torino 12 gennaio 1982.

⁴⁵ L. Cerruti, *La mole. Uno studio sulla epistemologia regionale dei chimici*, Mostra sulla Metrologia, monografia n. 17, Torino: Istituto di Metrologia «Gustavo Colonnetti», 1984, 79 pp.

⁴⁶ «Appendice: Insalata mista, fra didattica e metrologia», *ib.*, pp. 54-65.

nare, e come scrisse ironicamente Pighetti: «Si discute di competenze in modo spicciolosamente coerente: la storia della matematica ai matematici, quella della chimica ai chimici e non ci si domanda chi insegnerà storia della scienza, dato che lo scienziato è una specie estinta, rilevante appunto solo per la storiografia scientifica. E le analogie possono essere pericolose e imbarazzanti. La storia della navigazione a un navigante, questo è facile. Ma la storia delle religioni? A un religioso, senza dubbio, ma di quale confessione? Perplexità ancora maggiori suscita l'etruscologia».47 In una circolare inviata alla fine di dicembre dello stesso anno i due studiosi convocavano un secondo incontro intitolato «La storia della scienza e la sua tradizione in Italia».48 Nella risposta proponevo come tema di un possibile contributo «S. Cannizzaro e la storia della chimica», con un titolo volutamente ambiguo. Chiedevo anche a Pighetti se gli atti sarebbero stati pubblicati: «Questo non tanto e solo per avere una traccia pubblica del lavoro svolto [...], quanto per la collocazione 'collettiva' del mio scritto, e quindi per la più diffusa segnalazione della presenza di una (modesta) tradizione storiografica anche ad un pubblico 'non-chimico'».49

Il colloquio si svolse a Ferrara, presso l'Istituto di Fisica Generale, dal 16 al 18 maggio 1982. Esso fu per me rilevante per il contesto scientifico in cui mi trovai a lavorare, e per il calore umano che sprigionava da Pighetti⁵⁰ e dai suoi amici e colleghi. Avevo veramente un bisogno disperato di cultura, erudizione e solidarietà, magica pozione che — tra gli altri — mi offrì generosamente un ricercatore e sacerdote, Amleto Spicciani. Secondo il solito canovaccio la pubblicazione dei contributi tardò alquanto;⁵¹ io stesso non fui rapidissimo, perché solo alla fine del 1983 Pighetti accusava ricevuta della mia relazione, e scriveva che mi avrebbe fatto «sapere qualcosa in merito alla pubblicazione dei nostri Atti». A proposito della Società Italiana di Storia della Scienza (SISS), su cui avevo chiesto informazioni, aggiungeva: «Avrei piacere che ne fossi socio anche tu». A distanza di quasi venti anni, e pur facendo parte della Commission for the History of Modern Chemistry della International Union for the History and Philosophy of Science (IUHPS/DHS:

⁴⁷ C. Pighetti, «Premessa», in: C. Pighetti (a cura di), *La Storia della Scienza, oggi e negli anni difficili (1890-1945)*, Milano: Misterprint Italia, 1982, alla p. 2. Nel corso degli anni mi sono trovato in diverse circostanze nelle condizioni in cui il sarcasmo di Pighetti si sarebbe applicato perfettamente. Di volta in volta ho dovuto presentare le mie credenziali non solo come storico, ma anche come 'linguista' e 'filosofo del linguaggio', quasi che l'uso della semantica strutturale di Greimas o dell'analisi filosofica di Wittgenstein fosse riservata ai laureandi in lettere e filosofia.

⁴⁸ C. Pighetti, G.C. Calcagno, Lettera circolare, datata da Milano, 30 dicembre 1982.

⁴⁹ L. Cerruti a C. Pighetti, Torino 14 gennaio 1983.

⁵⁰ Nel mezzo delle chiacchiere conviviali, quando venne a sapere che la mia prima moglie si era tenuta per sé tutti i miei libri e i miei appunti, Pighetti assunse un serio cipiglio archivistico, e rivolta agli altri commensali commentò: «Prendere appunti: alla morte di Luigi contattare le due vedove ...».

⁵¹ L. Cerruti, «Stanislaw Cannizzaro e la storia della chimica: l'opera storica», in: P. Pizzamiglio (a cura di), *Aspetti della storia della scienza nella tradizione italiana*, Brescia: Università cattolica, 1985, pp. 27-47.

Division of History of Science), non sono ancora riuscito ad iscrivermi a questa (per me) fantomatica SISS. Le perplessità di Pighetti sulla provenienza professionale degli etruscologi sono tuttora valide.

3.2. Incontri

Il difficile cammino personale che stavo percorrendo mi portò ad incontrare due studiosi di primo ordine, la cui attività fu cruciale per la formazione dell'area culturale che trovò poi rappresentanza nel I Convegno di Storia della Chimica. Mi riferisco a Giuseppe Del Re e a Leonello Paoloni.

Ritornero sui miei rapporti con Paoloni più oltre, nelle sezioni 4.1. e 4.2. a proposito delle comunità dei fisici interessati alla storia della scienza, e dei chimici interessati alla didattica. Qui accenno solo al mio primo scambio di opinioni con lui, avvenuto nel contesto della discussione seguita ad una sua conferenza tenuta a Torino nella primavera 1982,⁵² su invito di Ezio Roletto. Durante il dibattito intervenni sulla questione del linguaggio chimico e citai (volutamente) un testo di Dagonnet⁵³ per dare un segnale del livello non estemporaneo del mio impegno verso l'analisi linguistica. Paoloni, informatissimo come sempre, mi chiese (privatamente) come fossi giunto a conoscere il libro del filosofo francese, non ancora tradotto in Italia; di qui il primo 'aggancio' in un'area di interesse comune. Misi al corrente Paoloni delle mie ricerche su Cannizzaro, e gli promisi l'invio dei primi elaborati. Nel complesso fu un incontro formale, condotto sui diversi registri di un maestro del mestiere e di un apprendista. Più *au pair* fu l'approccio agli interessi filosofici di Del Re.⁵⁴

Il contributo di Giuseppe Del Re alla costituzione del Gruppo Nazionale di Fondamenti e Storia della Chimica fu fondamentale, così come fu significativo quello di Roberto Todeschini. Nell'ottobre 1983 Del Re chiamò a Napoli un piccolo numero di studiosi che riteneva interessati alla filosofia della chimica. Furono presenti, oltre a chi scrive e al padrone di casa, A. Drago (Napoli), G. Fabbri (Modena), P. Manzelli (Firenze), F. Piro, P. Severino, G. Villani (tutti di Napoli).⁵⁵ Avevano aderito al seminario anche L. Paoloni e R. Todeschini che non poterono essere presenti; Todeschini però aveva inviato una breve comunicazione in cui argomentava molto bene «la costituzione di un gruppo nazionale che si occupi di svi-

⁵² La data è approssimativa, dato che nel mio archivio non è rimasta traccia scritta di questo primo incontro.

⁵³ F. Dagonnet, *Tableaux et langages de la chimie*, Paris: Seuil, 1969.

⁵⁴ Nel corso degli anni il tenore dei miei rapporti con i due eminenti ricercatori si è quasi esattamente capovolto. I casi della vita ...

⁵⁵ Traggio l'elenco da un documento redatto da Del Re (v. Rif. 60). Nei miei ricordi personali, che possono sbagliare affiora anche la presenza di P. Corradini, forse venuto per cortesia nei confronti di Del Re.

luppate le tematiche storiche ed epistemologiche che riguarda[va]no la chimica».⁵⁶ Il 26 e 27 ottobre 1983 ci riunimmo in una stanzetta di via Mezzocannone in un'atmosfera raccolta e attenta. Avevo portato con me un'imponente bibliografia di filosofia della chimica, redatta e commentata da due ricercatori olandesi;⁵⁷ all'ultimo momento — sull'aereo — l'avevo assunta come repertorio mnemonico e contenutistico per un intervento che cercasse di mettere a fuoco i temi più stimolanti di ricerca epistemologica. L'intervento piacque a Del Re, e fu la base di partenza di una forte interazione che si sviluppò a pieno l'anno successivo. Durante le discussioni informali che accompagnarono e seguirono il seminario si concretò l'ipotesi di costituire un Gruppo nazionale che promuovesse gli studi di storia ed epistemologia della chimica.

Nel novembre 1983, «avendo mal interpretato un'affrettata telefonata di Todeschini»,⁵⁸ scrissi una paginetta per Del Re in cui proponevo di puntare ad «una concreta collocazione istituzionale». Il mio modello era preciso: «I fisici hanno costituito da tempo, all'interno del CNR un attivo Gruppo Nazionale di Coordinamento per la Storia della Fisica, se noi potessimo puntare a Filosofia e Storia della chimica spunteremmo dalla somma logica delle due attività un importante punto a favore della caratterizzazione culturale della nostra scienza». Sottolineavo anche che si sarebbe creata la «possibilità di ricostruire una storia dell'epistemologia della chimica»: «Uno dei risultati attesi da una simile ricerca è la creazione di uno 'sfondo' relativistico che metta in evidenza quanto di mutevole e di invariante vi è stato nelle riflessioni che i chimici hanno fatto sugli 'oggetti' e i metodi del loro mestiere. Da questo sfondo poi ciascuno, secondo il proprio orientamento filosofico, potrà trarre qualche vantaggio per prendere posizione rispetto alle proprie conclusioni conoscitive».⁵⁹ Per parte sua Del Re stava redigendo un resoconto da pubblicare su *La Chimica nella Scuola*. Il titolo del documento era programmatico: «Gruppo di Filosofia della Chimica». Con decisione Del Re respingeva la collocazione della chimica fra le scienze fisiche: «la chimica ha una problematica propria, un punto di vista proprio, e una metodologia propria. Infatti essa pone il suo oggetto ad un 'livello di complessità' che la fisica non riconosce perché è sempre alla ricerca dei costituenti ultimi della materia». Ma forse la sua osservazione più preziosa per la comunità dei chimici era questa: «L'importanza di una specifica filosofia della chimica non deriva solo dall'ovvio interesse culturale, ma dal fatto che generalmente le stesse scelte della ricerca scientifica sono ispirate da considerazioni 'metascientifiche', cioè presuppongono una riflessione sul pro-

⁵⁶ Cito ancora dal Rif. 60.

⁵⁷ Brakel, J. v., H. Vermeeren, «On the Philosophy of Chemistry», *Phil. Res. Arch.*, VII, 1981, pp. 1405 e seguenti.

⁵⁸ Lettera di L. Cerruti a G. Del Re, Torino 8 gennaio 1984.

⁵⁹ L. Cerruti, appunti per G. Del Re, 22 novembre 1983. Sottolineature nel dattiloscritto originale.

gramma della disciplina data, e quindi considerazioni che rientrano nella filosofia della scienza».⁶⁰

Il 2 e 3 marzo del 1984 ci ritrovammo ancora a Napoli, più numerosi e con modalità più formali. Io presentai con il titolo «Atomi, molecole e altri oggetti» una relazione che avevo inviato con largo anticipo a diversi amici e colleghi.⁶¹ Secondo il resoconto della riunione essa «focalizzava la tematica delle interrelazioni tra significati concettuali e linguaggio in chimica».⁶² Una seconda relazione formale fu affidata a Todeschini («Che cosa è la chimica»), e comunicazioni furono presentate da P. Manzelli, E. Torracca, P. Severino. Si discusse ancora sulla costituzione del Gruppo, e nel maggio successivo *La Chimica nella Scuola* annunciava *tout court* l'approvazione della costituzione del Gruppo stesso, con Del Re e Paoloni quali coordinatori, e l'adesione di un certo numero di ricercatori ad un non meglio definito «comitato di coordinamento».⁶³ Veniva infine annunciato per il settembre 1984 una riunione del G.N.F.S.Chim. (questa la sigla proposta) sul tema «La spiegazione in chimica». Severino inviò una circolare di convocazione per le mattinate del 12 e 13 ottobre, sottolineando che le riunioni si sarebbero tenute in concomitanza con un incontro pomeridiano sul tema «Contesti e validità del metodo scientifico». Nella prima mattinata si sarebbe dovuta stilare una «dichiarazione scritta, da presentare al presidente del CNR, che rend[esse] ufficiale la costituzione del gruppo a livello nazionale»; nella seconda mattinata si sarebbe discusso sul problema della spiegazione in chimica.⁶⁴ Io avevo già ricevuto l'invito — sollecitato da Del Re — a tenere una relazione nel contesto dell'incontro citato da Severino.⁶⁵ A luglio mi venne da Del Re un suggerimento prezioso: «Prosperi dira qualcosa qual-

⁶⁰ G. Del Re, «Gruppo di Filosofia della Chimica», gennaio 1984. La data è approssimativa perché l'appunto di Del Re («Ecco il testo che ho preparato per Fabbri») è senza data, e le poste francesi non timbrarono la busta. Questa, a sua volta, è timbrata: Université Claude Bernard - Lyon. Laboratoire de Chimie-Physique Moléculaire.

⁶¹ Per questo testo i miei corrispondenti furono: E. Bellone, U. Cerruti, G. Del Re, G. Fabbri, P. Manzelli, L. Paoloni, A. Rossi, R. Todeschini. La relazione fu pubblicata molto più tardi, in occasione di una iniziativa promossa da A. Di Meo: L. Cerruti, «Atomi, molecole e altri oggetti», *Rend. Acc. Naz. Sci.*, (5) 15, pp. 151-157 (1991).

⁶² «Storia e fondamenti della chimica», Napoli 2-3 marzo 1984», *La Chimica nella Scuola*, p. 44 (1984). Il testo non è firmato.

⁶³ Oltre gli oratori già citati, Paoloni e Del Re (che fu il moderatore delle due giornate di lavoro), le adesioni includevano: G. Avitabile, G. Fabbri, C. Fiorentini, G. Marino, e la prof. A. Pangia, del Gruppo di ricerca didattica dell'Università di Bari.

⁶⁴ P. Severino, lettera circolare, Napoli 21 giugno 1984; carta intestata «Cattedra di chimica teorica. Il titolare Prof. Dr. Giuseppe Del Re». Sotto l'intestazione si legge: «Gruppo di studio su "Fondamenti e Storia della Chimica"».

⁶⁵ Lettera di E. Mariani a L. Cerruti, Napoli, 11 giugno 1984; carta intestata «Istituto per ricerche ed attività educative». L'incontro avrebbe comunque riguardato il «discorso scientifico» e non il «metodo scientifico», come scriveva Severino; dato il mio relativismo/opportunismo epistemologico, il parlare di un 'metodo' mi avrebbe messo in grave difficoltà.

cosa sulla validità e i limiti delle teorie della fisica, io accennerò all'insieme delle scienze, inclusa biologia e astronomia, per fare la presentazione del tutto; tu dovresti occuparti quindi della chimica e più in generale della materia 'ordinaria'.⁶⁶ Nella risposta esordivo con un respiro di sollievo: «innanzi tutto una notizia personale che ti farà piacere: le mie 'rogne' accademiche sembrano avviate ad una positiva soluzione. La commissione dei giudizi d'idoneità mi ha passato al primo scrutinio (ma ero già rimandato ad ottobre ...) così che posso sperare di avere il 'mio' corso di storia della chimica per l'autunno '85». Di seguito aggiungevo: «ho messo in moto la macchina organizzativa del convegno di S.d.C. come vedi dall'acclusa circolare», e concludevo con un accenno alla partecipazione all'incontro di ottobre: «Le prime intuizioni sulla mia relazione mi spingono ad approfondire la questione del tempo in chimica, d'altra parte il tuo suggerimento sulla materia 'ordinaria' è per me ottimo, come tema e come termine linguistico».⁶⁷

Gli incontri napoletani di novembre furono intensi. Il Convegno su «Contesti e validità del discorso scientifico» fu molto interessante, ed egualmente interessante fu il resoconto che ne fece pochi mesi dopo Del Re sul mensile dell'Ateneo napoletano. Il suo ampio articolo si concludeva con un'affermazione del tutto attuale: «L'unico modo di trasformare la scienza in un male è di tradirla: sul piano conoscitivo, facendole dire quello che essa non dice o pretendendo di trattare come scientifici problemi che non lo sono; sul piano pratico, facendone quell'uso irresponsabile e perverso a cui tutti assistiamo, in parte impotenti, in parte complici silenziosi».⁶⁸ Per il nostro seminario sulla spiegazione in chimica il gruppo di chimica teorica di Napoli presentò una propria relazione,⁶⁹ e P. Severino compilò una scelta commentata di brani d'autore (J. Piaget, L. Apostel, E.W. Hobson, G.V. Henriques). Ci lasciammo con l'impegno di ritrovarci al Convegno torinese di febbraio, e con un preciso programma di lavoro: stilare una lista delle tematiche che avremmo svolto singolarmente e in collaborazione all'interno del Gruppo; affrontare il problema dell'informazione bibliografica e del reperimento «del materiale storico ed epistemologico».⁷⁰

Per quanto riguarda il "filone fondamentali" il cammino verso il I Convegno era stato spedito, e in un certo senso era già giunto alla meta. Molto più erratico fu il percorso che condusse a dar corpo all'ala 'storiografante' del Gruppo, ma prima di

⁶⁶ Lettera di G. Del Re a L. Cerruti, s.d.; carta intestata University of Waterloo, timbro postale del 4 luglio 1984. La macchina da scrivere usata in Canada spiega la curiosa assenza di lettere accentate.

⁶⁷ Lettera di L. Cerruti a G. Del Re, Torino 23 luglio 1984.

⁶⁸ G. Del Re, «Contesti e validità del discorso scientifico: la conoscenza dell'universo fisico», *Università & Società*, nn. 1-2, gennaio-febbraio 1985, pp. 35-45.

⁶⁹ G. Del Re, G. Villani, P. Severino, «Modelli di spiegazione scientifica e specificità della chimica».

⁷⁰ P. Severino, lettera circolare, Napoli 12 dicembre 1984; stessa carta intestata del Rif. 64. Sotto l'intestazione si legge: «Gruppo Nazionale di Fondamenti e Storia della Chimica».

parlarne vorrei ricordare che come aveva fatto Clelia Pighetti in campo storiografico, anche Giuseppe Del Re mi fu di grande aiuto, questa volta nel campo della riflessione filosofica. Da questo punto di vista il momento più alto del nostro rapporto fu un seminario tenuto a Rimini nel settembre 1984, a cura del Centro S. Domenico di Bologna.

Il tema era formidabile, «Scienza e metafisica», così come di estrema forza culturale e spirituale era la 'compagnia' raccolta dai Domenicani bolognesi. Animatore dell'incontro era P. Bernard T. Vinaty, docente di Critica della conoscenza e di Storia del pensiero scientifico alla Pontificia Università S. Tommaso di Roma. In anni successivi, in qualità di praticante zen, ebbi numerose esperienze di dialogo inter-religioso, ma non trovai più interlocutori del livello dei sacerdoti e degli scienziati con cui Del Re mi aveva messo in contatto. Certamente ebbi sentore del livello di riferimento, perché lo scritto che inviai come preliminare del mio intervento mi costò un intenso sforzo di comprensione e di sintesi; esso rimane la cosa migliore che io abbia scritto in campo filosofico-religioso. Le quattro paginette di testo si concludevano con una citazione di Democrito: «verità gli atomi e il vuoto», che commentavo in senso ateo-buddhista: «Il mondo mette gli atomi, noi il vuoto». ⁷¹ Ovviamente i Domenicani avevano avuto a che fare con ben altri atei, così che mi trovai più volte d'accordo con i miei interlocutori e l'incontro si concluse con la firma di un documento comune. Il testo fu pubblicato sulla rivista dell'Associazione Docenti Italiani di Filosofia con il titolo «Rapporto tra scienza e metafisica». ⁷² Durante il seminario entrai in termini di confidenza (filosofica) con Nicola Dallaporta, uomo e scienziato straordinario, di cui serbo un ricordo indelebile.

3.3. Passi falsi

Ho definito 'erratico' il percorso che portò a coinvolgere nel I Convegno gli storici della chimica e della fisica. Al di là dei giochi di parole, non c'è dubbio che nell'affannosa ricerca di un pubblico qualificato misi il piede in fallo più di una volta. Racconterò qui un paio di casi, successi in ambiti molto diversi, e quindi abbastanza significativi per limitare — anche in sede storiografica — il territorio culturale in cui sarebbe risultato accettabile quanto andavo proponendomi di fare: un discorso storiografico ed epistemologico sulla scienza, basato sull'analisi linguistica.

⁷¹ L. Cerruti, «Essere o Esserci? Ontologie regionali e senso delle scienze». Definivo lo scritto «Appunti per il convegno su "Scienza e metafisica", Rimini, settembre 1984».

⁷² «Rapporto tra scienza e metafisica», *Per la filosofia*, n. 2, pp. 45-50 (1984). Nell'elenco dei firmatari ero stato promosso ad «ord. di Chimica Fisica all'Un. di Torino». Apparso su un giornale societario, il documento ebbe una qualche circolazione anche nel nostro ambiente, perché me ne parlò uno dei partecipanti al I Convegno, stupito non tanto della mia partecipazione ad un seminario di Domenicani, quanto del fatto che anche davanti ad una platea di chimici citassi Benjamin, Heidegger e testi buddhisti. Del mio contributo agli *Atti* qui ripubblicati parlerò nelle conclusioni al Rif.».

Nel luglio 1982 si riunì a Torino un «Congresso di chimica dello stato metallico». Quando presentai il riassunto della comunicazione la notizia della mia mancata associatura era fresca,⁷³ e ritenevo che una possibile direzione di sviluppo della disciplina fosse la partecipazione attiva ai lavori scientifici portandovi una maggiore consapevolezza storica ed epistemologica. Avevo scelto di trattare gli aspetti scientifici ed economici del processo di produzione del nichel messo a punto da Ludwig Mond dopo la sua scoperta del nichel tetracarbonile.⁷⁴ Il primo esperimento di 'evangelizzazione' ebbe un esito infelice. Presidente della sessione in cui ebbi la parola era Vittorio Cirilli, un anziano docente del Politecnico di Torino, la cui evidente sofferenza fu aggravata dal fatto che per ben due volte si bruciò la lampada della lavagna luminosa, e che io rifiutai di proseguire la presentazione senza il supporto delle immagini. Al termine dell'esposizione non vi fu nessuna domanda, e fui congedato senza rammarico. Il 'meglio' doveva ancora venire. Il comitato scientifico del Congresso giudicò che il mio lavoro non meritasse di essere pubblicato perché *compilativo*. Avevo ancora molto da imparare sulla 'filosofia spontanea' dei chimici italiani.

«L'insegnamento della Chimica» fu il tema di un Incontro che si tenne presso gli Istituti Chimici di Torino ai primi di maggio 1983 (*vide infra*, sezione 4.2.). In quel contesto specialistico furono ben accolte le mie prime analisi epistemologiche dello sviluppo dei concetti chimici. Affatto diversa fu la sorte editoriale del mio primo lavoro steso da questo punto di vista. La preparazione della monografia sulla mole mi aveva suggerito una vasta area di applicazione della linguistica, area che cercai sondare meglio in riferimento all'insegnamento dei concetti di sostanza e di mole. Scelsi per la pubblicazione una roccaforte della cultura pedagogica laica, la prestigiosa rivista *Scuola e Città*. Ai primi di luglio ricevetti questa lettera:⁷⁵

Roma, 1 luglio 1983

Egregio Professore,

la Direzione ha esaminato il Suo articolo trovandolo pieno di osservazioni interessanti e originali, relative però ad una sorta di «filologia della chimica» che esige buona competenza dal lettore nei due campi, per cui, purtroppo, non può considerarlo adatto alla maggioranza dei nostri lettori. Sperando di poter collaborare in futuro, La prego di gradire i nostri più cordiali saluti.

La redazione
(firma illeggibile)

⁷³ Debbo confessare che nel mio intimo la 'notizia' non ha mai perso di attualità. Probabilmente le vicende accademiche non sono state estranee alla mia attenzione storiografica verso l'impatto dei meccanismi di cooptazione sullo sviluppo delle comunità scientifiche.

⁷⁴ L. Cerruti, «Il nichel di L. Mond, uno studio sul rapporto fra scienza e innovazione», in: *Congresso di chimica dello stato metallico*, Torino, 6-9 luglio 1982, pp. 309-314.

⁷⁵ Lettera della redazione di *Scuola e Città* a L. Cerruti, Roma 1 luglio 1983; carta intestata «SCUOLA E CITTÀ. Mensile di problemi educativi e di politica scolastica». Sottolineatura nel testo originale.

La lettera era incoraggiante e deludente. La Direzione della rivista era allora composta da Maria Corda Costa, Raffaele Laporta e Aldo Visalberghi, quindi l'avvallo alle mie «osservazioni interessanti e originali» era molto autorevole, rimaneva il fatto che con la stessa autorevolezza si affermava che esse sarebbero risultate incomprensibili alla maggior parte dei lettori di *Scuola e Città*, e cioè ad insegnanti fra i più colti e politicizzati del nostro Paese. Spinto dal soffio di paranoia che ancora non mi ha abbandonato, ventilai l'ipotesi che se si fosse trattato di «filologia della fisica», invece che di «filologia della chimica», l'articolo sarebbe stato accettato, ma con le congetture non si vincono i concorsi. Scrissi ad Arcangelo Rossi: «Ho ricevuto oggi la risposta negativa di *Scuola e Città* a proposito del mio saggio sul concetto di mole, la sostanza ecc. [...] Ti accludo giudizio della rivista e copia del lavoro. La mia richiesta è: dove dannazione posso pubblicare un lavoro così 'anfibo'?».⁷⁶ Vedremo nella sezione 4.2. che la mia domanda trovò una risposta positiva all'interno della comunità di didattica della chimica.

Dai 'passi falsi' che ho descritto, e da altri che risparmio al lettore, imparai un paio di cosette: non tentare la conversione della comunità degli scienziati, non cercare l'attenzione della comunità dei pedagogisti.

4. Comunità di riferimento

4.1. I fisici e la storia della scienza

Il collettivo redazionale di *Testi & Contesti* era costituito in gran parte da fisici. Pur nella sua collocazione extra-istituzionale la testata rispecchiava la situazione culturale degli studi di storia della scienza per quanto riguarda le scienze sperimentali. Con forza e tradizione ancora maggiore, ma con un atteggiamento politico-culturale più riservato, accanto ai fisici si ponevano gli storici della matematica. Le commistioni fra le due comunità erano evidenti e facili. Egualmente forti, e però con il baricentro lontano dalla Facoltà di Scienze si collocavano gli storici delle scienze mediche. In ogni caso le tre comunità erano ben rappresentate a Roma, e furono tre loro esponenti ad organizzare un Convegno di grande rilievo sullo «Sviluppo delle scienze in Italia negli anni venti e trenta» nel maggio 1982. Ancora sotto l'ala protettrice di Edoardo Amaldi, e appoggiati dal Preside di Facoltà Giorgio Tecce, M. De Maria dell'Istituto di Fisica, B. Fantini dell'Istituto di Genetica, e G. Israel dell'Istituto di Matematica strutturarono tre fitte giornate di lavori. A me fu richiesto di preparare una relazione su «Chimica pura e applicata negli anni trenta in Italia». L'occasione era così prestigiosa, e così a ridosso della mia 'trombata',⁷⁷ che lavorai

⁷⁶ Lettera di L. Cerruti a A. Rossi, Torino 7 luglio 1983.

⁷⁷ Il termine va preso come sinonimo di 'bocciatura', 'fregatura', 'insuccesso', e non nel senso di 'atto sessuale' come intendono i toscani. Si veda: E. Ferrero, *Dizionario storico dei gerghi italiani*, Milano: Mondadori, 1991, alla voce **trombetta**, 'spia', 'delatore'.

pesantemente, accumulando una quantità enorme di materiale. Sezionai poi il *corpus* senza ritegno, per potermi permettere nei 50 minuti assegnati alle relazioni uno *show* di diapositive (anziani chimici in orbace, esposizioni del regime, etc.).⁷⁸

I lavori romani si svolsero fra il 24 e il 26 maggio 1982, con la partecipazione di famosi scienziati come E. Amaldi («La Fisica a Roma negli anni trenta»), A. Buzzati-Traverso («Le scienze biologiche in Italia negli anni venti e trenta»), G. Montalenti (ancora «Le scienze biologiche in Italia negli anni venti e trenta»). Il mio intervento apriva una sessione pomeridiana del 25 maggio. Mentre armeggiavo con le carte mi si avvicinò una coppia sorridente. Lui mi chiese se ero il dottor Cerruti, e avutane conferma si presentò, «Emilio Segrè», e mi disse che era venuto apposta per ascoltare la relazione sulla chimica negli anni trenta. Sicuro di avere un pubblico attento, svolsi il mio compito con un fervore che risultò inadeguato alla vivacità della successiva discussione. L'aspetto che mi attirò i sospetti (infondati, ritengo) di revisionismo storiografico fu la presentazione volutamente *black and white* di alcuni personaggi, in particolare di Livio Cambi, fascista convinto, ottimo scienziato ed insigne tecnologo. Uno dopo l'altro si alzarono diversi colleghi per contrastare la mia esposizione; in particolare mi si accusò di aver presentato delle personalità schizofreniche. A questo punto chiese la parola Segrè, che dopo aver ricordato l'ottima chimica nucleare realizzata nel suo gruppo di ricerca, difese il tenore della mia relazione, affermando che essa rispecchiava a pieno quanto aveva vissuto allora, nell'Italia dei Parravano, dei Bruni e dei Cambi. Per 'magia' tutto si quietò, dopo qualche precisazione il dibattito si esaurì, e Bernardino Fantini che presiedeva la sessione diede la parola al secondo relatore, G. Montalenti.

Il dibattito seguito alla mia relazione indicava chiaramente che la riflessione storiografica sulla natura del regime fascista era ancora largamente immatura, e d'altra parte essa non è certo conclusa neppure oggi. L'intervento di Segrè aveva (come si dice) salvato la mia giornata. Dopo qualche settimana ricevetti da lui una breve lettera il cui contenuto merita di essere riportato integralmente:

17 VI 82

Caro Dr. Cerruti,

il suo discorso del 25 v u s sulla Chimica negli anni 30 in Italia mi è piaciuto molto e come ho detto combina assai bene con ciò che ricordo.

Se lo scrive o pubblica me ne mandi il testo, possibilmente illustrato. Se capita a Berkeley si faccia vivo. Io ora starò in Italia un altro paio di settimane, fino al 26 c alla foresteria Lincei.

Congratulazioni, auguri e saluti

Emilio Segrè⁷⁹

⁷⁸ Replicai lo stesso *show* il 21 settembre 1997, davanti ad un pubblico ancora più incuriosito, al termine di un incontro su «The Evolution of Chemistry in Europe, 1789-1939», tenuto in Grecia a Delphi. Si trattava dell'ultimo seminario di Storia della chimica del ciclo organizzato dalla European science Foundation; debbo il mio coinvolgimento in questo ciclo all'amico Ferdinando Abbri.

⁷⁹ Lettera di E. Segrè a L. Cerruti, Roma 17 giugno 1982; carta intestata dell'Accademia Nazionale delle Scienze, detta dei XL.

Impegnato com'ero in una lotta di mera sopravvivenza accademica mi sarebbe risultato difficile 'capitare' dalle parti di Berkeley, ma indubbiamente le poche righe di Segrè mi aiutarono non poco a mantenere il passo, così come la lettera che alla fine di agosto Leonello Paoloni mi inviò da Palermo. Paoloni aveva letto in dattiloscritto i due primi lavori su Cannizzaro che avevo inviato per la pubblicazione a *La Chimica e l'Industria*. Oltre ad un paio di acute critiche storiografiche, Paoloni mi scriveva: «Mi è piaciuto assai quanto lei ha scritto sulla didattica di Cannizzaro, anche perché ne condivido pienamente lo spirito. Continuo infatti a dire, senza grande successo, che occorre storicizzare la chimica, capire e far capire agli studenti le peculiarità del suo sviluppo concettuale, uno dei fatti più grandiosi del secolo scorso nel campo della scienza moderna». Al termine della lettera Paoloni aggiungeva: «Le sono nuovamente grato per aver scritto le due note e soprattutto per avermele mandate. Sarò lieto di incontrarla a Palermo in occasione del Congresso di Storia della Fisica».⁸⁰

Dopo la *débâcle*⁸¹ accademica mi era parso ovvio collegarmi con la comunità degli storici della fisica, ormai consolidata all'interno del CNR, in un Gruppo Nazionale di Coordinamento per la Storia della Fisica. Il primo contatto con la comunità 'ufficiale' avvenne proprio al III Congresso Nazionale di Storia della Fisica, cui accennava Paoloni, e che si tenne a Palermo dall'11 al 16 ottobre 1982. Presentai una comunicazione sull'interazione fra fisica e chimica nelle procedure conoscitive seguite da Cannizzaro nel *Sunto di un corso di filosofia chimica*.⁸² Dato che conoscevo un buon numero dei presenti mi sentii perfettamente a mio agio, malgrado un certo (cordiale) stupore di Salvo D'Agostino, che presiedeva la sessione, per la partecipazione di un chimico ad un Congresso di storia della fisica. D'altra parte D'Agostino replicò subito dopo il suo stupore quando chiamò a parlare Leonello Paoloni che mise a confronto gli stili di ricerca di van't Hoff e Le Bel a proposito dell'asimmetria molecolare.⁸³

L'anno successivo partecipai al IV Congresso Nazionale di Storia della Fisica, che si tenne a Como nella bella sede di Villa Olmo dal 3 al 5 novembre 1983. I lavori furono aperti da P. Caldirola, a cui seguì il Presidente del Gruppo, Guido Tagliaferri, che per 45 minuti rispose alla domanda che si era posto nel titolo della relazione: «Serve la storia della fisica?». Non vi era nulla di retorico nella domanda, e tanto meno fu retorico il discorso che tenne Tagliaferri ... Le conferenze plenarie

⁸⁰ Lettera di L. Paoloni a L. Cerruti, Palermo 28 agosto 1982; carta intestata «Gruppo Chimica Teorica, Istituto di Chimica Fisica dell'Università».

⁸¹ Il termine si può tradurre 'crollo', 'tracollo', 'sfacelo', 'disastro'. Più ottimisticamente potrebbe essere preso nel senso tecnico di 'disgelo' (di un fiume).

⁸² L. Cerruti, «Ricognizione sui confini: chimica e fisica nel *Sunto di Cannizzaro*», *Atti del III Congresso Nazionale di Storia della Fisica*, Palermo, 1982, pp. 109-116.

⁸³ L. Paoloni, «Confronto dei punti di vista di H.J. van't Hoff e J.A. Le Bell sull'attività ottica come proprietà molecolare», *Atti del III Congresso Nazionale di Storia della Fisica*, Palermo, 1982, pp. 117-128.

furono tenute da Toraldo di Francia e da Enrico Bellone; io parlai il secondo giorno dei lavori, questa volta a proposito dell'impatto che ebbe la riforma Cannizzariana sulla teoria atomico-molecolare.⁸⁴ La frequentazione dei Congressi e delle altre iniziative promosse dagli storici della fisica mi avevano permesso di stringere forti rapporti con parecchi di loro, fra cui ricordo qui in particolare Enrico Bellone. Concludo questa sezione annotando che fra i fisici che intervennero al Congresso di Como troviamo quattro dei relatori al I Convegno di Storia della Chimica, e cioè E. Bellone, G. Salio, A. Drago, N. Robotti; a questi Colleghi vanno aggiunti S. D'Agostino e G. Battimelli, che pure parteciparono all'incontro torinese.

4.2. I chimici e la didattica

Nella sezione precedente abbiamo visto quanto fosse diffuso e in qual modo si fosse organizzato nella comunità dei fisici italiani l'interesse verso la storia della loro disciplina, e più in generale verso la storia della scienza. Nella comunità dei chimici non vi era nulla di paragonabile, e l'unica opportunità per un senza-terra come me era di far riferimento all'area di ricerca in didattica della chimica. In uno degli incontri napoletani Fabbri mi aveva confessato una sua certa insoddisfazione verso la ricerca didattica, che gli sembrava priva di rigidi criteri di verifica metodologica. Il clima severo dei seminari organizzati da Del Re favoriva certamente questo tipo di riflessioni, da parte mia potei tranquillamente sostenere che gli studi storici, forti di una secolare, permanente elaborazione metodologica, potevano dirsi garantiti da quel punto di vista. Solo la prosopopea di presunti scienziati poteva snobbare come 'compilativo' un lavoro storico. I dubbi di Fabbri sulla ricerca in didattica mi colpirono particolarmente, perché venivano espressi da uno dei padri fondatori della disciplina nel nostro Paese. In realtà non mi giungevano del tutto nuovi, perché li avevo già sentiti espressi in vario modo da diversi colleghi, pure impegnati nel settore, e tuttavia Fabbri, gli altri ed io stesso (da ultimo venuto) ritenevamo che una simile ricerca fosse scientificamente dignitosa, utile socialmente, e — *last, but not least* — indispensabile per la comunità dei chimici nel suo complesso. In ogni caso e come ho già detto, al di là di qualsiasi valutazione di merito, la Divisione Didattica della SCI divenne il mio riferimento obbligato.

Il 1983 fu un anno fruttuoso, per il mio coinvolgimento nei lavori di didattica della chimica, e addirittura cruciale per la formazione di quella comunità che trovò espressione nel I Convegno di Storia della Chimica. Un segnale importante per i 'didatti' era venuto quando *La Chimica nella Scuola* era diventata organo della Divisione di Didattica, e il Comitato promotore della nuova rivista, in una riunione del 6 febbraio 1983, aveva deciso di costituire un Comitato tecnico i cui componenti avrebbero avuto la funzione di *referees* nei diversi campi di interesse. Paolo

⁸⁴ L. Cerruti, «La ricezione della teoria atomico-molecolare di Cannizzaro negli anni 1860», *Atti del IV Congresso Nazionale di Storia della Fisica*, Milano: CLUED, 1984, pp. 107-112.

Mirone, in qualità di Direttore *ad interim* (Fabbri era all'estero) mi comunicò che aveva «il piacere di chieder[mi] di far parte del suddetto Comitato per il settore storico-epistemologico».⁸⁵ Fra la fine del 1982 e l'inizio del 1983 giunsero ai 'praticanti' due documenti, di diverso tenore e ampiezza, redatti rispettivamente da Leonello Paoloni e da Gianfranco Scorrano.

Paoloni non diede un titolo al suo documento e, pur sottolineando fin dalle prime righe che veniva stilato dal rappresentante del CNR nel Committee on Teaching of Chemistry della IUPAC, lo definì un «messaggio»,⁸⁶ con evidente ironico riferimento ad un naufragio forse già avvenuto. Il messaggio toccava «L'immagine della chimica nel nostro paese», «La condizione della didattica chimica», «La professionalità del docente nella scuola e nell'università». Quest'ultimo punto si concludeva — come certi nostri interventi attuali — con una frase tagliente: «i contenuti tecnici prevalgono, mentre resta ignorata la necessità che la chimica sia inserita nel contesto culturale comune della società».⁸⁷ Per quanto riguarda *La Chimica nella Scuola*, al momento ancora *Bollettino* del corso di perfezionamento in chimica ad indirizzo didattico dell'Università di Modena, Paoloni presentava i dati quantitativi di uno studio di fattibilità per trasformare il bollettino in rivista. Qui si dichiarava mosso «dal desiderio di fare qualcosa che aiuti a superare la fase di stallo attuale». In effetti 'qualcosa' avevano già fatto i suoi colleghi commissari dei giudizi di idoneità in chimica fisica che avevano decapitato (accademicamente parlando) la redazione del Bollettino.

Il documento di Scorrano, stilato in qualità di Presidente della Divisione di Didattica, aveva la forma di lettera («Caro collega»), e a modo suo era non meno drammatico del «messaggio» di Paoloni. Scorrano esordiva comunicando agli iscritti alla SCI che nel passaggio da 'Commissione' (1978, 554 aderenti) a 'Divisione' (1979, 333 soci) si aveva avuto un «brusco calo nel numero degli aderenti». La lettera è in effetti un appello circostanziato per il rafforzamento della Divisione e della sua attività «verso il settore delle scuole», afferma che occorre «potenziare la ricerca didattica chimica», ed invita (con involontario sadismo) a «favor[ire] in ogni modo coloro che a tale attività si dedicano, finora senza troppi riconoscimenti». Un passo della lettera sarebbe dovuto risultare particolarmente convincente: «Non sarà possibile avere tangibili risultati finché ci limiteremo a svolgere attività solo a livello universitario: nel 1980-81 gli iscritti in Chimica e Chimica Industriale in tutta Italia erano 1153, o lo 0,5% di tutti gli iscritti al 1° anno di Uni-

⁸⁵ Lettera di P. Mirone a L. Cerruti, Modena 18 febbraio 1983; carta intestata «LA CHIMICA NELLA SCUOLA. Bollettino del corso di perfezionamento ad indirizzo didattico Università di Modena».

⁸⁶ In calce al documento, datato «Palermo 15 Settembre 1982», si leggeva: «Le spese di produzione e distribuzione di questo messaggio sono tratte da un contributo dell'Università di Palermo e da uno dell'Associazione Italiana di Chimica Fisica».

⁸⁷ Sottolineature nel testo.

versità, o 20 ppm se calcolati sul numero di cittadini italiani. Sono numeri trascurabili ai fini della creazione di una 'opinione pubblica' chimica cosciente».

Negli scritti appena citati Paoloni e Scorrano si facevano interpreti a livello nazionale delle difficoltà vissute nelle varie sedi. Più in generale, la situazione della «Ricerca didattica e formazione degli insegnanti di chimica nelle Facoltà di scienze italiane» fu descritta da Paoloni nella relazione tenuta al Seminario internazionale che l'IRRSAE Liguria e la Divisione di Didattica organizzarono a Genova il 25-26 marzo 1983. In realtà il poderoso rapporto⁸⁸ redatto da Paoloni sulle attività condotte dai chimici accademici italiani andava ben oltre la cronaca dettagliata di quanto si realizzava negli Istituti universitari, infatti la sua stessa struttura retorica, la *dispositio*, denunciava le potenzialità dei ricercatori e gli ostacoli alla ricerca. Dopo aver trattato il contesto strutturale e culturale della formazione degli insegnanti, l'Autore affrontava la problematica, le finalità e i temi della ricerca didattica in chimica, sottolineando i vincoli posti sia dalle resistenze culturali, sia da quelle corporative e strutturali. Le attività inerenti alla ricerca didattica erano ripartite su otto aree tematiche. Se la prima riguardava una classica «acquisizione di nuove conoscenze sui processi di apprendimento, per sé e/o in un contesto psico-pedagogico», la seconda area riguardava proprio ciò che avevo iniziato a fare a Torino, e che a dicembre avrei poi scoperto come già realizzato a Roma: «acquisizione di nuove conoscenze sulla storia e l'epistemologia della chimica o delle discipline cui la chimica è (era) collegata (storicamente), e/o uso di tali conoscenze per l'insegnamento delle scienze».⁸⁹

Il dettaglio della rassegna sulle attività di ricerca effettivamente realizzate nelle Facoltà si articolava in tre sezioni: progetti curricolari (Bari, Bologna, Firenze, Genova, Modena, Pavia, Pisa, Roma, Torino); problematiche pedagogiche e docologiche (Savona e Livorno, in collegamento rispettivamente con Genova e Pisa), e infine problematiche storiche e/o epistemologiche (Genova, Torino). Riferendosi a queste ultime Paoloni scriveva: «nel settore chimico sarebbe appropriato dire che esse sono particolarmente trascurate, poiché i rari cultori non sono chiamati a svolgere corsi istituzionali, salvo il caso della Facoltà di Torino».⁹⁰ Poco più oltre l'Autore dedicava ai miei lavori un'intera pagina, che concludeva con una presa di posizione di grande significato culturale e politico: «Se cessassimo di fondare correttamente la chimica sulla sua storia verremmo meno ad un *dovere civile* nell'educazione dei nostri studenti».⁹¹ L'amplissima documentazione offerta da Paoloni dimostrava che l'estensore del rapporto era al centro di una rete di rapporti che dall'in-

⁸⁸ L. Paoloni, «Ricerca didattica e formazione degli insegnanti di chimica nelle Facoltà di scienze italiane», marzo 1983, 40 pp.

⁸⁹ *Ib.*, p. 5

⁹⁰ *Ib.*, p. 28, ma anche a p. 30. Paoloni non tenne conto che si trattava di un insegnamento svolto nell'ambito di Esercitazioni di chimica fisica.

⁹¹ *Ib.*, p. 31; corsivo mio.

tero territorio nazionale si estendeva verso i Paesi più avanzati nella ricerca didattica. Dal suo osservatorio Paoloni notava che in altri Paesi i ricercatori interessati si sarebbero potuti disaggregare dalle loro strutture accademiche per riaggregarsi in una nuova cooperazione «secondo affinità di interessi e di motivazioni», ma «questo processo [era] tuttavia impossibile da noi per i condizionamenti imposti dalle norme che imbrigliano l'università entro gli schemi fissati da un sistema di governo accentratore che affida alla propria burocrazia amministrativa la gestione di quasi tutte le decisioni accademiche». Paoloni si risolveva quindi a proporre la costituzione di un Gruppo Nazionale di Didattica della Chimica, con fondi richiesti oltre che alle fonti istituzionali (MPI, CNR) anche ai privati.⁹²

Nei mesi in cui Paoloni lavorava al suo rapporto, Roletto, Carpignano, e chi scrive queste note, presentarono ai Consigli di Corso di Laurea di Torino una «Proposta per l'organizzazione di attività di ricerca e aggiornamento didattici rivolte a insegnanti di chimica della scuola secondaria superiore». Il CCL di Chimica Industriale discusse il documento nella seduta dell'11 novembre 1982, il cui verbale recita: «Il CCL approva la proposta presentata e sottolinea il valore e la dignità della ricerca didattica». Forti (si fa per dire) di questo avallo, ci demmo da fare.

Il Gruppo di Didattica della Chimica di Torino, coordinato da Ezio Roletto, mi aveva cooptato con spirito liberale. Il mio 'arrivo' poneva spontaneamente, accanto ai tradizionali interventi nella didattica della scuola secondaria, un più accentuato interesse nei riguardi dell'epistemologia (interesse già nutrito da Roletto), e una nuova attenzione verso l'utilizzo della conoscenza storica per una più facile e profonda comprensione della stessa conoscenza scientifica. Esito felice del 'misto' fu l'organizzazione di un Incontro su Storia, Epistemologia e Ricerca Didattica, dal titolo non certo originale: «L'insegnamento della Chimica».⁹³ L'Incontro si tenne presso gli Istituti Chimici di Torino il 5 e 6 maggio 1983, suddiviso in quattro sessioni. La relazione della prima sessione («Storia e didattica»), e quindi l'apertura dell'Incontro fu affidata a Leonello Paoloni, che espose le sue riflessioni su «La storia nella didattica chimica: modi, contesti, attualità». La seconda sessione («Problemi della didattica chimica») fu introdotta da Paolo Mirone, che parlò di «Un progetto di ricerca sull'insegnamento della chimica nella scuola e nell'Università italiana». Analogamente, la terza sessione («Epistemologia applicata») fu aperta da una relazione di Arcangelo Rossi su «Epistemologia e didattica delle scienze»; infine l'ultima sessione («La chimica e la didattica delle scienze») fu avviata da A. Prat, del liceo D'Azeglio di Torino, con un contributo dal titolo

⁹² *Ib.*, pp. 35-36.

⁹³ Neppure ora la fantasia ci soccorre. Nel dicembre 1998, come attuale Presidente della Divisione di Didattica ho promosso una I Conferenza Nazionale sull'Insegnamento della Chimica, ottimamente organizzata dai Colleghi di Bologna. Nel dicembre 2000 una II Conferenza Nazionale si terrà a Pisa.

«Didattica delle scienze e riforma della secondaria superiore».⁹⁴ Si può notare che Paoloni aveva qui investito la sua autorevolezza nello sviluppare gli aspetti storico-critici dell'insegnamento della chimica. Più in generale, non si può fare a meno di notare che i temi delle relazioni e delle comunicazioni⁹⁵ hanno mantenuto a distanza di anni una preoccupante attualità, quasi che il sistema scolastico italiano sia rimasto in stato stazionario, o che (peggio) si sia vissuti tutti quanti un tempo ciclico, e che ci si ritrovi dopo diciassette anni nelle stesse condizioni di allora.

Il III Convegno Nazionale della Divisione di Didattica Chimica fu la seconda iniziativa del 1983 che favorì in modo essenziale quel processo di formazione di interessi collettivi che è al centro della storia che sto narrando. Debbo l'invito a partecipare al Convegno all'interessamento di Paolo Manzelli, che mi scrisse: «è molto che non ci vediamo. Una occasione te la propongo io a Firenze al III Convegno nazionale di Didattica Chim. Sappimi dire se accetti».⁹⁶ Il Convegno si tenne dal 7 al 10 dicembre 1983 nelle splendide sale dei palazzi fiorentini, e fu un grande successo, organizzativo e scientifico. Chi ha vissuto negli anni successivi le vicende della Divisione di Didattica non può scorrere senza emozione il programma del Convegno, perché vi ritrova praticamente tutti i nomi di quanti nei tre lustri successivi hanno costituito la nervatura della ricerca in didattica chimica e della stessa Divisione, compreso il compianto Vito Bianco. L'apertura del Convegno avvenne nel Salone de' Dugento di Palazzo Vecchio, con le relazioni di tre esponenti di rilievo della comunità dei chimici su «Educazione chimica e società». I tre oratori furono fedeli ai loro 'personaggi'. G. Scorrano, Presidente della Divisione, si era orientato verso un tema polemico: «Tutti hanno bisogno di conoscere la chimica. Una sfida per i docenti»; Luciano Caglioti, allora Direttore del Progetto finalizzato chimica fine, aveva scelto un argomento neutro, buono per tutte le stagioni: «La chimica nella società moderna»; Giorgio Nebbia, uno dei pochi chimici a svolgere una significativa attività culturale, parlò su «La chimica come cultura delle cose». La prima sessione pomeridiana del 9 dicembre fu per me una 'rivelazione'.

Sotto la presidenza di Vito Bianco furono svolte ben cinque comunicazioni di interesse storico-critico. Il mio 'isolamento', tutto subalpino, era terminato. Virgilio

⁹⁴ Dopo non molto tempo la scomparsa di A. Prat lasciò un grosso vuoto nella didattica delle scienze torinese. Al già citato III Congresso di Storia della Fisica del 1982 A. Bastai Prat aveva presentato una relazione ad invito su «L'insegnamento storico della fisica: esperienze e risultati».

⁹⁵ Le comunicazioni furono presentate da S.A. Dietrich, «Esperienze e proposte per l'introduzione della dimensione storica nell'insegnamento della chimica a livello della scuola secondaria»; E. Roletto, «Prime esperienze di ricerca didattica - La collaborazione Università-scuola secondaria»; A. Borsese, «Caratterizzazione delle discipline e orientamento nella scuola media superiore»; P. Violino, «Meccanismi di formazione dei concetti scientifici a livello intellettuale». Io pestai sul mio chiodo preferito: «Verso un'analisi epistemologica del linguaggio chimico».

⁹⁶ Lettera di P. Manzelli a L. Cerruti, s.d.; carta intestata «Istituto di Chimica Fisica, Università di Firenze», con timbro «Università di Firenze. Gruppo - Università scuola di ricerca in didattica chimica e scienze integrate».

Giormani dimostrò con il suo contributo che la minuta, erudita analisi delle carte conservate negli archivi della Serenissima poteva portare ad un racconto fluente, vivace, divertente.⁹⁷ Il gruppo che allora Eugenio Torracca dirigeva alla «Sapienza» di Roma presentò due comunicazioni che mi lasciarono stupefatto per il dettaglio epistemologico dei riferimenti storici, e la (nascosta) complessità delle applicazioni didattiche.⁹⁸ La 'rivelazione' fu completata da due comunicazioni di G. Torre⁹⁹ e M. Debegnak.¹⁰⁰ Io partecipai ad una tavola rotonda, presieduta da S. Anthoine Dietrich, i cui altri oratori erano F. Abbri, A. Di Meo e R. Todeschini. Il tema riprendeva quanto avevamo già trattato nell'incontro torinese di maggio: «Dimensione storica e consapevolezza epistemologica della educazione chimica». La tavola rotonda aveva a disposizione due ore e mezza, avemmo quindi agio di fare interventi estesi e di suscitare un buon dibattito con la platea — foltissima — degli intervenuti.

Il successo evidente del Convegno sul piano della didattica chimica, si tramutò per i ricercatori con interessi storico-critici nella prima vera occasione di conoscenza reciproca. Fu allora che conobbi Ferdinando Abbri, Eugenio Torracca, Virgilio Giormani, Andrea Turchi. Tutti e quattro sarebbero poi stati tra i relatori del I Convegno di Storia della Chimica,¹⁰¹ per quanto mi tocca più da vicino posso dire che i rapporti amicali che strinsi allora ebbero per me un enorme significato, personale e culturale. Sul piano pubblico mi feci parte diligente dell'idea nata nel contesto napoletano di un gruppo professionale capace di operare un collegamento a livello nazionale, e forse di ottenere qualche finanziamento. Con Abbri, allora giovane e brillante allievo di Paolo Rossi, ne parlai a lungo, per via dell'apertura che si sarebbe realizzata verso l'area di storici di provenienza umanistica.

⁹⁷ V. Giormani, «L'insegnamento della Chimica all'Università di Padova dal 1749 al 1808».

⁹⁸ P. Saracino, E. Torracca, «La teoria chimica della struttura 1860-1930; sua utilizzazione nella didattica»; P. Cangelieri, E. Torracca, A. Turchi, «Articolazione di una unità curricolare di base, impostazione metodologica, scelta dei contenuti, uso delle fonti storiche». Una parte del lavoro del gruppo di Torracca fu sistematizzata in un corso di aggiornamento tenuto nel febbraio 1984, e infine portata a stampa in una monografia: P. Saracino, E. Torracca, A. Turchi, *Comportamento chimico e modelli molecolari: la teoria chimica della struttura*, Roma: Laboratorio di Didattica delle Scienze, Facoltà di Scienze MFN, gennaio 1985. Il 25 ottobre 1985 Torracca tenne una conferenza con lo stesso titolo della monografia presso gli Istituti Chimici di Torino. La locandina che annunciava la conferenza dava come promotori il Gruppo Nazionale di Fondamenti e Storia della Chimica e il Gruppo di Didattica della Chimica dell'Università di Torino.

⁹⁹ G. Torre, «Il linguaggio della chimica nei simboli e nelle formule».

¹⁰⁰ M. Debegnak, «Le proprietà dei corpi e la loro composizione nella chimica del '700; una ipotesi didattica».

¹⁰¹ Sarebbe interessante un confronto analitico tra i partecipanti al Convegno fiorentino di didattica e quelli del Convegno torinese di storia e fondamenti. Qui mi posso basare solo sui dati torinesi (v. Appendice) e sul programma ufficiale di Firenze. Ne risulta comunque un elenco interessante: G. Marino, L. Paoloni, F. Abbri, L. Cerruti, A. Di Meo, R. Todeschini, M. Biagini-Cingi, G. Semerano, V. Giormani, E. Torracca, A. Turchi, G. Fabbri.

Prima di giungere — finalmente! — all'organizzazione vera e propria del I Convegno di Storia della Chimica voglio accennare ad un altro incontro organizzato dalla Divisione di Didattica, non tanto perché ebbe una diretta incidenza sul Convegno che qui focalizza l'indagine storica, quanto perché diede respiro e risonanza al mio interesse verso la linguistica applicata, interesse nato dall'attività di traduttore e di cui ho già parlato nella sezione 3.3.

La redazione di *La Chimica nella Scuola* aveva ricevuto e accettato per la pubblicazione tre miei lavori di linguistica.¹⁰² Nel primo abbozzavo un'analisi del linguaggio chimico secondo i canoni della semantica strutturale;¹⁰³ nel secondo verificavo la validità dell'ipotesi Whorf-Sapir sulla relatività linguistica, applicandola in particolare alla definizione metrologica di mole in italiano, francese, inglese e tedesco;¹⁰⁴ nel terzo, infine, argomentavo come le stesse teorie che reggevano le varie forme di analisi linguistica non fossero neutrali, e quindi come le scelte teoriche dovessero essere consapevoli.¹⁰⁵ Fu sulla base di questi lavori che i Colleghi di Bologna mi scelsero per aprire una giornata di lavoro su «Quali testi di chimica per la Scuola Secondaria Superiore? Problemi e criteri di scelta».¹⁰⁶ La Giornata si tenne a Bologna nell'aprile 1984, coordinata da Paolo Emilio Todesco. Memore del precedente 'passo falso' (*vide supra*, sezione 3.3.), sviluppai nella mia relazione un intero armamentario tecnico (spazi anaforici, politestualità, isotopie, ipercodici, ...) che applicai impietosamente a undici libri di testo di chimica allora in commercio.¹⁰⁷ Mai prima di allora l'analisi linguistica mi aveva tanto divertito.

5. Mercoledì 6 febbraio 1985

Natura di cose altro non è che nascimento di esse in certi tempi e in certe guise.

G.B. Vico, *Scienza nuova*, 1744¹⁰⁸

I luoghi in cui si ritrovano le comunità scientifiche per operare secondo le proprie finalità, sono anche i luoghi dove i ricercatori si confrontano, prendono nuovi

¹⁰² Lettera di L. Benedetti a L. Cerruti, Modena 14 dicembre 1983; carta intestata «Università di Modena. Istituto di Chimica Fisica».

¹⁰³ L. Cerruti, «Analisi linguistica e didattica della chimica. I. Il lessico», *La Chimica nella Scuola*, pp. 24-26 (1984).

¹⁰⁴ L. Cerruti, «Analisi linguistica e didattica della chimica. II. La relatività linguistica», *La Chimica nella Scuola*, pp. 35-37 (1984).

¹⁰⁵ L. Cerruti, «Analisi linguistica e didattica della chimica. III. Le scelte teoriche», *La Chimica nella Scuola*, pp. 91-93 (1984).

¹⁰⁶ Lettera di R. Cervellati a L. Cerruti, Bologna 22 febbraio 1984.

¹⁰⁷ L. Cerruti, «I segni della chimica. Lingua e parole dei libri di testo», 12 pp., ciclostilato distribuito il 13 aprile 1984. Un'eco a stampa dell'evento si ebbe per cura di Rinaldo Cervellati su *La Chimica nella Scuola*, pp. 75-76 (1984).

¹⁰⁸ Citato da: A. Battistini, *Lo specchio di Dedalo. Autobiografia e biografia*, Bologna: Mulino,

contatti, stringono amicizie, elaborano progetti comuni. Essi riconoscono così di appartenere ad un organismo collettivo, la cui vitalità dipende in modo critico dall'efficacia con cui sono (saranno) rappresentati gli interessi comuni che hanno 'portato' i singoli in quei luoghi. Questo argomento sociologico suggerisce una variante laterale allo schema che ho proposto nell'introduzione, come progetto della presente ricerca. Alla traccia storiografica:

motivazioni → comunità → evento → atti

si connette la descrizione sociologica:

interessi comuni → luogo/evento → comunità di interessi

In questo senso sociologico i luoghi — reali e metaforici — in cui presero corpo gli interessi che poi confluirono nel I Convegno di Storia della Chimica furono una stanza di via Mezzocannone a Napoli (sezione 3.2.), la Sala della scherma alla Fortezza da Basso a Firenze (sezione 4.2.), Villa Olmo a Como (sezione 4.1.). I tre componenti del Comitato scientifico del I Convegno richiamavano nelle loro rispettive figure professionali questi tre luoghi: Giuseppe Del Re, Leonello Paoloni, Luigi Cerruti (v. Fig. 3, in Appendice).

5.1. L'organizzazione del I Convegno di Storia della Chimica

La preparazione del Convegno procedette fin dall'inizio con il patrocinio della Divisione di Didattica della Società Chimica Italiana e della Sezione piemontese della stessa Società. Fu anzi quest'ultima che si assunse formalmente l'onere della contabilità, essendo la SCI svincolata, almeno in parte, dalle innumerevoli pastoie dell'amministrazione universitaria. In sede locale, per tutto quanto riguardava le esigenze di stampa, chiedemmo e trovammo un appoggio nell'Assessorato allo sport, gioventù e turismo, retto da Fiorenzo Alfieri.¹⁰⁹

Una parte significativa dell'organizzazione fu affidata a Ivana Chiantia, segretaria dell'Istituto di Chimica Fisica, sempre sorridente e cordiale, che svolse un pesante lavoro di corrispondenza non solo in 'uscita', ma anche in 'entrata', ricevendo e poi smistando gran parte delle lettere con le richieste di informazione e le adesioni. Fra le richieste di informazione cito la lettera di Mario Grilli, Direttore del Seminario di Storia della Scienza della Facoltà di Scienze MFN della «Sapienza»,¹¹⁰

1990, p. 21. Devo la segnalazione di questo testo all'amico Bruno Falchetto. Falchetto è ora un noto critico letterario; quando partecipò al I Convegno di Storia della Chimica era nel servizio civile come obiettore di coscienza (v. l'elenco dei partecipanti in Appendice).

¹⁰⁹ Lettera di L. Cerruti a F. Alfieri, Torino 12 luglio 1984. La competenza di Alfieri nasceva dal fatto che l'ex Opera Universitaria dipendeva dal suo assessorato.

¹¹⁰ Tra l'altro Grilli comunicava che notizia del Convegno sarebbe stata data sul numero di Settembre-Ottobre della *Rivista di Storia della Scienza*. Lettera di M. Grilli a I. Chiantia, Roma 30 luglio 1984; carta intestata «Dipartimento di Fisica»; si veda il Rif. 113.

e quella di Mario Beccari, Presidente del Consiglio di Corso di Laurea in Chimica Industriale di Roma; Beccari, in particolare, affermava che il CCL era «interessato a mandare un delegato per assistere ai lavori del Convegno sulla Storia della Chimica». ¹¹¹ Nella prima circolare del Convegno potevo 'spendere' solo i nomi di Bellone e di Abbrì che avevano già accettato di tenere le relazioni di apertura. Tra l'altro scrivevo: «Il Convegno avrà carattere di lavoro, in modo da permettere il massimo approfondimento dei temi trattati. [...] Dopo le sessioni dedicate alle comunicazioni scientifiche [...], il Convegno si concluderà con una discussione generale sui problemi organizzativi e le prospettive professionali della storia della chimica come disciplina di ricerca, praticabile anche in sedi extra-universitarie». Nell'intera circolare non si parla di fondamenti della chimica, solo all'inizio ponevo una dichiarazione di intenti in cui si accennava all'epistemologia: «Il Gruppo, nell'ambito delle iniziative volte a censire e stimolare le forze culturali interessate agli studi epistemologici e storici sulle discipline chimiche, promuove un primo Convegno di storia della chimica da tenersi a Torino il 2-3 febbraio 1985». In questa circolare la quota di iscrizione era di 25.000 lire, ridotte a 10.000 per gli insegnanti. Essa fu inviata anche a tutti i Presidi delle Facoltà di Scienze e delle due Facoltà di Chimica Industriale, nonché ai Presidenti dei Consigli di Corso di Laurea di Chimica, Chimica Industriale, Fisica e Biologia di Torino. Le lettere di accompagnamento erano datate 20 luglio 1984, su carta intestata «Gruppo Nazionale di Fondamenti e Storia della Chimica». ¹¹² L'unico Preside che mi rispose fu Giorgio Tecce:

Roma, 27 luglio 1984

Caro Cerruti,

ho inviato a tutti i docenti della Facoltà la circolare relativa al Convegno di 'Storia della Chimica'. Ho sollecitato anche il Seminario di Storia della Scienza della nostra Facoltà ad appoggiare l'iniziativa.

Nel complimentarmi, ti invio i miei più cordiali saluti,

Giorgio Tecce ¹¹³

3

Nel corso della preparazione del Convegno si concretò l'ipotesi di chiamare come testimoni di importanti esperienze di vita scientifica qualche eminente rappresentante della comunità dei chimici. Per Paoloni fu cosa immediata contattare G.M. Marini Bettolo, Presidente dell'Accademia dei XL, Accademico Pontificio ed illustre chimico organico. Altrettanto fece a Firenze Manzelli con Luigi Sacconi, Accademico dei Lincei e fondatore della scuola di chimica inorganica di Firenze. A

¹¹¹ Lettera di M. Beccari a I. Chiantia, Roma 3 agosto 1984; carta intestata «Facoltà di Scienze Matematiche Fisiche e Naturali. Consiglio di Corso di Laurea in Chimica Industriale».

¹¹² Nella lettera ai Presidenti dei CCL scrivevo: «nel marzo di quest'anno si è costituito a Napoli il Gruppo Nazionale di Fondamenti e Storia della Chimica».

¹¹³ Lettera di G. Tecce a L. Cerruti, Roma 27 luglio 1984, carta intestata «Università degli Studi di Roma. Facoltà di Scienze Matematiche Fisiche e Naturali. Il Preside». L'enfasi data a questa lettera e ad altre lettere 'romane' risulterà più chiara nelle conclusioni.

fine novembre 1984 fummo certi della loro partecipazione, e mandai loro una lunga lettera in cui, con franchezza, 'spiegai' cosa mi attendevo dai loro interventi. Il livello era indicato per imitazione: «stiamo un po' seguendo l'esempio dei colleghi fisici che da tempo chiamano ai loro convegni storici persone di grande prestigio (ricordo un bellissimo intervento del prof. Amaldi a Roma)». Dopo aver suggerito un paio di diversi «modelli narrativi», aggiunse: «Personalmente ho sempre considerato importante un aspetto in un certo senso intimo: la nascita di una vocazione e il rapporto con i propri Maestri (se ci sono stati!)».¹¹⁴ Ponendo al centro dell'attenzione queste due grandi e così diverse personalità, ero già stato in grado di strutturare una sessione intitolata Memoria/Storia (v. Fig. 2, in Appendice), concludevo quindi le lettere illustrando i temi, e indicando gli oratori che sarebbero intervenuti dopo le loro relazioni.

Tutto sommato, sul piano dell'informazione ci muovemmo con una certa *grandeur*. Così facemmo stampare dall'Assessorato di Alfieri 1000 copie della seconda circolare,¹¹⁵ ma anche i Colleghi più interessati fecero la loro parte. Così Sandra Tugnoli Pataro, allora segretaria della Società Italiana di Logica e Filosofia delle Scienze, fu contattata da Paolo Mirone, e per questa via giunse a partecipare al Convegno.¹¹⁶ Nella circolare innanzi tutto si modificava la data: il sabato e la domenica proposti erano risultati impraticabili per l'inesorabile chiusura dell'Istituto Chimico; le nuove date erano perciò il 7 e 8 febbraio 1985, giovedì e venerdì. Anche le quote di iscrizione erano mutate, unificate e portate a 30.000 lire; in allegato veniva inviato il programma definitivo del Convegno. Inviai il programma ad un certo numero di esponenti della comunità dei chimici italiani fra cui Cesare Cardani¹¹⁷ e Lamberto Malatesta.¹¹⁸

Per quanto riguarda la questione 'spinosa' dei finanziamenti chiedemmo aiuto a Banche, Industrie e Case Editrici. Particolarmente laboriosa fu la corrispondenza con le Banche,¹¹⁹ per via della documentazione richiesta. Ci rispose un generale silenzio, interrotto solo da qualche raro, cortese diniego. La FIAT, famosa industria auto-

¹¹⁴ Lettere di L. Cerruti a G.B. Marini Bettolo e a L. Sacconi, Torino 29 novembre 1984. Deduco dall'ultima frase citata che già allora la mia vena autobiografica pulsava sottopelle.

¹¹⁵ La Bolla di accompagnamento ci dà i riferimenti della consegna: 20 dicembre 1984, ore 12.50.

¹¹⁶ Lettera di S. Tugnoli Pataro a L. Cerruti, Bologna 19 settembre 1984; carta intestata «Società Italiana di Logica e Filosofia delle Scienze (S.I.L.F.S.) presso il Dipartimento di Filosofia».

¹¹⁷ Lettera di L. Cerruti a C. Cardani, Torino 8 gennaio 1985; Cardani era Presidente della SCI. Nella cortese risposta Cardani delegava a rappresentarlo alla cerimonia di apertura Alfredo Negro, del Dipartimento di Chimica del Politecnico di Torino, in qualità di Presidente della Sezione piemontese; lettera di C. Cardani a L. Cerruti, Milano 16 gennaio 1985; carta intestata «Società Chimica Italiana. Il Presidente».

¹¹⁸ Lettera di L. Cerruti a L. Malatesta, Torino 8 gennaio 1985; Malatesta era Vice Presidente della Società Chimica Italiana.

¹¹⁹ Le lettere alle Banche furono firmate da Alfredo Negro, Presidente della Sezione piemontese della SCI.

mobilitistica torinese, ci fornì le cartelline congressuali. L'unico contributo in denaro venne dall'Università di Torino, un paio di mesi dopo la conclusione del Convegno, con un milione di lire del «Fondo per Congressi, Conferenze e Seminari».¹²⁰ Il Convegno fu quindi quasi interamente auto-finanziato dai partecipanti. Dopo la partenza dei convegnisti, Chiantia ed io contammo con un certo sollievo 73 iscrizioni, per un totale di 2.190.000 lire, che avevamo incassato a nome della Sezione piemontese della SCI.

Il 'lancio' del Convegno avvenne in sede locale con una conferenza di Leonello Paoloni, tenuta presso l'Istituto Chimico il 5 febbraio sul tema «Trame concettuali della chimica». La conferenza fu organizzata di concerto con il Centro Servizi Didattici (CE.SE.DI.) della Provincia di Torino. Scrisi all'Assessore all'Istruzione in questi termini: «Mi rivolgo a Lei per poter usufruire dell'appoggio del CE.SE.DI. per il Convegno e per coinvolgere direttamente il CE.SE.DI. per la conferenza. Ho preparato circa 200 copie del programma del Convegno e della scheda di iscrizione che sarebbe utile far pervenire ai Colleghi del vostro indirizzario».¹²¹

Nella *routine* organizzativa non mancò la stesura di un comunicato stampa, di cui un paio di punti sono ancora interessanti. Il primo riguarda il significato culturale che si voleva dare al Convegno: «Si tratta di una iniziativa fortemente innovativa nel campo della storia della scienza in quanto saranno presenti studiosi provenienti da aree disciplinari e da tradizioni culturali diverse (chimici, fisici, storici delle facoltà 'umanistiche')». Il secondo punto si ritrova nella frase conclusiva del comunicato: «Il Convegno si tiene in un periodo delicato per l'immagine della chimica, offuscata dalle distorsioni dello sviluppo urbano e industriale: con questa iniziativa i chimici vogliono anche rivendicare il ruolo insostituibile che hanno avuto e hanno nel divenire della civiltà contemporanea». Che dire, di questo scatto d'orgoglio?

5.2. L'andamento del Convegno e la pubblicazione degli Atti

Il Convegno fu preceduto da una riunione del Gruppo che si tenne in una bella sala della Biblioteca dell'Istituto Chimico,¹²² messa a disposizione dal Direttore Claudio Morterra. La riunione era stata preparata da alcuni documenti,¹²³ e da scambi personali di opinioni. Il primo documento era stato redatto da Todeschini, Del Re e Fiorentini.¹²⁴ I punti principali erano l'*istituzione* ufficiale del Gruppo «come ente privato con carattere di accademia» partita IVA, sede amministrativa a Roma, responsabili Torracca e Del Re; l'*istituzione* di una commissione temporanea composta da Cerruti, Paoloni e Todeschini per la stesura dello statuto e di un pro-

¹²⁰ Lettera protocollata di M.U. Dianzani a L. Cerruti, Torino 18 aprile 1985.

¹²¹ Lettera di L. Cerruti a M.G. Sestero, Torino 21 gennaio 1985.

¹²² Una fotografia della sala in cui si tenne la riunione del 6 febbraio 1985 è riprodotta in: L. Cerruti, «L'eredità culturale della Biblioteca Chimica», *L'Ateneo-Dossier*, n. 3, pp. 1-4 (1997).

¹²³ Citerò i due documenti sopravvissuti nel mio archivio.

¹²⁴ R. Todeschini, G. Del Re, C. Fiorentini, «Proposta», gennaio 1985.

gramma di minima; l'*istituzione* di un bollettino, con un comitato di redazione costituito da Cerruti (direttore e storia), Del Re (relazioni pubbliche con l'estero), Marino (relazioni pubbliche nazionali), Paoloni (cultura), Todeschini (fondamenti). Il termine 'istituzione' scandiva i primi tre punti del documento, e marcava il deciso orientamento dei tre estensori. Il secondo documento era stato steso da me, sotto forma di commento all'ordine del giorno della riunione convocata per il 6 febbraio.¹²⁵ Definendomi 'padrone di casa' (fra virgolette), mi permettevo di fare qualche considerazione sull'andamento organizzativo del Gruppo e sui tre punti all'ordine del giorno «concordato telefonicamente¹²⁶ con qualche membro del Gruppo pur essendo [...] del tutto ovvio».¹²⁷ Prospettavo tre diverse possibilità organizzative: «(A) Costituirci come Gruppo privato ma con capacità fiscali», «(B) Costituirci all'interno del CNR (sul modello dei fisici)», «(C) Costituirci all'interno della SCI (sul modello, ad es., del Gruppo di Spettroscopia di massa)». Con una certa ovvietà commentavo il mio commento: «Ogni soluzione ha vantaggi e svantaggi, ma è meglio discuterne a voce ...».

Prima dell'inizio del Convegno ricevetti una lettera di Paolo Manzelli, ricca di importanti osservazioni e suggerimenti. Manzelli sottolineava subito che le «difficoltà relative alle capacità reali di innovazione, di cui il nostro gruppo [era] potenziale portatore» lo portavano a sconsigliare le vie indicate con (B) e (C) nel mio «Commento». Precisava i motivi della sua posizione, compreso quello che parve poi dirimente, a me e agli altri del Gruppo: «Della B) non ho esperienza, (modello fisici), ma ritengo che i chimici siano più ostici di questi ultimi a lasciare strada». Avanzava quindi una proposta all'interno della 'costituzione privata' che, collettivamente, facemmo l'errore di non esplorare a fondo: «La soluzione migliore e più agile e senza troppi compromessi la vedo quindi la A). Una associazione culturale anche a livello di "cooperativa" viene a costare l'atto notarile ma poi è fatta, ed ha varie facilitazioni anche come impresa editoriale. Inoltre impegna il gruppo in una discussione di statuto che ci potrebbe essere utile a migliorare l'immagine di cosa vogliamo fare nel prossimo futuro».¹²⁸

¹²⁵ L. Cerruti, «Commento all'o.d.g.», gennaio 1985.

¹²⁶ Allora condividevo lo studio con Eugenio Guglielminotti, che dimostrò ancora una volta la sua generosa amicizia accettando di buon grado la mia ennesima metamorfosi in uomo delle pubbliche relazioni. Guglielminotti mi aiutò concretamente (con pubblicazioni) nei momenti incerti del mio apprendistato come chimico quantistico. L'inefficacia accademica del gesto non cancella la mia gratitudine. La prematura scomparsa dell'amico mi rese committente del compito più doloroso (e furibondo) del mio lavoro come storico, la stesura del suo necrologio. Si veda: L. Cerruti «Eugenio Guglielminotti Trivel», in: C.S. Roero (a cura di), *La Facoltà di Scienze Matematiche Fisiche Naturali di Torino (1848-1998)*, T. II, *I docenti*, Torino: Deputazione subalpina di storia patria, 1999, p. 236.

¹²⁷ I tre punti all'o.d.g. erano: «1. Discussione programmatica. 2. Scelte organizzative. 3. Attività 1985-1986».

¹²⁸ Lettera di P. Manzelli a L. Cerruti, Firenze 25 gennaio 1985, carta intestata «Università di Firenze - Dipartimento di Chimica. Gruppo - Università/scuola di ricerca in didattica chimica e scienze integrate».

Ci trovammo quindi, secondo la convocazione, alle 15 del 6 febbraio 1985, intorno al lungo tavolo della sala di lettura della Biblioteca Chimica. Secondo i miei appunti erano presenti G. Michelin, E. Torracca, A. Di Meo, G. Marino, R. Todeschini, L. Paoloni, G. Del Re, F. Abbri, G.B. Marini Bettolo. Discussione programmatica e scelte organizzative si mescolarono inscindibilmente. Del Re favoriva la costituzione all'interno della SCI, così pure Michelin, che si riferì al Gruppo di catalisi; analoga posizione assunse Marino, che riprese l'ipotesi di un Gruppo interdivisionale. Totalmente avversa alla SCI, e per certi aspetti irremovibile, fu la posizione assunta da Paoloni, che in un lungo intervento sostenne che i rapporti con la SCI non ci avrebbero facilitato quanto ci ripromettevamo.¹²⁹ Una mediazione fu tentata da Del Re, che parlò di «rapporti con la SCI diplomatici ma stabili», e dallo stesso Marini Bettolo, che suggerì la soluzione del 'socio collettivo' per andare incontro ad una partecipazione alla SCI che pure riteneva necessaria. Del Bollettino e della sua redazione parlarono Torracca, Todeschini e Michelin, che suggerì di appoggiarlo ad una casa editrice; soluzione questa che parve troppo onerosa a Marino. Per quanto riguarda i contenuti culturali dell'attività del Gruppo Di Meo sottolineò la «tradizione empiricista della chimica italiana», un eufemismo rispettoso, che tradurrei brutalmente come «refrattarietà culturale dei chimici italiani». Di Meo sollevò anche la questione della collaborazione «ad un livello più generale con le altre discipline». Paoloni pose quello che chiamò «problema della rispettabilità del Gruppo», la cui soluzione consisteva principalmente nel pubblicare su riviste internazionali. Gettandomi in uno stato d'animo costernato, aggiunse anche che l'unico storico presente era Ferdinando Abbri. Per parte sua Abbri si mantenne fuori della mischia organizzativa, e parlò del catalogo dei carteggi degli scienziati italiani e della bibliografia degli studi italiani di storia della scienza. Quando fu il mio turno sostenni che il Bollettino dovesse essere uno strumento di «promozione disciplinare fra i chimici», e chiesi che si discutesse programmaticamente degli «orientamenti metodologici» della ricerca storiografica. Nel suo intervento Todeschini aveva dato un'indicazione precisa: «salvare gli archivi», e questo tema fu ripreso da Marini Bettolo come punto fondamentale per la futura attività del Gruppo. Marini Bettolo, la cui autorità appariva a tutti noi indubbia, concluse questa fase della discussione riprendendo l'ingiunzione di Paoloni di pubblicare su riviste qualificate.

Nel loro documento Todeschini, Del Re e Fiorentini avevano suggerito l'«organizzazione di un giro di conferenze divulgative dei soci nelle diverse sedi universitarie».¹³⁰ Io rielaborai la proposta sotto forma di un corso 'itinerante' di storia della chimica, articolato in lezioni a cura dei membri del Gruppo già 'spe-

¹²⁹ I miei appunti registrano anche un «No alla costituzione formale», che certamente fu superato, in quanto in seguito Paoloni fu il principale estensore dello statuto del Gruppo. Il Gruppo fu costituito con atti notarili di de Corato il 12 maggio 1986.

¹³⁰ Rif. 124.

cializzati' in particolari periodi storici. Gianni Michelon colse al volo la proposta, e 'impose' che la prima esperienza si facesse a Venezia, sotto l'egida del suo Gruppo di didattica delle scienze. Ricordo a questo punto che la serie di lezioni fu effettivamente realizzata, nella splendida Aula Magna «Silvio Trentin» dell'Università di Venezia, il 20-22 novembre 1986. Il mio ricordo è anche un giudizio, perché, una volta posto nella prospettiva degli anni successivi, quel 'corso' mi appare come il miglior esito pubblico dell'attività del Gruppo Nazionale di Fondamenti e Storia della Chimica.¹³¹

La riunione ufficiale del Gruppo non era stata priva di qualche momento di tensione, specie quando il discorso era girato intorno al problema dei rapporti con la SCI, ma al termine di essa ci trovammo immediatamente e fisicamente in un 'ambiente' totalmente diverso. La Martini & Rossi aveva provveduto all'allestimento impeccabile di un *cocktail* di benvenuto,¹³² che fu offerto sotto gli archi del loggiato sovrastante l'atrio dell'Istituto Chimico. Il loggiato è un luogo singolare, vigilato a vista da un fantasioso busto di Avogadro, e presidiato da tre grossi armadi che allineano centinaia di cilindri con tappo a smeriglio. Ciascuno di questi, grande o minuscolo che sia, contiene un campione dei composti sintetizzati con ossessiva ostinazione da Giacomo Ponzio negli anni '20 e '30. Il lungo incubo preparativo era a suo tempo terminato, con il pensionamento di Ponzio (1941), e al momento del Convegno gli armadi si erano ormai trasformati in uno sfondo adatto per un incontro fra chimici. Il *cocktail*, aiutato da generose dosi di aperitivi e di spumante, divenne subito animato, adatto a fraternizzare e a ciacolare (ricordo una piacevolissima conversazione con Virgilio Giormani). Nella cartellina congressuale i convenisti trovarono oltre ai soliti riassunti due mappe dettagliate. Alla prima erano

¹³¹ G. Michelon (a cura di), *La formazione scientifica nella scuola media superiore: introduzione alla storia della chimica*, Venezia: Gruppo di Didattica delle Scienze, s.d. Il volume, di oltre 350 pagine, dimostra la complessità della manifestazione voluta da Michelon. Il suo genio organizzativo aveva fatto emergere a Venezia e in terraferma un intero gruppo di cultori di storia della chimica, e, con gran delizia dei quattro relatori 'ad invito', aveva 'attirato' un vasto pubblico, tanto attento alle lezioni quanto esigente nei seminari. I quattro relatori e i periodi trattati furono: A. Di Meo (1660-1780), F. Abbri (1770-1820), E. Torracca (1830-1880), L. Cerruti (1871-1916). Nella prima corrispondenza scambiata dopo il convegno Michelon si schermiva: «potrei anche riuscire a predisporre le cose [...] resta il fatto che si tratta di un impegno organizzativo e finanziario non indifferente», ma in realtà era già tutto lanciato nella progettazione dell'evento; lettera di G. Michelon a L. Cerruti, Venezia 26 febbraio 1985. L'intestazione della lettera era complessa dimostrando la ricchezza culturale della collocazione di Michelon: «GRUPPO DI DIDATTICA DELLE SCIENZE. Università di Venezia. Facoltà di Chimica Industriale. Seminario di pedagogia della Facoltà di Lettere e Filosofia».

¹³² Il canale di contatto con le Pubbliche Relazioni della Martini & Rossi mi era stato aperto da Carlo Bicchi dell'Istituto di Chimica Farmaceutica, amico di vecchia data della mia compagna e mio. «Il Gruppo che qui rappresenta a livello organizzativo, Vi sarebbe esplicitamente obbligato se la Vostra Società potesse provvedere ad allestire il cocktail di benvenuto che si terrà dopo la reception il giorno 6 febbraio alle ore 17.30», lettera di L. Cerruti all'attenzione del Rag. Fara, Torino 5 novembre 1984.

sovrapposte delle «Istruzioni per la sopravvivenza» in cui indicavamo quattro «bar ben forniti di panini, pizzette, ecc. Da utilizzare anche negli intervalli»; erano segnalati anche quattro ristoranti, con costi valutati fra le 8.000 e le 15.000 lire, e commentati in 'stile Quintino Sella': «I prezzi vanno intesi per persone parche e sobrie, ma non ascetiche». La seconda mappa (v. Fig. 4, in Appendice) illustrava come raggiungere con i mezzi pubblici il ristorante della cena sociale.

Sull'andamento effettivo del Convegno non è il caso di dire molto, in quanto gli *Atti* che qui sono ristampati sono la migliore, anzi l'unica vera testimonianza del livello scientifico dell'incontro. Le sessioni si tennero nella magnifica Aula Magna dell'Istituto Chimico, e con grande piacere degli organizzatori i presenti nell'anfiteatro superarono sempre di gran lunga il numero degli aderenti al Convegno. Il programma reale seguì la scansione annunciata nel Programma cartaceo distribuito ai convenuti (v. Fig. 1, per il motto del Convegno e Fig. 2, per i titoli e i contenuti delle sessioni), con l'unica eccezione della comunicazione di Tugnoli Pataro, che non potè venire a Torino. La cena sociale si tenne la sera del 7 febbraio nel ristorante «Tre galline», posto in una zona popolare a ridosso del centro amministrativo e commerciale della città. Avevo scelto questo ristorante per poter far gustare al prezzo ragionevole di 30.000 lire le specialità locali. La cena fu apparecchiata per 35 invitati, inclusi 10 ospiti,¹³³ e si svolse in allegria, seguendo la lenta, inesorabile processione di piatti della cucina piemontese.¹³⁴ Per parte mia, da filosofo pratico, compensai con robuste bevute la mestizia esistenziale della mia comunicazione tardo-pomeridiana. Credevo, per altro, che gli aspetti conviviali facessero parte integrante delle vite di una comunità. Forse anche per questo mio atteggiamento 'societario' il biglietto con cui Marini Bettolo accompagnò i suoi documenti di viaggio fu particolarmente caloroso:

9.2.85

Caro Cerruti

grazie di cuore per tutto. Il Convegno penso sia stato un successo dovuto tutto a Lei. Le invio per il rimborso come d'accordo i biglietti del treno.

Molti cordiali saluti e arrivederci a Roma

Suo

GB Marini Bettolo

P S A giorni le manderò il testo redatto e scritto secondo le norme!

¹³³ Fra gli invitati ricordo Enzo Borello, Preside della Facoltà di Scienze MFN, e Umberto Maria Dianzani, Rettore dell'Università.

¹³⁴ Uno dei convegnisti torinesi criticò (privatamente) la scelta delle «Tre galline», per la modestia del locale, del servizio, e della cucina. A mia tardiva discolpa ricordo che le «Tre galline» sono tuttora citate in: P. Gho (a cura di), *Osterie d'Italia. Sussidiario del mangiare all'italiana*, Slow Food Editore, 1999, p. 83. Non ho trovato il luogo di edizione del *Sussidiario*, ma riporto l'incredibile indirizzo dell'editore: via della Mendicità Istruita, 45, Bra (Cuneo). Bra è al confine delle Langhe.

La preparazione degli *Atti* fu affrontata con Paola Antoniotti. Antoniotti aveva iniziato a lavorare con me nell'ambito di un progetto finanziato dalla Regione Piemonte per la Ricerca sanitaria finalizzata.¹³⁵ In seguito vinse il concorso per il dottorato di ricerca in chimica, e questo lungo periodo di collaborazione ci permise di fare ricerche di ampio respiro, sulla storia sanitaria torinese¹³⁶ e sulla storia della comunità dei chimici italiani.¹³⁷ Al Convegno Antoniotti aveva presentato i primi dati dell'indagine condotta all'Archivio della Città di Torino sull'intervento di chimici e medici per migliorare la dubbia potabilità dell'acqua distribuita nel capoluogo subalpino — da una impresa privata — alla fine dell'Ottocento.¹³⁸ A lei si deve tutto il lavoro di raccolta, messa in ordine e impaginazione dei contributi. Io mi interessai degli aspetti grafici, scegliendo una tavola tratta dalle ricerche di Macedonio Melloni sui 'raggi di calore'. A certi occhi attenti non sfuggì l'interesse di questa icona; al momento di ricevere gli *Atti* Giovanni Semerano mi scrisse: «Bello anche il frontespizio con la riproduzione delle esperienze del Melloni».¹³⁹ Oltre ad essere bella, la tavola mi permetteva di citare nel mio commento¹⁴⁰ il lavoro di Stella Nunziante Cesaro e Eugenio Torracca:¹⁴¹ un abbraccio in forma editoriale.

Gli aspetti economici della pubblicazione degli *Atti* si possono desumere dal bilancio che presentai all'inizio del 1986 al Consiglio di Amministrazione dell'Università di Torino.¹⁴² Il fondo attribuito per il Convegno era stato interamente devoluto alla stampa degli *Atti*, con i seguenti impegni di spesa:

Fotocomposizione del frontespizio presso la tipografia «Litterae»	75.000
Retinatura di una fotografia per la copertina presso «Litoexpress» ¹⁴³	80.000
Stampa degli <i>Atti</i> (300 copie) presso «Univercittà»	800.000
Totale	955.000

¹³⁵ In realtà, al momento del Convegno Antoniotti insegnava ancora all'ITIS E. Maiorana di Grugliasco. L'assegno di ricerca le fu assegnato ufficialmente solo nell'agosto 1985. Il progetto di cui fui responsabile era intitolato «Il controllo igienico sanitario a Torino durante il primo sviluppo industriale (1880-1920)».

¹³⁶ L. Cerruti, P. Antoniotti, «Aspetti scientifici, tecnici e amministrativi della vigilanza igienica a Torino (1880-1920)», *Sanità Scienza e Storia*, nn. 1-2, pp. 217-281 (1988).

¹³⁷ P. Antoniotti, L. Cerruti, M. Rei, «I chimici italiani nel contesto europeo, 1870-1900», in: V. Ancarani (a cura di), *La scienza accademica nell'Italia post-unitaria*, Milano: Angeli, 1989, pp. 113-190.

¹³⁸ P. Antoniotti, «Le acque potabili a Torino, tecnici vs. politici (1880-1900)», Rif. 1, pp. 149-153.

¹³⁹ Lettera di G. Semerano a L. Cerruti, Padova 19 marzo 1986; carta intestata «Accademia Nazionale dei Lincei. Il Cancelliere». Semerano cancellò con il bianchetto la scritta «Il Cancelliere».

¹⁴⁰ Rif. 1, retro del frontespizio.

¹⁴¹ S. Nunziante Cesaro, E. Torracca, «Correlazioni tra proprietà fisiche e struttura delle molecole: le origini della spettroscopia nell'infrarosso», Rif. 1, pp. 154-163.

¹⁴² Lettera di L. Cerruti al Consiglio di Amministrazione dell'Università di Torino, Torino 8 gennaio 1986.

¹⁴³ Il mio subconscio mi fece battere «Litoextress».

Nella lettera giustificavo il ritardo con cui presentavo il bilancio: «È in qualche modo da collegare alla stessa ampiezza dei contributi il ritardo con cui viene presentato questo rendiconto, in quanto le copie dei lavori da stampare in offset sono giunte 'alla spicciolata' fino agli inizi del mese di dicembre 1985». Di seguito aggiungevo: «Attualmente gli atti completi, di oltre 210 pp. sono in corso di stampa presso la tipografia di Univercittà». Questo 'ritardo' dei relatori e la mia volontà di pubblicare gli Atti nello stesso anno in cui era avvenuto il Convegno sono all'origine di una incongruenza — non rarissima nelle opere a stampa — fra la data di edizione (1985, in copertina e nel frontespizio) e data di stampa (febbraio 1986). Anche il bilancio complessivo del Convegno si chiuse in pareggio. All'attivo ponemmo le 2.190.000 lire incassate con le iscrizioni, mentre il passivo risultò di 2.188.000 lire, ripartito fra le spese di ospitalità ed altre spese minute.¹⁴⁴

5.3. Questioni professionali

Nella lettera sulla stampa degli *Atti*, inviata al Consiglio di Amministrazione e già citata, spiegavo anche quale sarebbe stata la diffusione immediata del volume: «le copie degli atti saranno inviate ai partecipanti, agli studiosi che ne faranno richiesta, alle riviste di Storia della scienza, italiane e straniere, con preghiera di recensione, ed infine alle biblioteche degli Istituti chimici e delle Istituzioni impegnate nella Storia della scienza in Italia e all'estero».¹⁴⁵

Ricevetti un cenno di ricevuta solo da alcuni degli intervenuti, fra cui i più eminenti: Sacconi mi scrisse: «la ringrazio e mi congratulo con lei per il bel risultato. Come inizio mi pare che si possa essere contenti»,¹⁴⁶ e Marini Bettolo confermò: «ricevo solo ora la bella pubblicazione e la ringrazio vivamente e le faccio molti complimenti per la sua attività».¹⁴⁷ I complimenti sono sempre graditi, ma al momento in cui Semerano,¹⁴⁸ Sacconi e Marini Bettolo si congratularono per la pubblicazione degli *Atti* vivevo ancora una volta una fase difficile della mia vita accademica, e quindi le loro lettere furono ancora più benvenute.

Per vari motivi, fra cui la ripresa delle mie difficoltà burocratiche, non potei essere accurato nel cercare sulle riviste di storia della scienza le recensioni degli

¹⁴⁴ All'Hotel Victoria furono ospitati G. Del Re, L. Sacconi, G.B. Marini-Bettolo, E. Bellone, L. Paoloni, F. Abbri. Per pura curiosità riporto l'elenco delle spese minute: francobolli (140.000), marche da bollo (40.000), cartellini per i convegnisti (64.000), regali al personale (56.000), compenso segreteria (100.000).

¹⁴⁵ Rif. 142.

¹⁴⁶ Lettera di L. Sacconi a L. Cerruti, Firenze 11 marzo 1986; carta intestata «Accademia Nazionale dei Lincei».

¹⁴⁷ Lettera di G.B. Marini Bettolo a L. Cerruti, Roma 5 marzo 1986; carta intestata «UNIVERSITÀ CATTOLICA DEL S. CUORE. Facoltà di Medicina e Chirurgia - Roma. Istituto di Chimica».

¹⁴⁸ Della risposta di Semerano dissi al Rif. 139.

Atti. Di una, comunque, val la pena di discutere, in quanto era piuttosto critica, e per certi aspetti scoraggiante. Christoph Meinel, l'autore della recensione, era reciso: «Eterogenei come temi e qualità, i contributi spaziano dal medioevo all'età contemporanea, dalle ricerche storiche specializzate e professionali alle reminiscenze personali di cattedratici».¹⁴⁹ In realtà la valutazione riduttiva delle testimonianze di Sacconi e di Marini Bettolo lasciava capire che il recensore le aveva lette un po' affrettatamente. Le tre paginette inviate da Sacconi erano tutt'altro che usuali: «non mi iscrissi mai al G.U.F., come facevano tutti, dico tutti i miei colleghi; non rivestii mai la camicia nera [...] Rimasi all'Università fino all'8 settembre 1943, quando ritornato a Firenze, presi il posto che mi competeva nella lotta antifascista compiendo tutto il mio dovere».¹⁵⁰ Il 'taglio' del contributo di Marini Bettolo era stato assai meno garibaldino, ma non meno interessante; fra l'altro, a proposito del suo trasferimento in Cile nel 1947, aveva scritto: «Non approvato dai miei Maestri bruciai così simbolicamente le navi che mi potevano riportare nell'Università alla quale approdai solo nel 1971 circa venticinque anni dopo. Malgrado tutto è stata un'esperienza, e non solo chimica ma umana, cui non rinuncerei anche oggi».¹⁵¹ Una bacchettata più severa fu data dal (re)censore *als ausländischer Leser*, in qualità di lettore straniero, deluso dallo scarso contenuto di 'italianistica' del Convegno. Meinel aveva conteggiato solo quattro comunicazioni, mentre in realtà i contributi su temi 'italiani' erano stati almeno nove, comprendendo le testimonianze dei due Maestri invitati, un buon numero rispetto ai 23 titoli presenti nell'indice.¹⁵² Il giovane storico tedesco incluse nella *Rezension* anche una statistica della provenienza *istituzionale* degli autori: «14 provengono dall'ambito professionale fisico-chimico, quattro dalla didattica delle scienze naturali, tre da istituti di filosofia o di filosofia della scienza, non uno solo (*kein einziger*) da una istituzione di storia della scienza — anche questo indicativo per la situazione della disciplina». Meinel lavorava allora all'Istituto di storia delle scienze naturali dell'Università di Amburgo, e da questo caposaldo istituzionale, ben addentro al territorio professionale, aveva

¹⁴⁹ C. Meinel, «Atti del I° Convegno di Storia della Chimica», *Berichte zur Wissenschaftsgeschichte*, 9, p. 255 (1986).

¹⁵⁰ L. Sacconi, «La Chimica di un autodidatta, ovvero Memorie di un incosciente», Rif. 10.

¹⁵¹ G.B. Marini Bettolo, «Cinquanta anni di chimica organica in laboratorio ed in aula», Rif. 11, alla p. 49. La sezione in cui Marini Bettolo raccontò il suo soggiorno in Sud America era intitolata: «La chimica in una nuova società». È certamente ironico che quindici anni dopo questa particolarissima testimonianza Meinel stia proprio organizzando un simposio su «Shifting Centres and Emerging Peripheries: Global Patterns in Twentieth-Century Chemistry». Il simposio è collocato nel contesto del XXI Congresso Internazionale di Storia della Scienza (Città del Messico, 2001), e il programma provvisorio include una comunicazione sulla cooperazione in campo chimico tra Francia, Venezuela e Messico; cito da un documento distribuito all'ultima riunione della Commissione competente della IUHPS/DHS, tenuta a Londra, Science Museum, 12 agosto 2000.

¹⁵² Ho constatato e contrastato spesso, in sede internazionale, la pretesa che ciascuno si faccia i fatti propri, ossia studi soltanto la storia patria.

percepito i nostri lavori come amatoriali. Era questo l'aspetto più serio (e scoraggiante) delle critiche dello studioso tedesco, in quanto riguardava un punto professionalmente delicatissimo, che — per altro — era stato implicitamente sollevato anche da Paoloni con la battuta sul numero di storici presenti alla riunione del Gruppo del 6 febbraio 1985 (*vide supra*).¹⁵³ Tomerò su questo punto nelle conclusioni, ma prima mi soffermerò per un'ultima volta sul mio destino professionale, raccontando un episodio la cui rilevanza diventa significativa se lo si considera proprio alla luce delle critiche di Meinel.

Per più di un anno, dopo la conclusione del Convegno, avrei dovuto ancora affrontare una fase inaspettata della lunga ordalia accademica iniziata nel 1981. Fase inaspettata solo per me, perché più di un esponente importante della comunità dei chimici mi aveva avvertito che la mia vita universitaria non sarebbe stata comunque facile. Lamberto Malatesta, ad esempio, mi aveva scritto:

Milano 16.1.1984

Caro Prof. Cerruti

[...] La sua attività di Storico della Chimica è molto interessante, e gli articoli che mi ha inviato sono ottimi sotto ogni punto di vista, e coprono un settore che in Italia risulta assai trascurato.

Mi auguro che Ella voglia procedere per questa via, anche se, purtroppo, le pubblicazioni in campo storico e della filosofia della scienza, sono male accolte e sottovalutate in sede concorsuale. È una situazione ingiusta, ma bisogna che chi intende seguire quella via, ne sia a conoscenza, evitando così gravi delusioni.

[...] Molto cordialmente

Prof. Lamberto Malatesta¹⁵⁴

In effetti le «gravi delusioni» paventate da Malatesta erano incombenti anche oltre la vicenda strettamente concorsuale. La comunicazione ufficiale della mia bocciatura al primo giudizio di idoneità (16 giugno 1983) mi raggiunse dopo che era già stato pubblicato il decreto ministeriale che indicava la seconda tomata di giudizi (26 aprile 1983). Ad Arcangelo Rossi, amico dei momenti difficili, scrissi il 7 luglio: «sono entrato in 'risonanza' e mi sto dando da fare per chiedere aiuto a tutti gli amici coinvolti in questa mia dannata avventura accademica. L'elenco dei quesiti e delle richieste che ti invio è assolutamente inverosimile, ma spero che, per amicizia, mi perdonerai».¹⁵⁵ Il 5 ottobre 1983 spedii la mia nuova domanda, per il raggruppamento di Chimica Generale e Inorganica. Anche allora faceva parte di una delle Commissioni un cattedratico di Torino, Olimpia Gambino, che fin dall'inizio mi disse con aria risoluta che questa volta non ci sarebbero stati problemi. Effettiva-

¹⁵³ Meinel fu invitato al V Convegno di Fondamenti e Storia della Chimica, che si tenne a Perugia nell'ottobre 1993. Da tempo sono in termini di amicizia con lo studioso tedesco, uomo di cultura e ottimo storico, e tuttavia il contrasto sulle 'comunità di riferimento' è rimasto intatto.

¹⁵⁴ Lettera di L. Malatesta a L. Cerruti, Milano 16 gennaio 1984; carta intestata «Università degli Studi. Dipartimento di Chimica Inorganica e Metallorganica».

¹⁵⁵ Rif. 76.

mente per quanto riguarda il giudizio di idoneità tutto andò liscio, i guai cominciarono quando chiesi di essere associato in Storia della Chimica. L'esperienza mi aveva reso guardingo, così cercai di 'monitorare' l'iter della mia pratica al Consiglio Nazionale Universitario, allertando un amico del Politecnico di Torino che ne faceva parte. Le notizie che mi forniva il mio uomo-a-Roma peggiorarono fino a divenire drammatiche: in nome dei superiori interessi del Paese si voleva 'darmi' Chimica per biologi (un 'fondamentale'), invece che la mia amata Storia della Chimica (un 'complementare'). Uno degli aspetti buffi della situazione era che ad essere particolarmente deciso in questa direzione era un membro del CNU eletto nella lista della CGIL, la mia CGIL. Notizie pessime mi giunsero nella tarda mattinata del 4 aprile 1986, dopo che avevo appena spedito a Marini Bettolo una lettera con diverso materiale allegato. L'insigne scienziato mi aveva gratificato della sua stima, e fiducioso mi rivolsi a lui: «le scrivo per informarla della situazione accademicamente molto delicata in cui ho scoperto di trovarmi, e per chiederle un aiuto probabilmente decisivo». Dopo aver elencato i tediosi dettagli della vicenda concludo in questi termini: «trovo veramente insopportabile vedere il mio destino professionale (e personale!) affidato all'anonima valutazione di una 'regola' che è stata violata mille volte. [...] Mi rivolgo quindi a lei nella convinzione che saprà trovare la strada migliore per farmi ottenere, ad un anno dalla conclusione del concorso, un titolo accademico coerente con le mie aspirazioni».¹⁵⁶ La breve risposta di Marini Bettolo era ricca di sottintesi rassicuranti: «grazie di tutto. Ho ricevuto le due lettere e vedrò da un amico che è al CUN cosa suggerisce. [...] Auguri per il suo lavoro nel campo della Storia della Chimica».¹⁵⁷

Il 6 settembre 1986 mi veniva comunicato dal Ministero che il mio 'accidente' accademico, accaduto nel lontano novembre 1981, aveva esaurito i suoi effetti: il 22 agosto era stato registrato alla Corte dei Conti il decreto che mi nominava «professore associato confermato per la disciplina Storia della Chimica».¹⁵⁸

6. Un racconto ermeneutico

Un auteur, ce n'est pas une personne.
Ph. Lejeune, *Le pacte autobiographique*, 1973 ¹⁵⁹

Mi sono sempre piaciuti i brani musicali in cui l'esecuzione si conclude a metà della battuta, per quell'attimo di tempo sospeso che creano nell'ascoltatore, ma qui

¹⁵⁶ Lettera di L. Cerruti a G.B. Marini Bettolo Torino 4 aprile 1986.

¹⁵⁷ Lettera di G.B. Marini Bettolo a L. Cerruti, Roma 21 aprile 1986; carta intestata «UNIVERSITÀ CATTOLICA DEL S. CUORE. Facoltà di Medicina e Chirurgia - Roma. Istituto di Chimica. Il Direttore». La piccola differenza con la carta intestata usata il 5 marzo (Rif. 147) potrebbe avere qualche significato.

¹⁵⁸ Lettera protocollata del Capo dell'Ufficio II, Direzione Generale per l'Istruzione Universitaria, a L. Cerruti, Roma 6 settembre 1986.

¹⁵⁹ Rif. 6, p. 23.

non ho potuto tacere sul 'lieto fine' delle mie pene accademiche, anche per riconoscenza nei confronti di Marini Bettolo. Ho però lasciato in sospeso almeno una parte del racconto, in quanto non sono giunto alla costituzione formale, notarile del Gruppo Nazionale di Fondamenti e Storia della Chimica. Per altro il compito storiografico che mi ero prefisso era limitato alla descrizione dei processi personali e collettivi che fecero confluire a Torino sia i relatori, il cui contributo è consegnato negli *Atti* che qui si ristampano, sia il pubblico del Convegno, la cui presenza è solo presunta dagli *Atti*. Se la storia — il discorso prodotto dallo storico — è essenzialmente narrazione (*Erzählung*, come direbbe Christoph Meinel), allora il racconto delle pagine precedenti non richiede nessuna particolare 'conclusione'. Può però essere opportuna qualche sottolineatura.

Mi pare evidente che non ci sarebbe stato nessun Convegno di Storia della Chimica, almeno non allora, se non fossero state attive (e aperte ai nuovi venuti) le due comunità scientifiche di storia della fisica e di didattica della chimica. La comunità di storia della fisica ha fundamentalmente posto il modello da imitare (da comunità a comunità); un modello autorevole per il livello dei suoi cultori e per quello dei suoi *patrons*. Essa aveva dimostrato che era possibile esistere come comunità, e — incidentalmente — costituì l'ambiente culturale in cui crebbi come storico. Nella comunità di didattica della chimica avevano operato, e operano tuttora, molti dei cultori di storia che dal I Convegno torinese in poi hanno dato contributi rilevanti alla storia della chimica in Italia. Seguendo questa linea di analisi si giunge a chiedersi quale debba essere la 'comunità di riferimento' di uno storico della chimica. Più volte, e anche recentemente,¹⁶⁰ sono intervenuto sulla questione. In realtà non vi può essere una risposta univoca perché la disciplina stessa è ambigua, chiedendo essa ai suoi cultori una doppia vocazione: per gli studi duri di chimica e per le pratiche severe della storiografia. L'ambiguità si estende anche alla valutazione degli esiti della ricerca, i cui aspetti metodologici possono essere apprezzati a pieno solo da altri storici, e i cui contenuti epistemologici possono essere compresi in profondità solo da altri chimici. Avendo scelto come collocazione accademica un Dipartimento di Chimica ho 'biograficamente' espresso la mia opinione più autentica, ma posso comprendere la posizione di Meinel (sezione 5.3.), dato che una frazione minima di chimici legge le riviste di storia della scienza, o i volumi collettanei dove si raccoglie gran parte della produzione scientifica degli storici. D'altra parte, se penso al «dovere civile» evocato da Paoloni (sezione 4.2.) e alle «considerazioni metascientifiche» richiamate da Del Re (sezione 3.2.), non posso fare a meno di considerare la comunità dei chimici come la 'naturale' destinataria dei lavori di storia e fondamenti della chimica, quali sono quelli raccolti negli *Atti* che ora l'Accademia dei XL ristampa. Si possono pensare varie soluzioni

¹⁶⁰ L. Cerruti, «*Free Electrons*. Lo sviluppo della chimica organica fisica, 1900-1940», in: F. Abbrì, M. Ciardi (a cura di), *Atti dell'VIII Convegno Nazionale di Storia e Fondamenti della Chimica*, Roma: Accademia dei XL, 1999, pp. 207-263.

concrete per l'ambiguità disciplinare della storia della chimica, ma ogni proposta mi sposterebbe verso la politica della ricerca, e non intendo fare il minimo passo in questa direzione.

Vorrei invece fare una seconda sottolineatura a proposito del materiale che ho utilizzato per il presente studio. Il mio archivio — modestissimo — è bastato per documentare una vicenda il cui respiro mi pare che vada oltre i miei casi personali. Sono convinto che altre ricerche, sugli archivi recenti di molti dei ricercatori che ho citato in questo saggio, potrebbero dare risultati di grande rilievo. Penso, ad esempio, a tutto quanto fu messo in moto nell'organizzazione del Congresso internazionale voluto dal collettivo di *Testi & Contesti* nel 1980, di cui ho parlato alla sezione 1.2., o nella preparazione del Convegno indetto da Gianni Michelon nel 1986, che ho presentato brevemente (in nota!) alla sezione 5.2. Anche gli archivi della Facoltà di Scienze MFN di Roma, e del suo Seminario di Storia della Scienza, potrebbero essere utili per documentare l'ampiezza dell'impegno culturale della Sede romana sui temi che qui ci hanno interessato. Il presente saggio ha fatto costante riferimento ad iniziative romane; la sezione 5.1. ha documentato in particolare l'ottima risposta *istituzionale* che venne da Roma proprio in occasione del Convegno. I motivi dell'eccellenza romana hanno a loro volta radici storiche, che andrebbero esplorate.

In chiusura del saggio riprendo il suo titolo, nella intensa versione tedesca di Goethe:

Auch Bücher haben ihr Erlebtes

ovvero, *anche* i libri hanno il loro vissuto.¹⁶¹ Ciò che qui ho inteso raccontare è *anche* una parte, minima s'intende, del vissuto di uno dei curatori degli *Atti del I Convegno*. Durante tutta la scrittura del saggio ho avuto presente che quel 7 febbraio 1985, nella comunicazione al Convegno, avevo trattato in termini filosofici e metodologici proprio il problema della biografia, giungendo alla conclusione che sempre e comunque ci sarebbe sfuggito il *senso-per-Se-stesso* del biografato, poiché abbiamo a disposizione sempre e solo tracce che rinviavano ad un *senso-per ...* Scrivevo allora: «Innanzitutto ci troviamo di fronte ad un immediato decentramento del senso. Esso è senso per ... Tutto e tutti chiedono la loro parte di senso: la famiglia, la setta, lo stato, la corporazione».¹⁶² Quanto affermavo a proposito della biografia è risultato non meno vero nel caso della scrittura autobiografica. Per altro, la scrittura stessa, ancor più della riflessione filosofica, mi ha convinto che stavo realizzando una procedura ermeneutica, secondo la quale venivo considerando frammenti del mio e dell'altrui passato alla luce della totalità del presente (il bacino di raccolta del passato). Se il mio attuale presente fosse stato diverso, altra sarebbe stata la mia interpretazione. Di qui il monito metodologico: «esaltando il

¹⁶¹ Rif. 2, loc cit.

¹⁶² L. Cerruti, «Aspetti filosofici e metodologici della biografia», in Rif. 1, pp. 75-82, alla p. 79; sottolineatura nel testo originale.

rapporto tra biografia ed ermeneutica diviene significativo proprio l'atto interpretativo, l'attribuzione di senso ad un atto biografico, lungo una strada promettente ma pericolosamente relativista». ¹⁶³ Tutto giusto, ma anche inevitabile, a meno di poter veramente mettere tra parentesi il mondo-della-vita in cui l'autobiografo si trova; per di più, è la scrittura stessa ad essere sempre e in ogni caso una pratica ermeneutica. Ma l'autobiografo si trova inaspettatamente avvantaggiato rispetto al biografo, in quanto «[c]onfederato sotto il nome proprio dell'autore, nell'autobiografia il soggetto si pluralizza fino a distruggere la sua consistenza, frantumata entro un "io" che nell'attimo in cui scrive critica l'io passato rivolgendogli con il "tu" e che talvolta lo vede così distante da considerarlo un "lui"». ¹⁶⁴ Forse proprio da questa 'frantumazione dell'io' può nascere quel tanto di oggettività che pure si trova nelle narrazioni autobiografiche (compresa la presente).

¹⁶³ F. Koch, «Biografia», in: *Dizionario di Storiografia*, Varese: Bruno Mondadori, 1996, p. 125.

¹⁶⁴ A. Battistini, *Rif.* 108, p. 12.

APPENDICE

Viene dato in questa appendice l'elenco dei partecipanti al I Convegno di Storia della Chimica (Torino, 7-8 febbraio 1985); sono inoltre riprodotti due documenti relativi allo stesso Convegno.

Partecipanti al I Convegno di Storia della Chimica

Abbri, Ferdinando	Dipartimento di Filosofia, Università di Firenze
Albertazzi, Pier Giorgio	ITIS Q. Sella, Biella
Antonione, Carlo	Istituto di Chimica Generale e Inorganica, Facoltà di Farmacia, Università di Torino
Antoniotti, Paola	ITIS Maiorana, Grugliasco (To)
Appendino, Giovanni	Istituto di Chimica Farmaceutica e Tossicologica, Università di Torino
Aruga, Roberto	Istituto di Chimica Analitica, Università di Torino
Battimelli, Giovanni	Dipartimento di Fisica, Università «La Sapienza» di Roma
Bellone, Enrico *	Università di Genova
Bellonino, Liliana	IT Femminile Clotilde di Savoia, Torino
Biagini Cingi, Marina	Università di Parma
Blezza, Franco	Istituto di Pedagogia, Università di Trieste
Blois, Vera	Istituto di Chimica Generale e Inorganica, Facoltà di Farmacia, Università di Torino
Bona Quaglia, Luciana *	Università di Torino
Bonardi Lorenzola, Iolanda	Vercelli
Breddo, Ugo	Vercelli
Brusa, Paola	Istituto di Chimica Farmaceutica Applicata, Università di Torino
Campioni, Marzia	ITI C.E. Gadda, Paderno D'Ugnano, (Mi)
Cancellieri, Paola *	Roma
Carrano, Antonio	Vercelli
Carusi, Paola	Università «La Sapienza» di Roma
Castiglioni, Mario	Istituto di Chimica Generale ed Inorganica, Università di Torino
Cerruti, Luigi	Istituto di Chimica Fisica, Università di Torino
Colella, Carmine *	Università di Napoli
D'Agostino, Salvatore	Dipartimento di Fisica, Università «La Sapienza» di Roma
Del Re, Giuseppe *	Università di Napoli
Di Meo, Antonio	Istituto Gramsci, Roma

Di Modica, Gaetano	Istituto di Chimica Organica Industriale, Università di Torino
Di Renzo, Francesco	Dipartimento di Chimica Industriale e Ingegneria Chimica, Politecnico di Milano
Dosio, Franco	Istituto di Chimica Farmaceutica Applicata, Università di Torino
Drago, Antonino *	Università di Napoli
Fabbri, Gianfranco	Università di Modena
Falcetto, Bruno	ITIS A. Volta, Lodi
Fassiano, Maria Roberta	ITIS L. Casale, Torino
Fiecchi, Alberto	Dipartimento di Chimica e Biochimica Medica, Università di Milano
Fiorentini, Carlo *	ITG Brunelleschi, Empoli (Fi)
Fochi, Giovanni	Scuola Normale Superiore, Pisa
Frignani, Alessandro	Centro Studi Corrosione, Università di Ferrara
Gaudio, Aldo	Istituto dell'Enciclopedia Italiana, Roma
Giormani, Virgilio	Centro Studi sui Biopolimeri, Istituto di Chimica Organica, Padova
Griseri, Giovanni	ITCG Ruffini, Imperia
Levi, Giulia	Civico IP F. Balbis, Torino
Levra, Umberto	Dipartimento di Storia, Università di Torino
Marini Bettòlo, G.B. *	Università Cattolica «Sacro Cuore», Roma
Marino, Gianlorenzo	Dipartimento di Chimica, Università di Perugia
Masino, Cristoforo	Accademia Italiana di Storia della Farmacia, Torino
Michelon, Gianni	Facoltà di Chimica Industriale, Università di Venezia
Monti, Patrizia	ITIS L. Casale, Torino
Nicolini, Marino	Università di Padova
Nicolini, Nicoletta *	Università di Roma «La Sapienza»
Nunziante Cesaro, Stella *	Centro di Termodinamica Chimica alle alte temperature, CNR, Roma
Olmi, Fabio	MPI, Scuola Secondaria Superiore
Orgera-Tirelli, Rosaria	IRRSAE Liguria, Genova
Plassa, Margherita	Istituto di Metrologia del CNR, Torino
Plossi, Maria Grazia	Istituto Centrale per la Patologia del Libro, Roma
Querzola, Ida Tiziana	Liceo Scientifico, Savona
Radice, Luigi	Ispettore tecnico settore scientifico, Sovrintendenza scolastica del Piemonte
Rando, Teresa	Liceo Scientifico Segré, Torino
Regis, Alberto	ITIS Q. Sella, Biella
Righetto, Zita	Liceo Scientifico Statale G.B. Quadri, Vicenza
Robotti, Nadia	Dipartimento di Fisica, Università di Genova
Rossi, Daniela	Istituto di Chimica Generale, Università di Genova

Sacconi, Luigi	Università di Firenze
Salio, Giovanni *	Istituto di Fisica Generale, Università di Torino
Sardo, Arduina	IP Alberghiero di Stato, Torino
Semerano, Giovanni *	Accademia dei XL
Severino, Patrizio *	Università di Napoli
Soldati, Renata	Scuola Madre Mazzarella, Torino
Tira, Sergio	Università, Torino
Todeschini, Roberto	Dipartimento di Chimica Fisica ed Elettrochimica, Università di Milano
Tomba, Mariangela	ITC Marro, Moncalieri (To)
Torracca, Eugenio *	Dipartimento di Chimica, Università di Roma «La Sapienza»
Turchio, Andrea *	Laboratorio di didattica delle scienze, Facoltà di Scienze MFN, Università «La Sapienza» di Roma
Vidali, Rosanna	IT Capitini, Ivrea (To)
Zanderighi, Gianmaria	Dipartimento di Chimica Inorganica e Metallurgia, Università di Milano
Zappalà, Antonio	Istituto Nazionale per la Grafica, Roma

* Di questi partecipanti, per motivi diversi, non esiste una scheda di iscrizione. La stesura di questa lista, che comprende 75 nomi, è stata quindi fatta anche sulla base di altra documentazione, fra cui gli elenchi degli ospiti presso la residenza dell'Università di Torino, in via Verdi (A. Gaudiano, C. Fiorentini, E. Torracca e A. Turchi (stanza doppia), C. Colella, S. Nunziante Cesaro, P. Cancellieri). Il caso di Nicoletta Nicolini, della cui presenza ero comunque certo, si è risolto quando su una cartellina ho letto un appunto di Ivana Chiantia: «Nicolini Nicoletta dichiarazione partecipazione convegno». Benedetta burocrazia.

G.N.F.S.C.
Gruppo Nazionale di Fondamenti e Storia della Chimica

S.C.I., Divisione di Didattica Chimica

S.C.I., Sezione piemontese

I° CONVEGNO DI STORIA DELLA CHIMICA

*At memoria minuitur...
nisi eam exerceas.
De senectute, VII.*

Torino, 7-8 febbraio 1985
Istituti chimici
C. so M. D'Azeglio 48

Fig. 1 - I Convegno di Storia della Chimica. Frontespizio del Programma con il motto del Convegno.

Giovedì 7 Febbraio

9.00 Registrazione

SESSIONE INAUGURALE

9.15 Indirizzi di saluto del Preside della Facoltà di Scienze M.F.N.,
prof. E. Borello e del Magnifico Rettore dell'Università di Torino
prof. M. U. Dianzani

G. DEL RE: Presentazione del Convegno

9.45 F. ABBRI: Teorie e ricerche sperimentali nella chimica del '700
E. BELLONE: E. Rutherford e la natura delle particelle alfa

11.45 Intervallo

SULL'ALCHIMIA

12.00 L. BONA QUAGLIA, S. TIRA: Prescrizione "Ut auro scribatur"
di un codice piemontese dell'undicesimo secolo

P. CARUSI: La tradizione 'araba' di Ermete Trismegisto e i
contenuti delle scienze alchemiche

MEMORIA / STORIA

15.00 L. SACCONI: La chimica di un autodidatta

G. B. MARINI BETTOLO: Cinquant'anni di chimica organica in
laboratorio e in aula

17.00 Intervallo

17.15 A. TURCHI: Note sulle vicende dell'Istituto Italiano di Storia
della Chimica

A. GAUDIANO: Le biografie dei chimici nel "Dizionario Biogra-
fico degli Italiani" edito dalla "Enciclopedia Italiana"

L. CERRUTI: Aspetti filosofici e metodologici della biografia

CHIMICA E FISICA, UN AMORE ACERBO

18.20 A. DI MEO: Modelli analogici, statuti scientifici e immagini del-
la scienza nella chimica del XVIII secolo

S. TUGNOLI PATTARO: Le ricerche calorimetriche di Lavoisier:
principi epistemologici e indagine empirica

Venerdì 8 febbraio

GIA' NEL '700

9.00 V. CIORMANI: Le vicende della cattedra di chimica a Padova
dal 1726 al 1749

C. FIORENTINI: Le teorie dell'affinità di Bergman e Berthollet

G. LEVI: Che dire di Proust: uno 'scopritore' o un chimico?

G. DI MODICA: Un concorso di Chimica Tintoria del 1790

10.40 Intervallo

TEMI DI CHIMICA CLASSICA

11.00 A. TURCHI: Alle origini della stereochimica

E. TORRACA: Le densità gassose 'anomale' e la teoria atomico-
molecolare

P. ANTONIOTTI: Le acque potabili a Torino, tecnici vs. poli-
tici (1880-1900)

S. NUNZIANTE CESARO, E. TORRACA: Correlazione fra prop-
rietà fisiche delle sostanze e struttura delle molecole: le ori-
gini della spettroscopia nell'infrarosso

N. ROBOTTI: Analisi spettroscopica e prime indagini sulla
struttura atomica: integrazione fra problemi chimici e proble-
mi fisici

SESSIONE SUI FONDAMENTI

15.00 L. PADLONI: Costruzione assiomatica della chimica: chimica
classica e chimica contemporanea

16.00 R. TODESCHINI: E' vera chimica? Il problema del riduzionismo

G. SALIO: I fondamenti della termodinamica classica nella for-
mulezione di Bronsted

P. SEVERINO: Meccanismi di reazione e spiegazione chimica

16.45 Intervallo

17.00 F. BLEZZA: Epistemologia e scuola dell'obbligo: la Chimica
nelle Scienze Integrate

A. DRAGO: Aspetti della storia del rapporto chimica-matematica

G. DEL RE: Spiegazione scientifica e spiegazione chimica

CONCLUSIONE DEL CONVEGNO

18.15 G. MARINO: Un arrivederci

Fig. 2 - I Convegno di Storia della Chimica. Il programma della quattro sessioni.

Il 1° Convegno di Storia della Chimica è organizzato dal Gruppo Nazionale di Fondamenti e Storia della Chimica, con il patrocinio della Società Chimica Italiana, Divisione di Didattica chimica e Sezione piemontese. Il programma prevede contributi di studiosi di formazione 'umanistica' e di formazione 'scientifica', fisici e chimici, attivi nella ricerca storico-critica e sui fondamenti. Nella prospettiva di un comune impegno di lavoro, il Convegno si propone come luogo di incontro per quanti si interrogano sulle radici storiche e conoscitive delle discipline chimiche.

Comitato scientifico:

Luigi Cerruti, Università di Torino
Giuseppe Del Re, Università di Napoli
Leonello Paoloni, Università di Palermo

Segreteria organizzativa:

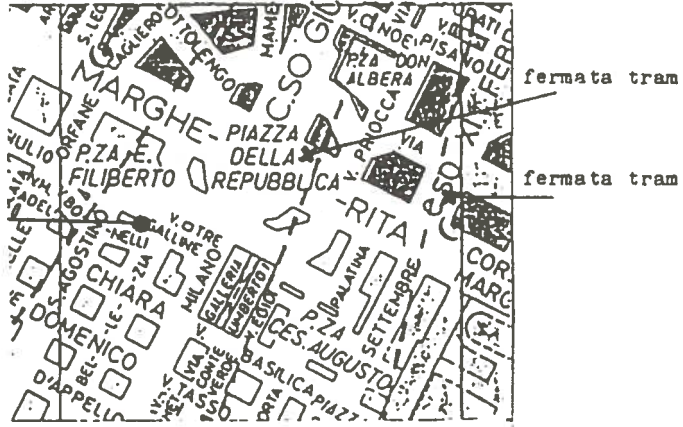
Ivana Chiantia
Istituto di Chimica Fisica dell'Università
C. so M. D'Azeglio 48
10125 Torino
tel. 011 - 6505102 / 688634

La segreteria del Convegno inizierà le registrazioni alle ore 17.30 di mercoledì 6 febbraio. Alle ore 18 dello stesso giorno il G.N.F.S.C. offrirà un cocktail di benvenuto ai partecipanti al Convegno.

Stampa Università

Fig. 3 - I Convegno di Storia della Chimica. Proposta culturale e dettagli organizzativi

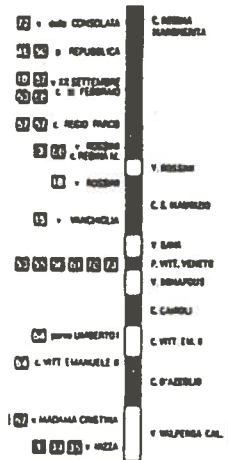
Ristorante
 "Tre galline"
 v. Bellezia 37



percorso tram
 n. 18



percorso tram
 n. 16



Il tram n. 18 è facilmente raggiungibile
 dagli alberghi Plaza e Giotto in v. M. Cristina,
 dal Victoria in v. Accademia Albertina, dal
 pensionato universitario in v. Rossini.

Fig. 4 - I Convegno di Storia della Chimica. Istruzioni per la cena sociale.

RIPRODUZIONE ANASTATICA

Gruppo Nazionale di Fondamenti e Storia della Chimica
S.C.I., Divisione di Didattica Chimica
S.C.I., Sezione piemontese

ATTI
del
I° CONVEGNO
DI STORIA DELLA CHIMICA

a cura di
Paola Antoniotti e Luigi Cerruti

TORINO
1985

La copertina riproduce la tavola III annessa al volume LV (1833) degli Annales de Chimie e de Physique. Essa illustrava la memoria di Macedonio Melloni (1798-1854) sulle "Modifications que subissent les transmissions calorifiques par le Changement de la Source rayonnante" (v. in questi Atti la comunicazione di S. Nunziante Cesaro e di E. Torracca, pp.154-163). In fig. 1 sull'asse M è riportato lo spessore degli schermi di vetro frapposti fra la sorgente e il rivelatore, sull'asse N è data la percentuale di "raggi di calore" trasmessi; le curve corrispondono alle quattro sorgenti di diversa temperatura utilizzate da Melloni. Con la disposizione della fig.2 venne dimostrato che i raggi calorifici emessi da una lamina di rame (a destra, riscaldata dal calore emesso da un recipiente colmo di acqua in ebollizione) sono diffratti da un prisma di salgemma; il rivelatore posto all'estrema sinistra consiste in una pila termoelettrica opportunamente schermata, in modo che il galvanometro (non mostrato in figura) risponda solo per una specifica posizione del prisma, e non per l'irraggiamento diretto dello schermo. Nella fig. 3 una "pila termo-elettrica M di 15 copie" è posta su un dispositivo mobile che permette di determinare la risposta del galvanometro in funzione dell'angolo di rifrazione dei raggi calorifici; spostando la pila lungo il cerchio graduato Melloni stabilì che il massimo della deviazione del galvanometro si aveva per angoli di rifrazione che dipendevano dalla temperatura della sorgente.

RINGRAZIAMENTI E INTENZIONI

Nei giorni dal 6 all'8 febbraio si è tenuto a Torino il I Convegno di Storia della Chimica. Un'ottantina di partecipanti, due dozzine di comunicazioni scientifiche dimostravano che l'ipotesi di far rifiorire la Storia della Chimica in Italia aveva qualche fondamento. Il nostro ringraziamento va quindi a quanti con il loro contributo hanno reso il Convegno un luogo di incontro, di ricerca e di amicizia. Fra essi nominiamo solo tre Colleghi, per la 'singolarità' della loro presenza. Luigi Sacconi e G. B. Marini Bettolo hanno accettato di portare una testimonianza diretta sulla loro biografia in una sessione intitolata Memoria/Storia, sessione che vorremmo mantenere attiva nei prossimi convegni invitando altri rappresentanti eminenti della comunità dei chimici italiani. Citiamo inoltre Enrico Bellone perché in questi "Atti", secondo il nostro accordo preliminare, non c'è traccia di quei primi affascinanti risultati del suo studio su "Rutherford e la natura delle particelle alfa" che ci vennero esposti in una delle conferenze inaugurali. Altri ringraziamenti vanno all'Istituto di Chimica fisica, che ha retto lo sforzo organizzativo; alla Facoltà di scienze M.F.N., che ci ha ospitato; all'Università di Torino, per il contributo di un milione (l'unico che abbiamo ricevuto); al Comune di Torino, che tramite Univercittà ha favorito la pubblicazione di questi "Atti".

Dopo i ringraziamenti le intenzioni. Secondo le parole con cui Gianlorenzo Marino chiuse il Convegno: arrivederci e buon lavoro!

P.A. L.C.
Istituto di Chimica fisica
c.M.D'Azeglio 48
10125 Torino

INDICE

F. ABBRI Tradizioni chimiche nel settecento	Pg.	1
L. BONA QUAGLIA, S. TIRA Prescrizione "Ut auro scribatur" di un codice piemontese dell'undicesimo secolo	"	24
P. CARUSI La tradizione 'araba' di Ermete Trismegisto e i contenuti delle scienze alchemiche	"	32
L. SACCONI La Chimica di un autodidatta ovvero Memorie di un incosciente	"	39
G. B. MARINI BETTOLO Cinquant'anni di chimica organica in laboratorio e in aula	"	42
A. TURCHI Note sulle vicende dell'Istituto Italiano di Storia della Chimica	"	61
A. GAUDIANO Le biografie dei chimici nel "Dizionario Biografico degli Italiani" edito dalla "Enciclopedia Italiana"	"	68
L. CERRUTI Aspetti filosofici e metodologici della biografia	"	75
A. DI MEO Modelli analogici, statuti scientifici e immagini della scienza nella chimica del XVIII secolo	"	83
S. TUGNOLI PATTARO Le ricerche calorimetriche di Lavoisier: principi epistemologici e indagine empirica	"	91

V. GIORMANI		
Le vicende della cattedra di chimica a Padova dal 1726 al 1749	Pg.	99
C. FIORENTINI		
La teoria dell'affinità chimica in Berthollet	"	107
G. LEVI		
Che dire di Proust: una legge o un chimico?	"	116
G. DI MODICA		
Un concorso di chimica tintoria del 1790	"	123
A. TURCHI		
Le origini della stereochimica: la tradizione cristallografica francese e l'opera di J. A. Le Bel	"	128
E. TORRACCA		
Le densità gassose "anomale" e la teoria atomico- molecolare	"	138
P. ANTONIOTTI		
Le acque potabili a Torino, tecnici vs. politici (1880-1900)	"	149
S. NUNZIANTE CESARO e E. TORRACCA		
Correlazioni tra proprietà fisiche e struttura delle molecole: le origini della spettroscopia nell'infrarosso	"	154
N. ROBOTTI		
Analisi spettroscopiche e prime indagini sulla struttura atomica: integrazione tra problemi chimici e problemi fisici	"	164
L. PAOLONI		
Costruzione assiomatica della chimica: chimica classica e chimica contemporanea	"	172
G. DEL RE e P. SEVERINO		
Meccanismi di reazione e spiegazione chimica	"	188
F. BLEZZA		
Epistemologia e scuola dell'obbligo: la chimica nelle scienze integrate	"	192
A. DRAGO		
Aspetti della storia del rapporto chimica- matematica	"	200

FERDINANDO ABBRI (x)

TRADIZIONI CHIMICHE NEL SETTECENTO

Nel 1703 Georg Ernst Stahl (1659-1734), professore di materia medica all'Università di Halle, enunciava una tesi molto importante relativa al tipo di spiegazione da adottare in chimica. Scriveva infatti che ove un sale (un acido) venga specificato come misto costituito da una o più particelle terrose e da una o più particelle acquose, si è in presenza di un concetto reale perchè è noto ciò che è terra e ciò che è acqua. In base a questa definizione è possibile preparare un acido in laboratorio e si apprende che un simile misto può e deve essere risolto in terra e in acqua. Se si afferma invece che un acido è composto da particelle acuminate, più lunghe che larghe si offrono criteri che rendono impossibile l'insegnamento e la pratica chimica (1).

Queste affermazioni erano rivolte contro la visione meccanicistica dei mutamenti chimici che fondava le sue spiegazioni sulla deduzione di ipotetiche forme particellari a partire dai dati macroscopici. Questa visione aveva conosciuto una grande fortuna nel Seicento. Nel 1675 Robert Boyle aveva sottolineato l'importanza della chimica in quanto disciplina subordinata alla "physics", alla "corpuscular philosophy" e in questo stesso anno Nicolas Lémery aveva pubblicato il Cours de chymie, nel quale il meccanicismo

(x) Dipartimento di Filosofia - Università di Firenze.

chimico aveva trovato la formulazione più compiuta (2).

La polemica di Stahl contro il riduzionismo si rovesciava nell'affermazione di un tipo di conoscenza che doveva essere fondato su principi portatori di qualità, i soli che risultavano in grado di fornire una base razionale alla chimica, ad una disciplina volta allo studio dei processi naturali "profondi" e capace di fornire conoscenze di valore pratico.

L'approccio stahliano era modellato su una precisa filosofia della natura che aveva come tema centrale il rapporto tra meccanico ed organico, ovvero i fondamenti della fisiologia. Tra il 1706 e il 1707 Stahl pubblicò due dissertazioni dal titolo Disquisitio de Mechanismi et Organismi diversitate e De Vera Diversitate Corporis Mixti et Vivi, nelle quali criticava la tradizione iatromeccanica poichè riteneva che i fenomeni degli organismi viventi non potessero essere ricondotti ai soli movimenti (3). Nella Theoria medica vera (1708) chiarì che il corpo era una macchina guidata dall'anima, che costituiva la fonte della sua attività, capace di alterare i movimenti quanto a direzione e quantità. I meccanismi erano strumenti di un agente immateriale e l'uomo venne visto come un corpus guidato e regolato da un'anima (4). L'adozione del "vitalismo" in fisiologia e dell'essentialismo in chimica implicava la considerazione dei movimenti e dei corpuscoli come strumenti e non come elementi in grado di fondare queste due discipline (5).

A partire dal 1713 Stahl, divenuto medico del Re di Prussia, portò avanti una vigorosa campagna per la diffusione delle sue concezioni e del suo approccio utilitaristico alla chimica. Nel giro di pochi anni i suoi allievi (J. Juncker, G. Rothe, J.H. Pott, J.F. Henckel) arrivarono a dominare le principali istituzioni accademiche ed universitarie della Germania. Grazie allo stahlismo la scienza tedesca conobbe una crescita sorprendente ed entrò ben presto in competizione con la chimica francese, il cui status scientifico era stato pienamente sanzionato nel 1699 con la riforma dell'Académie royale des sciences di Parigi.

Nella concezione di Stahl la polemica contro il meccanicismo e il ricorso a principi qualitativi si sposano con la rivendicazione della autonomia e della razionalità della chimica, con la sottolineatura della sua rilevanza sociale. Stahl cercò di favorire l'affermarsi di una immagine della chimica come scienza naturale indipendente, profonda ed utile, degna perciò di essere sostenuta dai sovrani (6). Riuscì a raggiungere un risultato storicamente significativo. La chimica era nata, grazie a Paracelso, come arte subordinata alla medicina perchè i suoi compiti erano essenzialmente farmaceutici. Per Stahl la preparazione dei medicinali costituiva invece un aspetto marginale. Le conoscenze chimiche dovevano essere utilizzate soprattutto per comprendere e perfezionare la mineralogia, la metallurgia, l'arte della distillazione, la fabbricazione di porcellane, del vetro e molte altre attività manifatturiere ed artigianali.

Questa nuova immagine della scienza favorì in modo impressionante la fioritura della chimica analitica e tecnologica tedesca e svedese, che non nobbero rivali in Europa sino alla fine del Settecento. Alla metà del secolo gli enciclopedisti francesi sentirono l'esigenza di rendere disponibile, mediante traduzioni, la grande trattatistica tedesca e svedese(7).

nella filosofia di Stahl sono rintracciabili aspetti metafisici, mistici

e paracelsiani, tuttavia il medico tedesco pose particolare cura nel differenziarsi dagli alchimisti. Nel 1723 egli scriveva che la chimica era stata, per oltre due secoli, il dominio dei ciarlatani, degli impostori che promettevano di fabbricare l'oro, di individuare arcani e rimedi universali. Gli alchimisti avevano trasformato la chimica in una disciplina irrazionale ed occulta. Alcuni naturalisti onesti, i lavori delle miniere e la metallurgia avevano tuttavia fornito esperienze degne di attenzione in quanto socialmente utili (8).

Stahl rifiutò il paracelsismo e l'alchimia perchè si affidavano ad una sperimentazione confusa e non a quella razionale: l'attività alchemica era moralmente inaccettabile in quanto era rivolta alla sola trasmutazione dei metalli in oro ed era nociva sul piano civile perchè non privilegiava le indagini utili. La sua polemica contro la tradizione magico-alchemica derivava dalla convinzione che la chimica è un'arte di utilità generale, non un sapere riservato. Tale polemica faceva parte di un programma politico-scientifico preciso, che aveva implicazioni di carattere ideologico.

Stahl individuò la fonte delle sue concezioni nelle opere di J.J. Becher. Scrive infatti: "Senza voler togliere a nessuno il tributo di lodi che gli è dovuto, non posso esimermi dall'affermare che non conosco nessun autore che abbia parlato nel modo più soddisfacente e più chiaro delle sostanze del regno minerale, della loro combinazione e dei loro principi del celebre Becher" (9). L'atteggiamento qui assunto merita di essere attentamente considerato perchè l'opera di Becher appartiene a quella tradizione paracelsiana duramente criticata da Stahl. Il programma stahliano a favore di una chimica come scienza razionale ed utile non deve far trascurare le radici storiche delle sue concezioni che vanno individuate nella "filosofia chimica". Nelle pagine che seguono cercherò di illustrare alcune caratteristiche della chimica tedesca, delle concezioni di Becher (che valgono a chiarire il senso dell'operazione stahliana) e di mostrare la complessità della cosiddetta teoria del flogisto.

1. Nel 1597 Andreas Libavius (Libau, c. 1540-1616) pubblicò la Alchemia, nella quale la chimica era presentata come scienza indipendente (dotata di metodi e concetti propri e di uno specifico dominio), che doveva configurarsi come un corpus di conoscenze chiaro, non equivoco, suscettibile di insegnamento metodico. Nel 1603 apparve in tedesco in forma abbreviata e nel 1606, in forma ampliata, con il titolo di Alchymia. Non si tratta soltanto di un'enciclopedia rinascimentale delle operazioni e dei recipienti in uso nelle varie arti chimiche, ma di una sorta di "manuale" che favorì l'emergere della "disciplina" chimica, cioè di un campo autonomo del sapere, codificabile e trasmissibile mediante insegnamento (10).

Le idee di Libavius esercitarono un'influenza capillare nella Germania protestante e tale influenza vale forse a spiegare perchè la filosofia meccanica non conobbe una grande fortuna tra i chimici tedeschi. A queste idee vanno sommati poi l'eccezionale rilievo assunto in Germania dagli sviluppi tecnologici in settori di pertinenza della chimica e la capillare penetrazione delle concezioni paracelsiane.

La filosofia di Paracelso svolse un ruolo decisivo per la nascita delle moderne scienze chimico-mediche e rappresenta perciò un capitolo importante

della cultura scientifica del Seicento. Si impone dunque una ricostruzione storica che non si limiti a contrapporre rigidamente filosofia meccanica e filosofia chimica e a considerare quest'ultima una manifestazione di irrazionalismo (11). Occorre soprattutto tener conto delle peculiarità delle scienze sperimentali rispetto a quelle fisico-matematiche. La chimica come disciplina autonoma sorse da un terreno, da un contesto intricatissimo. Una impostazione ermetica, metafisica era associata all'assegnazione di un ruolo privilegiato all'osservazione, alla sperimentazione chimica e le prese di posizione dei paracelsiani esercitarono un peso non indifferente per la nascita di un nuovo modo di considerare la pratica operativa.

Tra il 1646 e il 1650 il chimico tedesco Johann Rudolph Glauber (1603-1670) pubblicò i Furni novi philosophici oder Beschreibung einer neu-erfundenen distillir-Kunst, nei quali si ritrova una precisa descrizione delle operazioni di chimica pratica. In quest'opera Glauber descrisse la preparazione degli acidi minerali concentrati (cloridrico, nitrico e solforico) e dei sali da essi derivati (12). I Furni conobbero una grandissima diffusione e i baconiani inglesi richiesero consigli tecnico-pratici a Glauber tanto che le opere di quest'ultimo fornirono un contributo rilevante per l'affermazione della chimica come scienza empirica (13). Glauber era assai sensibile alle questioni di carattere politico, economico e tecnico. Tra il 1656 e il 1661 pubblicò un'opera (in sei parti, con una lunga appendice alla quinta parte) dal titolo Dess Teutschlandts-Wolfahrt, nella quale si occupò dei problemi alimentari ed economici della Germania. Egli era convinto che il suo paese fosse potenzialmente il più ricco d'Europa quanto a risorse e che fosse necessario garantire il suo benessere ricorrendo alle conoscenze teorico-pratiche offerte dalla filosofia chimica. Quest'ultima poteva garantire l'eliminazione dell'alternanza tra periodi di prosperità e di carestia e lo sviluppo di nuove tecniche produttive e militari (14).

L'aspetto pratico ha un ruolo determinante nelle concezioni di Glauber, ma queste ultime sono comprensibili solo alla luce del paracelsismo. Opere di orientamento tecnico come i Furni o la Prosperità della Germania sono il risultato della svolta impressa alla storia della chimica dal "Monarca del Nord", da Paracelso.

Nel sistema di Glauber il "sale" occupa una posizione centrale. Nel 1658 così definiva la chimica: "Alchymia est scientia, & ars immatura, & impura metalla, per ignem & salem destruendi, purgandi & singularem artificium puriorem partem in meliorem formam, ac speciem convertendi, secundum verba Paracelsi dicentis; Omne aliquid in nihilum & omne nihilum in aliquid convertendum est" (15). Nel Tractatus de natura Salium (1658) affermò che esistono nel mondo due creature divine, il fuoco e il sale: il primo è l'elemento superiore, il secondo è l'elemento inferiore del cosmo, il simbolo dell'eternità, il principio della vita del mondo, il portatore dei semi astrali (16). Ma la considerazione del "sale" come agente metafisico, come struttura portante di una visione filosofica del cosmo e dei suoi processi si traduce in uno studio attento della classe delle sostanze saline. Non a caso Glauber fornì indicazioni per preparare acidi e sali veri e propri, studiò attentamente il salnitro ed arrivò ad isolare il sal mirabile (solfato di sodio), una delle medicine più popolari del tempo. Il principio

"In Sole et Sale Omnia" è il cardine di una metafisica perchè la critica alle concezioni aristoteliche non portò i chimici ad abbandonare speculazioni filosofiche, bensì ad elaborare una nuova filosofia che fosse in accordo con le loro esigenze mistiche e pratiche. I suggerimenti provenienti dal mondo artigianale, la crescita della tecnologia (che portò ad un formidabile incremento della produzione di sostanze chimiche primarie rispetto all'antichità (17)), l'attività di laboratorio e l'interesse per l'applicazione pratica delle conoscenze sono connessi, nella cultura del Seicento, ad una vera e propria visione "chimica" del mondo, ad una particolare immagine della natura.

L'atteggiamento assunto da Glauber verso la realtà naturale si ritrova in Johann Joachim Becher (1635-1682). Figlio di un pastore luterano, Becher pubblicò nel 1654 una sua prima opera dedicata alla pietra filosofale (18). Dopo un lungo viaggio attraverso la Svezia, l'Olanda, la Germania e l'Italia si stabilì nel 1657 a Magonza, dove si convertì al cattolicesimo. Nel 1661 si laureò in medicina e nel 1663 divenne professore di materia medica all'Università di Magonza e medico dell'Elettore. Operò in seguito, come medico, matematico, consigliere economico (fu il maggior teorico tedesco del mercantilismo del tempo) e consulente tecnico per le miniere in Baviera, a Vienna, presso la corte dell'imperatore Leopoldo I, in Olanda e in Inghilterra (19). Le sue "invenzioni" richiamarono l'attenzione di H. Oldenburg (che incontrò Becher a Magonza), G.W. Leibniz, E. Ashmole e la sua proposta al governo olandese di estrarre l'oro dalla sabbia del mare per fusione costituì un oggetto di discussione tra i savants del tempo. Il 14 maggio 1678 G.H. Schuller informò, da Amsterdam, Leibniz delle proposte fatte da Becher e l'8 settembre Leibniz scriveva a Huygens: "Vous aurés entendu parler de l'entreprise de M. Becher en Hollande, de tirer l'or du sable. Il y a des personnes qui en ont bonne opinion" (20).

Becher era un vero esperto di metallurgia pratica, di arti meccaniche, criticò l'eccessivo interesse dei chimici per la fabbricazione dell'oro, ma ritenne possibile realizzare le trasmutazioni. I metalli perfetti potevano essere istantaneamente prodotti una volta che l'operatore avesse avuto a disposizione i principi richiesti. Nel 1682 pubblicò il Chymischer Glücks-Hafen contenente la descrizione di 1500 processi chimici, tra i quali si ritrovano anche ricette per l'ottenimento della pietra filosofale. Nella terza edizione di quest'opera (1755) vennero stampati, come premessa, i Bedencken von der Gold=Macherey (1726) di Stahl (21).

Appare chiaro che Becher apparteneva pienamente alla tradizione alchemico-paracelsiana. Presso la corte di Leopoldo I svolse le funzioni di vero e proprio consulente imperiale per l'alchimia. Nel 1680 pubblicò infatti a Londra un'opera dal titolo Magnalia Naturae, or the Philosopher-Stone Lately expos'd to publick Sight and Sale, nella quale illustrava e difendeva le ricerche alchemiche di Johann Wenzel Seiler, un frate moravo che aveva operato presso la corte viennese (22). Nel 1680 Ashmole annotava a proposito della trasmutazione, della proiezione alchemica: "But much more by Wenceslaus Seilerus, so frequently & openly made at Vienna, as appears by a Tract entituled Magnalia Naturae ... by John Joachim Becher one of the Emperours Councill, and a Commissioner for the Examen of that Affaire. Printed at London 1680" (23).

Becher teorizzò e riconobbe l'importanza della pratica alchemica sia sul

piano conoscitivo sia su quello pratico. Sorge spontanea una domanda: perchè Stahl vide nell'opera di Becher un momento del rinnovamento della chimica? La risposta impone qualche considerazione sulle teorie chimiche becheriane.

La prima vera opera chimica di Becher è l'Oedipus Chemicus del 1664 nel quale vengono specificati i concetti di materia prima, elementi, principi e vengono illustrate le principali operazioni. Si tratta di un testo di forte impronta paracelsiana. Contiene, tra l'altro, alcune osservazioni importanti. Trattando del linguaggio della chimica, Becher scrive: "Termini juxta Chemicos trifariam accipiuntur, nempe Hieroglyphicè, per Characteres, tandem per Verba" (24). Questa affermazione vale a chiarire le radici della sua attenzione verso i problemi attinenti alla scrittura dei cinesi, ai geroglifici, al linguaggio universale, ai quali aveva dedicato nel 1661 il Character pro Notitia Linguarum Universali (25). Egli non si muoveva solo su un piano linguistico ma anche su quello della scienza perchè il problema dei geroglifici era connesso alla credenza nell'antichità della chimica. Nell'Oedipus si trova infatti indicato: "Studium Chemicum ut antiquissimum, ita ante omnes Aegyptiis notum fuit, qui pro more in cippis hieroglyphicis id posteritati commendarunt, prout Pierius & de studio Chmico optimè emeritus Mejerus, denique ex his doctissimè explicuit R.P. Athanasius Kircher. Distinguendum autem est, inter literas Sinensium, & Hieroglyphica Aegyptiorum, quæ aut historias aut secreta Chimica tractarunt. Secreta Chimica tractantur plerumque per animalium figuras, ita Leo rubeus, Sol, aurum ..." (26). Becher rivendicò decisamente l'origine antichissima della chimica. L'indagine sperimentale trae origine da un impianto teorico che individua la sua fondazione nell'origine ermetica, egiziana del sapere chimico. Il ricondurre questo sapere ad Ermete è un tema tipico di un vasto settore della scienza del Seicento. La rivendicazione del primato egiziano costituì ad esempio un elemento centrale delle concezioni del danese Ole Borch (Borrichius, 1626-1690), che nel 1668 pubblicò una dissertazione De ortu et progressu Chemiae, destinata a conoscere una grande fortuna (27). Borrichius è anche l'autore di un Conspectus Scriptorum Chemicorum Illustriorum (edito, postumo, nel 1696), nel quale si ritrova una storia della chimica che individua il suo punto iniziale nei trattati di Ermete Trismegisto (28).

Becher e Borch non sono ermetici "reazionari", all'oscuro dei progressi della scienza e della filosofia meccanica. Il loro costante riferirsi alla tradizione paracelsiana va posto in relazione con una precisa immagine della natura e della chimica: la grande ricchezza esibita dal mondo dei fenomeni chimico-medici non apparve riconducibile a schemi meccanici fondati su ipotesi corpuscolari e su calcoli. Ma una visione metafisica era perfettamente in armonia con l'attività sperimentale. Nell'Oedipus Becher definì la chimica una scienza pratica dotata di un oggetto materiale e pratico, confermando così che la filosofia paracelsiana fornì stimoli essenziali per l'indagine concreta. Nel 1689 uscì (postumo) il Tripus Hermeticus Fatidicus, pandens oracula chymica di Becher costituito da tre opuscoli, due dei quali riguardano lo "spirito", i sali, le terre mentre il primo presenta il laboratorio portatile, ovvero illustra i forni, i materiali, gli strumenti e le operazioni che sono realizzabili con tali forni (29).

Il nome di Becher è soprattutto legato ad un'opera dal titolo Actorum Laboratorii Chymici Monacensis, seu Physicae Subterraneae Libri Duo. Occorre

dire che, contrariamente a quanto indicato nel titolo, contiene soltanto il primo libro (teorico). Uscita nel 1669 a Francoforte, una nuova edizione venne curata nel 1681 da Becher (rist. 1683), contenente tre supplementi, che erano usciti nel 1671, nel 1675 e nel 1680 (30). Nel 1680 Becher effettuò la traduzione in tedesco contenente i primi due supplementi e l'Oedipus (rist. 1690) (31). Queste varie edizioni valgono a mostrare l'interesse suscitato da quest'opera, interesse che è confermato da vari altri dati. Nel 1671 il primo supplemento (Experimentum Chymicum novum) venne recensito nelle "Philosophical Transactions" della Royal Society di Londra (32). L'anno prima M. Vogel aveva provveduto ad inviare a Oldenburg la Physica, Leibniz informava quest'ultimo, nel marzo del 1671, che "Becherus promittit demonstrationem Chemicam, qua ferrum in notabili satis quantitate, ex terra, nihil ferri actuali continente, produci, ac metallorum genesis non parum illustrari possit". Il 28 ottobre 1671 lo stesso Becher scrisse da Amsterdam a Oldenburg ("P.S. utrum physica mea subterranea cum duobus supplementis nota sit scire questio") (33).

La Physica subterranea richiama nel titolo un'altra opera importante, il Mundus subterraneus di Athanasius Kircher, con la quale ha molti elementi in comune (34). L'antiporta della prima e della seconda edizione latina spiega che aria, acqua e terra sono gli elementi del globo. Becher credeva infatti che questi fossero i veri principi delle cose. Ma in realtà egli ammetteva, sulla base della Sacra Scrittura, come reali principi l'acqua e la terra e tutti i fenomeni chimici del mondo sotterraneo vengono spiegati in termini di mistioni di acqua e terra. Queste mistioni sono triplici e i corpi risultano formati da:

terra + acqua acqua + acqua terra + terra

La terra era per Becher l'elemento privilegiato ed ipostatico ed egli postulò tre tipi di terra, ciascuno dei quali conferiva proprietà particolari ai corpi (35). La sua teoria è caratterizzata da un grande eclettismo e si pone perciò alla confluenza di tradizioni diverse. E' sufficiente sottolineare qui due aspetti:

- 1) la triplice divisione dell'elemento terra risultò particolarmente importante sia per la chimica, sia per la mineralogia. L'ammissione di tre principi terrosi metteva in crisi il vecchio credo in un elemento terroso unico.
- 2) Becher fece scarso uso del suo schema teorico allorchè presentò nella Physica il sistema di classificazione mineralogica, nel quale utilizzò, seguendo la tradizione, i caratteri esterni come criteri fondamentali.

Nel 1703 Stahl ripubblicò la Physica corredandola di un ampio commento (lo Specimen Beccherianum) nel quale esponeva la sua versione della teoria becheriana (37). Nella Prefazione Stahl scriveva che l'opera di Becher era rivolta a favorire la chimica sperimentale e che in essa si trovavano illustrati i principi e gli strumenti delle mistioni sotterranee. Secondo lui Becher non si era proposto di discutere delle forme particellari, dell'etere, dei vari tipi di moto (rettilineo, curvo, trasversale, ecc.), delle modalità di combustione, bensì di studiare le terre, di indicare ciò che brucia, di mostrare le proprietà e le loro alterazioni (38). Stahl lesse la Physica alla luce del suo antimeccanicismo. L'opera becheriana possedeva due vantaggi:

- 1) ricorreva a spiegazioni basate su principi chimici, cioè trattava i

"fossili" in base ai loro principi costituenti e stabiliva una gerarchia chimica di composizione;

2) aveva il carattere di opera pratica volta ad illustrare la costituzione di quel mondo sotterraneo che forniva terre, metalli, sostanze utili alla vita dell'uomo.

Al di là di concetti specifici (la triplice mistione, l'identificazione del flogisto con la seconda terra, ecc.) Stahl potè considerare la Physica un "opus sine pari" perchè era per lui il più alto prodotto della tradizione chimico-pratica tedesca. Vi individuò concetti in grado di fondare il ritorno all'antico, ad un approccio tradizionale che si imponeva di fronte al fallimento del programma meccanicistico. Nella tradizione stahliana la Physica divenne il manifesto della specificità della chimica, del suo status di disciplina autonoma che doveva ricorrere a propri concetti e a modalità "chimiche" di interpretazione dei fenomeni. Ma questo risultato fu ottenuto al prezzo di sradicare l'opera becheriana dal suo originario contesto ermetico-paracelsiano.

Le concezioni chimiche di Stahl, la tradizione stahliana sono state, assai spesso, ridotte ad una generica teoria del flogisto, intorno alla quale si sono ripetutamente accentrate le sofisticate discussioni dei filosofi della scienza. L'interesse di questi ultimi non è, naturalmente, rivolto alla teoria stahliana o a quella antiflogistica di Lavoisier: tutta la chimica del Settecento è stata ricondotta al passaggio dal flogisto all'ossigeno, ad un esempio utile nelle discussioni sulla dinamica del mutamento scientifico. In queste discussioni sono presenti due entità astratte (il flogisto e l'ossigeno), storicamente non definite e due paradigmi o due programmi di ricerca. E' raro trovare oggi un lavoro di epistemologia che non contenga un "naturale" riferimento al flogisto e all'ossigeno. La problematica teorica, le interazioni tra teorie ed esperimenti, l'accumulazione di materiale fattuale, l'invenzione e il perfezionamento degli strumenti che caratterizzano la chimica del secolo dei lumi sono scomparsi a favore di schemi generici. Si è così trascurato un elemento centrale: nel Settecento la chimica compì uno sforzo di grande rilievo storico per costituire e definire il proprio oggetto (39). Stahl era pienamente consapevole che il chimico del suo tempo non poteva aspettarsi di costruire un sistema compiuto di conoscenza naturale e per questo classificò la chimica ora come arte, ora come scienza. Ma il chimico doveva fornire materiali utili in vista di tale costruzione e questa raccolta di dati poteva avvenire solo con pazienti analisi delle sostanze, con la compilazione di storie naturali dei principali fenomeni e delle principali sostanze chimiche. Stahl finiva per riaffermare l'appartenenza della chimica al dominio delle scienze sperimentali, baconiane.

La complessità della tradizione inaugurata da Stahl appare evidente ove si considerino le concezioni di alcuni flogististi. A tal scopo è necessario tuttavia soffermarsi su aspetti specifici e, in particolare, sul problema della calcinazione dei metalli.

La calcinazione dei metalli e la riduzione delle loro calci costituivano, sin dal Rinascimento, processi intorno ai quali si erano affaticati molti naturalisti. Il meccanicismo chimico aveva interpretato tali processi ammettendo l'esistenza, sanzionata su un piano filosofico generale da Pierre Gasendi, di particelle ignee, le cui combinazioni ed espulsioni spiegavano la

trasformazione di un metallo in calce e la sua successiva riduzione. Ma quest'ultima aveva ricevuto spiegazioni insoddisfacenti perchè era difficile comprendere in che modo l'espulsione di atomi ignei fosse in grado di restituire ad un metallo quelle qualità sottratte mediante esposizione al fuoco. Si tenga presente che ridurre significava a quel tempo restituire.

Le attività degli artigiani, dei consulenti delle miniere, la metallurgia fornirono a Stahl stimoli importanti per proporre un'alternativa. Egli arrivò ad affermare che nella riduzione il carbone, usato durante questa operazione, cedeva una sostanza (il flogisto) alle calci o ceneri metalliche; il flogisto riuniva le loro particelle e consentiva il recupero delle proprietà originarie. Di conseguenza la calcinazione divenne una privazione di questa sostanza e ogni reazione di "combustione" risultò essere uno scambio di principi; calcinazione o combustione e riduzione vennero considerate, per la prima volta, processi chimici collegati tra di loro. E' nella determinazione di questa connessione che va individuata l'importanza dell'originaria concezione di Stahl (40).

Nella *Zymotechnia fundamentalis* (1697) Stahl aveva scritto che era possibile mostrare che il flogisto, proveniente dal carbone, rientra nelle calci metalliche rigenerando la loro fusibilità, malleabilità, amalgabilità e consistenza metalliche. Nel 1731 ribadì che ove un metallo posto in forma di cenere venga mescolato e combusto con carbone, il flogisto passa nella cenere e le restituisce le sue proprietà caratteristiche. Il flogisto o materia ignescente era per lui un principio, un portatore materiale, di natura terrosa, di qualità. Esisteva nei tre regni della natura e poichè emigrava in quantità abbondantissima da animali e vegetali si trasferiva con prontezza nei minerali e nei metalli (41). Questo flogisto (il termine era stato usato per la prima volta nel 1619 da Daniel Sennert) sembra affine allo zolfo principio di Paracelso, ma Stahl chiarì ripetutamente che lo zolfo era un composto di flogisto e di acido vitriolico o acido universale e che non si trattava del fuoco (42). Quest'ultimo non era una sostanza vera e propria, bensì un movimento velocissimo provocato dal flogisto durante la sua attività. Il flogisto riuniva in sé una vasta gamma di proprietà che si ritrovavano in quei corpi dei quali era una parte costitutiva.

La teoria della calcinazione-riduzione in termini di flogisto può essere così schematizzata:

calcinazione:

metallo (terra + flogisto) sottoposto al fuoco = calce (terra - il flogisto che si disperde nell'aria)

riduzione:

calce + carbone = metallo (terra + flogisto del carbone).

Siamo in presenza di una nuova interpretazione di fatti che erano noti da secoli grazie all'attività metallurgica. Risulta tuttavia contraddittoria rispetto ai dati ponderali (la perdita di flogisto è associata ad un aumento di peso e viceversa). Stahl non fu in grado di risolvere questa contraddizione mentre i suoi seguaci sollevarono dubbi sulla validità delle risultanze ponderali. Lo schema generale in sé rimase però un punto di riferimento primario almeno sino al 1772.

2. Tra il 1736 e il 1739 il naturalista russo Michail Vasilevič Lomonosov (1711-1765) frequentò a Marburgo i corsi di filosofia del precettore della Ger-

mania Christian von Wolff e nel 1739-40 studiò a Freiberg chimica e mineralogia con Henckel. Nel 1741, dopo il suo rientro a Pietroburgo, preparò gli Elementa chimiae mathematicae, nei quali si trovano enunciati alcuni criteri di base per lo studio della chimica. Questa disciplina era per lui la scienza dei cambiamenti dei corpi misti, in quanto mutamenti, operati dal moto, delle loro qualità interne. Di conseguenza l'ottenimento di conoscenze chimiche presupponeva una perfetta padronanza della scienza della meccanica. Quest'ultima non era intesa nel senso newtoniano di teoria delle forze particellari agenti a distanza, ma in quello cartesiano-leibniziano. Lomonosov si mantenne sempre fedele alla concezione della natura del suo maestro Wolff e cercò di impedire la penetrazione delle idee di Newton nell'Accademia delle scienze di Pietroburgo e nella cultura russa in generale. Il suo approccio ai problemi chimici fu di tipo fisico-meccanicista e questo approccio lo portò a rifiutare, in tutti i settori della scienza naturale, l'azione a distanza e l'idea di fluido igneo. Considerò perciò la materia come un complesso di corpuscoli di forma sferica, capaci di interagire tra di loro in quanto in contatto. Individuò la causa del calore nel movimento rotatorio delle particelle e ritenne che questo movimento potesse spiegare fenomeni quali l'elasticità ed i colori (43).

Negli Elementa del 1741 delineò una gerarchia di composizione dei corpi che aveva come punto di riferimento le concezioni di Gassendi e di Boyle. Un elemento chimico era la parte ultima ed irriducibile (gli atomi), il corpuscolo era il risultato della riunione di elementi in una piccola massa e i corpuscoli potevano essere omogenei (elementi uguali) ed eterogenei (elementi diversi riuniti in modi differenti), primari e secondari a ragione del legame di unione. Corpuscoli omogenei formavano un principio e principi diversi un corpo misto, parecchi corpi misti formavano infine un composto (44).

Da questa complessa gerarchia risulta evidente che per Lomonosov gli elementi chimici erano le particelle ultime, gli atomi e che egli rifiutava l'approccio essenzialista di Stahl. Il corpuscolarismo di Lomonosov era tuttavia ben diverso da quello dei chimici alla Lémery perchè egli non accettò immaginose forme particellari ed individuò sempre negli atomi sferici e nei movimenti prodotti dagli urti i criteri esplicativi dei mutamenti naturali. Se si considerano però i lavori strettamente chimici dello scienziato russo si ritrovano frequenti rinvii alle opere di Stahl e l'accettazione del flogisto. Si impone una domanda: è legittimo definire Lomonosov un flogistista e classificarlo tra gli stahliani? A questa domanda si può rispondere solo attraverso una effettiva ricostruzione storica delle sue concezioni e non in base a paradigmi o a criteri generali.

Nel 1750 venne pubblicato il primo volume dei Novi Commentarii dell'Accademia di Pietroburgo nel quale si ritrovano alcune memorie scientifiche di Lomonosov, tra cui le fondamentali Meditationes sulla causa del calore e del freddo (45). Qui Lomonosov affermava con decisione che il calore era soltanto movimento e all'interno della critica all'idea di fuoco come sostanza materiale si occupò del fenomeno della calcinazione dei metalli. Questa memoria era stata inizialmente preparata nel 1744 da uno studente di Lomonosov, ma a causa degli attacchi, in essa contenuti, all'opera di Boyle, era stata emendata e rivista, su richiesta dell'Accademia, da Lomonosov stesso nel 1749. Tuttavia nel paragrafo 31 della versione definitiva l'attacco alle concezioni boyliane era rimasto immutato.

Nei New Experiments to make Fire and Flame stable and ponderable (1673) Boyle aveva affermato che l'aumento in peso dei metalli sottoposti a calcinazione doveva essere attribuito alla loro combinazione con le particelle ignee (46). Per Lomonosov questa affermazione era inaccettabile perchè non esistevano né fuoco né particelle ignee. La causa dell'aumento in peso dei metalli calcinati doveva essere individuata nella combinazione dei metalli con l'acido dello zolfo che, penetrando nei pori del rame e dell'argento ed unendosi ad essi, provoca il loro aumento ponderale. Nella calcinazione del piombo, per formare il minio, l'aumento in peso e il brillante colore del minio erano dovuti allo "spirito acido" ottenuto dallo zolfo grazie alla fiamma.

Lomonosov ricordava due esperienze contraddittorie compiute da Herman Boerhaave e da Samuel Cotterau Du Clos. Il primo aveva osservato che una data quantità di ferro calcinato non mostrava né aumento né diminuzione di peso; il secondo aveva invece attribuito l'aumento da lui osservato alle particelle solforose esistenti in libertà nell'aria che veniva fatta circolare sopra i metalli durante la calcinazione.

In effetti nel 1667 Du Clos, uno dei fondatori dell'Académie des sciences di Parigi, aveva effettuato calcinazioni di antimonio, piombo, stagno, ferro e rame ed aveva segnalato il loro aumento in peso, attribuendolo a particelle di natura solforosa presenti nell'aria. Lomonosov accettò questa spiegazione. Le esperienze sulla sbarra di ferro di Boerhaave avevano invece introdotto un elemento di confusione nelle discussioni sul mistero della calcinazione dei metalli (47).

Nelle Meditationes Lomonosov proseguiva ricordando altre esperienze di Du Clos e le sue parole meritano di essere citate: "Ceterum non absimilia experimenta instituerunt viri celebres Boerhaavius et du Clos quae contrarium tueri videntur. Prior enim ferri libras quinque et uncias octo, ut ante ignitionem ita quoque ignitum et extinctum ponderavit, sed nullum ponderis incremento decrementumve deprehendit. Posterior ponderis augmentum, quod mineralibus per calcinationem accedit, deducit a partibus sulphureis, aeri ... innatantibus, qui super mineralia ad calcinandum exposita continuo fluit, et illas igne ita resolutis insinuat; id autem experimento demonstrat: nimirum quod ex regulo antimonii in aere libero calcinato ope spiritus vini tincturam rubram extrahi observavit, qua separata, massam relinqui eius ponderis, quod regulus habebat ante calcinationem. 2) Regulum antimonii aliter, nempe sine augmento ponderis, calcinatum eiusmodi tincturam non suppeditare. Firma igitur non sunt etiam illa argumenta, quae ad peculiarem igni materiam vindicandam ex augmento ponderis calcinatorum corporum afferuntur" (48). Da questa citazione risulta chiaro che Lomonosov distingueva le calcinazioni a seconda delle condizioni sperimentali, cioè all'aria aperta ed in recipienti chiusi e riteneva che nel secondo caso l'antimonio e i metalli in genere non aumentassero di peso.

La calcinazione in recipienti chiusi costituì un problema per lo scienziato russo, perchè in questo caso la teoria dello zolfo presente nell'aria e suscettibile di combinazione con i metalli non poteva fornire una spiegazione soddisfacente. Volendo affermare per tutti i casi fisico-chimici possibili la non esistenza delle particelle ignee, era riluttante ad ammettere un aumento di peso da parte dei metalli calcinati in crogiuoli chiusi.

Lomonosov non arrivò mai ad una teoria unitaria della calcinazione. Il 5 luglio 1748 aveva inviato una lunga lettera all'amico L. Euler. Qui aveva

ribadito che nella calcinazione all'aria aperta particelle contenute nell'aria si combinavano con i metalli, ma aveva ammesso che i metalli calcinati in recipienti chiusi esibivano un aumento di peso. Anche per questo secondo caso non era tuttavia necessario ricorrere ai corpuscoli ignei di Boyle. Occorreva invece affermare che, durante la calcinazione, veniva distrutta la coesione delle particelle e le loro superfici, in precedenza protette grazie al loro contatto reciproco, erano più facilmente esposte al fluido gravitazionale, erano spinte più fortemente verso il centro della terra e pesavano perciò di più. L'aumento ponderale era dovuto all'azione di quel fluido universale e sottilissimo, capace di penetrare nei pori dei corpi, al quale Lomonosov affidò la spiegazione dei fenomeni fisici senza ricorrere all'errore imperdonabile di Newton, cioè all'attrazione. Si tratta dunque di una spiegazione puramente meccanica che non ha nessun riferimento all'idea di una possibile combinazione chimica (49).

Lomonosov ritornò sul problema della calcinazione in successivi lavori, contenenti il resoconto delle sue personali esperienze compiute nel nuovo laboratorio di chimica (1748) dell'Accademia di Pietroburgo, ma non modificò le sue concezioni e conclusioni.

E' evidente che gli non aveva accettato lo schema flogistico di spiegazione della calcinazione e della riduzione. Ma credeva all'esistenza del flogisto. Quest'ultimo era per lui, in accordo con Stahl, un principio dello zolfo: acido vitriolico e flogisto costituivano lo zolfo e questo acido era quello che maggiormente si avvicinava all'acido universale, al principio dell'acidità.

La trattazione della natura e delle funzioni del flogisto si ritrova in due lavori: una memoria sull'origine e la natura del salnitro (redatta nel 1749 per un concorso bandito dall'Accademia di Berlino, ma rimasta a lungo inedita) e una memoria sullo splendore dei metalli (pubblicata nel 1751 nel volume XIV° dei Commentarii di Pietroburgo). In questi due lavori le idee di Stahl vengono ampiamente utilizzate. Nella memoria sui metalli Lomonosov conferma la sua teoria dell'aumento in peso dei metalli e considera il flogisto solo in relazione alle qualità dei metalli stessi. In quanto principio chimico il flogisto forma una parte definita dei corpuscoli dei corpi misti e modifica le proprietà dei corpi che lo contengono. Si tratta di una sostanza leggerissima che è capace di trasmettere all'acido universale una grande volatilità e di indebolire la sua forza: la presenza di flogisto fa sì che lo spirito di nitro (acido nitrico) sia più leggero dello spirito di zolfo (acido solforico). Il flogisto è una parte costitutiva dei metalli e da esso dipendono il loro splendore e la loro duttilità. Una volta rimosso i metalli non mostrano più queste proprietà. L'oro è il più nobile fra i metalli, il più splendente e il più difficile da calcinare perchè il più ricco di flogisto (50).

Queste affermazioni hanno una matrice stahliana ed in effetti Lomonosov rimanda in continuazione al Trattato sullo zolfo (1718) di Stahl. Ma bisogna tenere presente che per Lomonosov il flogisto spiegava le proprietà dei metalli, non il processo di calcinazione che rimaneva affidato alla addizione di particelle solforose e al meccanismo del fluido gravitazionale.

Lo scienziato russo individuò nello zolfo la causa dei processi chimici di combustione presenti nella terra (i fenomeni vulcanici), nel flogisto la

causa delle qualità dei metalli e il flogisto era un costituente dello zolfo. Questo flogisto non era però un principio terroso come per Stahl, bensì un vapore sottile osservabile ad esempio nella dissoluzione del ferro in acidi.

Si tenga presente poi, come risulta dalla sua Oratio de generatione metallorum a terrae motu (1757), che secondo Lomonosov i metalli erano generati in continuazione nelle viscere della terra e che credeva possibile, ove il flogisto fosse stato isolato e combinato con un metallo vile, trasformare quest'ultimo in un metallo nobile (51).

All'interno della visione meccanicistica, antinewtoniana della natura di Lomonosov i rapporti dei principi particellari dello zolfo e del flogisto con gli altri principi spiegavano i fenomeni chimici, geologici, mineralogici e fisici. Dalla teoria di Stahl il naturalista russo derivò un gran numero di concetti particolari, tradusse in termini di particelle e corpuscoli alcuni principi qualitativi, ma di questa teoria non accolse né spiegazioni centrali (calcinazione-riduzione) né l'approccio generale ai fenomeni.

Appare evidente da tutto ciò che la risposta alla domanda prima formulata se la qualifica di flogistista convenga a Lomonosov deve essere articolata e deve fondarsi sull'illustrazione delle sue specifiche concezioni. Ma la domanda stessa non sembra avere, da un punto di vista storico, un senso chiaramente definito. Come molti degli "ismi" dei quali è piena la storia della cultura, anche il termine "stahlismo" ha un significato non determinabile in modo univoco e che risulta variabile nel tempo. Il contesto della ricerca chimica del Settecento è intricato perché ogni chimico, pur ammettendo un flogisto, elaborò proprie concezioni specifiche ed adottò particolare credenze sulla struttura del mondo.

3. Se ci volgiamo a considerare brevemente alcuni testi del maestro di Lomonosov, Johann Friedrich Henckel (1678-1744), troviamo una conferma della ricchezza della problematica della chimica settecentesca.

L'attività scientifica e didattica di Henckel si venne svolgendo soprattutto a Freiberg, dove operò anche come consulente per le miniere. Fu il responsabile dell'indagine sulle ricchezze minerali della Sassonia e la chimica mineralogica fu sempre al centro della sua attenzione di scienziato. Grazie alla sua attività l'Elettore di Sassonia fu spinto nel 1765 a fondare a Freiberg una Bergakademie presso la quale operarono chimici come C.E. Gellert, W.A. Lamadius e soprattutto A. Werner.

Nel 1722 Henckel pubblicò la Flora saturnizans, volta a dimostrare i legami esistenti tra il regno vegetale e quello minerale sulla base della storia naturale e della chimica. Quest'opera si apre con la riaffermazione della validità scientifica del resoconto della creazione fornito dalla Bibbia perché Henckel intendeva ricollegarsi alla filosofia chimica rinascimentale di matrice paracelsiana. Si rifà ampiamente al modello "vitalistico" usato in mineralogia a partire dal Rinascimento e considera minerali e piante così simili per costituzione da dover essere definiti fratelli. I fenomeni del regno vegetale potevano perciò essere spiegati a partire dalle conoscenze acquisite in merito al regno minerale (52).

Nella Flora Henckel utilizza movimenti e particelle per spiegare la formazione di pietre e cristalli, ma rifiuta la filosofia meccanica. Critica aspramente quei naturalisti che scrivono storie naturali chiusi nelle loro biblio-

teche senza gettare uno sguardo sulla superficie e nell'interno della terra, senza consultare i contadini e i minatori. Scrive: "Ho preferito rimanere e trattenere il mio lettore nei limiti della scienza naturale; per non risalire all'iperfisico, non parlo affatto di particelle incrociate, rotonde, eteree, aeree, neppure dei tre principi. Le parti liquide e solide ... sono i principi primi che possiamo dimostrare e ai quali occorre fermarsi, se non vogliamo incorrere in errori e dar vita a dispute". Fedele discepolo di Stahl, prosegue: "La sottigliezza angolare non è di vantaggio alcuno nella scienza naturale; è senza fondamento e nociva perchè a causa sua ci fermiamo alla scorza e alla figura, dimenticando così il meglio e l'essenziale dei corpi; perdiamo il nostro tempo in sogni inutili e trascuriamo l'osservazione delle verità più semplici, più particolari e più utili" (53). In Henckel si ritrovano, allo stesso tempo, una filosofia chimica di impronta rinascimentale e l'adesione alle proposte di Stahl per una chimica non riduzionistica e pragmaticamente orientata.

Nel 1725 pubblicò la Pyritologia, contenente la storia naturale della pirite, che costituisce la prima monografia completa dedicata ad una sostanza minerale. Qui si ritrovano quei concetti filosofici che strutturavano la Flora, ma vi è anche una vera e propria apologia dell'empirismo, cioè dell'accumulazione dei dati e delle osservazioni: il compito principale del chimico consisteva nel preparare storie naturali dei minerali più importanti. L'accettazione di una metafisica della natura convive con approcci marcatamente sperimentali. Non sorprende perciò che Henckel scriva: "Non ho mai cercato di risolvere la pirite nei quattro elementi, nei tre principi o in altre pretese parti primitive ed elementari dei corpi: in effetti, siccome né le mie esperienze, né quelle di nessun altro fisico non le hanno potute dimostrare così chiaramente di modo che un naturalista possa ammetterle come parti essenziali della materia, considero chimeriche tutte le operazioni che si potrebbero intraprendere per separarle le une dalle altre" (54).

Nel 1747 vennero pubblicate, postume, le lezioni di mineralogia tenute da Henckel a Freiberg, che costituiscono un vero e proprio trattato di mineralogia. In quest'opera Henckel specificava il dominio della chimica rispetto alla geometria o matematica e alla meccanica. I corpi potevano essere considerati riguardo alla forma esterna (sono oggetto della matematica), riguardo al loro peso (appartengono al dominio della meccanica) e in relazione alla mistione, e saminando cioè le loro parti costituenti. Questo esame era di competenza della chimica, la quale doveva fornire una guida essenziale per la conoscenza dei minerali, realizzabile attraverso l'ausilio del fuoco e degli acidi. La chimica doveva perciò giungere alla conoscenza intima dei corpi naturali, individuando le loro parti per scomposizione, ricombinando queste parti e confrontando, per composizione, i corpi gli uni con gli altri. Il fuoco era lo strumento chimico per eccellenza perchè era utile sia per l'analisi che per la sintesi. Ma la chimica era un universo complesso perchè comprendeva per Henckel molte parti: alchimia, chimica fisica, farmaceutica e metallurgica, la zymotechnia, la pirotechnia e l'alotechnia, relative all'arte della fermentazione, ai lavori con il fuoco e alla formazione dei sali (55).

Nel capitolo dedicato alla calcinazione e alla riduzione o metallizzazione delle calci Henckel rinvia a Stahl: calcinare è sottrarre flogisto e ridurre non è altro che una restituzione dello stato metallico per mezzo del flogisto.

Quest'ultimo era il principio infiammabile reperibile là dove si individuava la proprietà di effettuare combustione (56).

Nonostante una piena adesione a visioni chimico-filosofiche, Henckel si fece sostenitore di una mineralogia come scienza dell'analisi chimica, nella quale la questione del rapporto tra le sostanze concrete ottenute da un minerale e i principi elementari ammessi veniva a perdere decisamente di importanza. Per Henckel si devono accettare le teorie di Stahl, si può ipotizzare, sulla base della Bibbia, l'origine chimica del mondo sotterraneo, ma quando si studia una sostanza è sufficiente individuare le sue effettive parti componenti, quali emergono dalla pratica analitica.

Nella prima metà del Settecento la chimica tedesca si mosse su un piano empirico e limitò fortemente le discussioni sulle teorie. Ma questa chimica realizzò il passaggio da una mineralogia che ricorreva a criteri basati sui caratteri esterni dei corpi ad una mineralogia che considerava i metodi analitici i soli in grado di fornire il materiale per la costruzione dei sistemi di classificazione. I flogististi accumularono una quantità considerevole di dati che poterono essere utilizzati per la formulazione di uno schema generale di analisi dei minerali. Non a caso fu soprattutto in questo ambito che si realizzò la distruzione dell'antichissima convinzione dell'esistenza di una terra primitiva, di un principio terroso unico.

4. La considerazione dell'opera di Lomonosov e di Henckel vale a mostrare la complessità di ciò che viene tradizionalmente definito come teoria del flogisto o paradigma flogistico. Per rendere giustizia a questa complessità lo storico deve muoversi in una sorta di intricatissimo labirinto di teorie e di esperienze, deve evitare tentazioni di chiarezza paradigmatica e cercare di ricostruire le interconnessioni teorico-sperimentali che caratterizzano l'indagine chimica del Settecento.

Le prescrizioni epistemologiche mascherano assai spesso i percorsi contorti attraverso i quali vennero emergendo scoperte significative e portano a trascurare, come insignificanti, l'effettiva pratica scientifica e l'invenzione e l'uso degli strumenti. Le varie teorie flogistiche possiedono, fino agli anni settanta, un elemento comune: il rifiuto di attribuire all'aria una qualsiasi funzione chimica. Ma nel 1727 S. Hales, lavorando intorno ai nodi irrisolti dell'attrazione e della repulsione particellari, aveva scoperto che l'aria non era uno strumento fisico ma una vera sostanza chimica: la chimica acquisiva, per la prima volta, la consapevolezza dell'esistenza di un campo di indagine completamente nuovo e insospettato. Questa scoperta segnò un nuovo orientamento, fu la forza trainante per la crescita delle idee scientifiche, indicò la strada alle ricerche dei naturalisti inglesi che isolarono gas specifici e approntarono strumenti per la loro conservazione.

Avendo ben presente la scoperta di Hales, Antoine-Laurent Lavoisier effettuò nel 1772 scoperte cruciali sulla calcinazione, la riduzione e la combustione. Nel febbraio del 1773 poteva scrivere che l'attività chimica dell'aria imponeva di riconsiderare tutte le teorie accettate e che questo lavoro avrebbe occasionato una rivoluzione in chimica e in fisica.

Lo studio di una nuova classe di sostanze (le arie, i gas), inesistente per i chimici stahliani, era destinata a condurre ad una vera e propria rifondazione

della chimica da parte di Lavoisier e questa rivoluzione fu il risultato di indagini empiriche, di immagini della scienza, di misure, di uso di strumenti, in definitiva di un nuovo stile di fare scienza (57).

Nel 1788 Giorgio Santi, professore di chimica e storia naturale all'Università di Pisa, definì la chimica antiflogistica una "dragonade académique" (58), ma nel 1795 fu costretto a confessare: "E' questa rivoluzione chimica un torrente precipitoso, che trova ostacoli, è vero, ma che li supera, e che seco vittoriosamente tutto trasporta" (58).

Questa confessione riflette un eccezionale evento storico: Lavoisier costrinse tutti i naturalisti del tempo a rivedere criticamente le loro concezioni. La scienza europea conobbe un momento altissimo di discussioni e contrasti sui fondamenti di una disciplina, la chimica, che si era arricchita di concetti e strumenti nuovi.

NOTE E BIBLIOGRAFIA

- 1) G. E. STAHL, "Specimen Beccherianum", apud J.L. Gleditschium, Lipsiae, 1703, p. 36-37.
- 2) R. BOYLE, "Works", vol. IV, J. and F. Rivington, London, 1772, p. 291. N. LEMERY, "Cours de chymie", Chez Hilaire Baritel, Lyon, 1703 (10a ed.). Cfr. H. METZGER, "Les doctrines chimiques en France du début du XVII à la fin du XVIII siècle", A. Blanchard, Paris, 1923.
- 3) G. E. STAHL, "Disquisitio de Mechanismi et Organismi diversitate", sumptibus et Impensis Orphanotrophei, Halae, 1706. G.E. STAHL, "De Vera Diversitate Corporis Mixti et Vivi", Sumptibus Litterisque orphanotrophei, Halae Magdeburgicae, 1707.
- 4) G.E. STAHL, "Theoria medica vera", Typis et Impensis Orphanotrophei, Halae, 1708. Nelle prime due sezioni di quest'opera sono ripubblicati i due opuscoli citati alla nota 3. La "Theoria" provocò una polemica con G.W. Leibniz, che venne resa pubblica in G.E. STAHL, "Negotium Otiosum, seu SKIAMACHIA", Litteris et Impensis Orphanotrophei, Halae, 1720. Cfr. L. J. RATHER, J. B. FRERICHS, "The Leibniz-Stahl Controversy", Clio Medica 3, 21-40 (1968); 5, 53-67 (1970). Sulle teorie mediche di Stahl si veda: L. J. RATHER, "G. E. Stahl's Psychological Physiology", Bulletin of History of Medicine 35, 37-49 (1961), F. DUCHESNEAU, "G.E. Stahl: antimécanisme et physiologie", Archives Internationales d'histoires des sciences 26, 3-26 (1976).
- 5) Sulla chimica di Stahl: H. METZGER, "Newton, Stahl, Boerhaave et la doctrine chimique", A. Blanchard, Paris, 1974 (2a ed.), p. 91-188. F. ABBRI, "Elementi, Principi e Particelle", Loescher Editore, Torino, 1980, p. 22-23; p. 207-245. S. TUGNOLI PATTARO, "La Teoria del Flogisto", Clueb, Bologna, 1983, p. 85-146. Sandra Tugnoli Pattaro (p. 131 nota 221) scrive: "Abbri ... ritiene, invece, ... che Stahl, pur non rifiutando gli atomi, li relegasse in una specie di limbo ...". Le mie affermazioni non intendevano negare l'importanza, per Stahl, di una concezione corpuscolarista della materia, ma sottolineare che si trattava solo di una visione, di uno sfondo: i mutamenti chimici erano favoriti, nella loro dinamica, dai movimenti corpuscolari, ma erano spiegabili solo in termini di terre e di acqua, di principi qualitativi. La determinazione "qualitativi" non intende escludere poi il ricorso a criteri quantitativi nella pratica scientifica, bensì indicare che gli elementi degli stahliani sono essentiae materiales che conferiscono qualità. Cfr. D. R. OLDROYD, "The Doctrine of Property-conferring Principles in Chemistry. Origins and Antecedents", Organon 13, 139-155 (1976-77). F. ABBRI, "Lavoisier e il concetto di elemento chimico. Elementi, principi e sostanze semplici", in "Annali dell'Istituto di Filosofia", vol. I, Leo S. Ol-

- schki Editore, Firenze, 1979, p. 291-320.
- 6) K. HUFBAUER, "The Formation of the German Chemical Community (1720-1795)", University of California Press, Berkeley-Los Angeles, 1982, p. 1-12.
 - 7) H. GUERLAC, "Some French Antecedents of the Chemical Revolution", in "Essays and Papers in the History of Modern Science", The Johns Hopkins University Press, Baltimore-London, 1977, p. 340-374.
 - 8) G. E. STAHL, "Traité des sels", chez J.-B. Cuccas, Paris, 1783, p. 2-3. Si tratta della traduzione della "Ausführliche Betrachtung und Zulänglicher Beweiss von den Saltzen" del 1723.
 - 9) Ibid.
 - 10) Si è usata la seguente edizione: A. LIBAVIUS, "Praxis Alchymiae", Excudebat Joannes Saurius Impensis Petrii Kopffi, Francorfurti, 1604. Cfr. O. HANNAWAY, "The Chemists and the Word. The Didactic Origins of Chemistry", The Johns Hopkins University Press, Baltimore-London, 1975, p. 142-151.
 - 11) A. G. DEBUS, "The Chemical Philosophy. Paracelsian Science and Medicine in the Sixteenth and Seventeenth Centuries", Science History Publications, New York, 1977, 2 voll.
 - 12) J.R. GLAUBER, "Furni novi Philosophici sive descriptio artis destillatoriae novae", Prostant apud J. Janssonium, Amstelaedami, 1661. Nella prima fornace si ritrova la preparazione dello spirito di sale (HCl) a partire dal sale comune, mentre nella seconda è descritta la preparazione dell'acqua regia per distillazione del sale comune in spirito di nitro. Cfr. F. GREENAWAY, "J.R. Glauber and the beginnings of industrial chemistry", Endeavour 29, 67-70 (1970). Per le varie opere di Glauber si sono usate le traduzioni latine.
 - 13) C. WEBSTER, "The Great Instauration", Duckworth, London, 1975, p. 277-278.
 - 14) J.R. GLAUBER, "Prosperitatis Germaniae", Amstelodami, 1656-1661. Cfr. A.G. DEBUS, rif (11), p. 434-441.
 - 15) J. R. GLAUBER, "Arca Thesauris Opulentia, sive Appendix Generalis Omnium Librorum hactenus editorum", apud J. Janssonium, Amstelaedami, 1660, p. 12. Tit. orig. "Reicher Schatz- und Sammelkasten oder Appendix generalis".
 - 16) J.R. GLAUBER, "Tractatus De Natura Salium", apud J. Janssonium, Amsterodami, 1659, p. 28-34.
 - 17) R. P. MULTHAUF, "The Origins of Chemistry", Oldbourne, London, 1966, p. 321-348.

- 18) J. J. BECHER, "Discursus Solini Saltztal Regionontani De Potentissima Philosophorum Medicina Universali. Lapis Philosophorum Trismegistus dicta Anno MDCLIV Germanice scriptus, nunc verò in Linguam latinam translatus", in "Theatrum Chemicum", vol. VI, Sumpt. Haeredum E. Zetzneri, Argentorati, 1661, p. 675-714.
- 19) Cfr. H. HASSINGER, "Johann Joachim Becher 1635-1682. Ein Beitrag zur Geschichte der Merkantilismus", Wien, 1951. A.G. DEBUS, "Becher, Johann Joachim", in "Dictionary of Scientific Biography", vol. I, Scribner's, New York, 1970, p. 548-551.
- 20) C. HUYGENS, "Oeuvres complètes", vol. VIII, Swets et Zeitlinger B.V., Amsterdam, 1977, p. 218 e n. 18.
- 21) J.J. BECHER, "Chymischer Glücks-Hafen, oder Grosse Chymische Concordanz und Collection von funffzehnen hundert Chymimischen Processen", In Verlegung Johann Georg Schiele/Buchhandlers, Franckfurt, 1682. La "Vorrede" è datata "London in Engelland den 24. Martii 1682.". Interessante è il "Verzeichnis der Manuscripten und Laboratorien woraus diese Concordanz genommen".
- 22) R.J.W. EVANS, "Felix Austria. L'ascesa della monarchia absburgica 1550/1700", il Mulino, Bologna, 1981, p. 460-464. T.C.W. BLANNING, "Reform and Revolution in Mainz 1743-1803", Cambridge University Press, Cambridge, 1974, p. 15-23.
- 23) "Elias Ashmole (1617-1692). Edited, with a Biographical Introduction by C.H. Josten", vol. IV, At the Clarendon Press, Oxford, 1966, p. 1655.
- 24) J.J. BECHER, "Institutiones Chemicæ Prodrômæ i.e. ... OEDIPUS CHIMICUS Obscuriorum Terminorum et Principiorum Chemicorum, Mysteria Aperiens et resolvens", Apud Hermannum à Sande, Francofurti, 1664, p. 161. E' ristampato in J.J. MANGET, "Bibliotheca Chemica Curiosa", vol. I, Sumpt. Chouet, G. De Tourmes, Cramer, Perachon, Ritter, et S. De Tourmes, Genevæ, 1702, p. 306-336.
- 25) J.J. BECHER, "Character, Pro Notitia Linguarum Universali", Sumpt. J.W. Ammonii et W. Serlini, Francofurti, 1661. J.J. BECHER, "Il 'Character' per l'universale conoscenza delle lingue", *De Homine* 7-8, 117-146 (1963). Cfr. P. ROSSI, "Lingue artificiali, classificazioni, nomenclature", in "Aspetti della rivoluzione scientifica", Morano, Napoli, 1971, p. 293-367.
- 26) J.J. BECHER, rif. (24), p. 161.
- 27) O. BORCH, "De ortu et progressu chemiæ", typis M. Godicchenii, Hafniae, 1668, ristampato in J.J. MANGET, rif. (24).
- 28) O. BORCH, "Conspectus Scriptorum Chemicorum Illustriorum. Libellus Posthumus cui præfixa

- Historia Vitae Ipsius ab Ipso conscripta", Sumptibus S. Garmanni Bibliop., Havniae, 1697.
- Nel diario di viaggio di Borrichius per gli anni 1660-1665 si ritrova un riferimento a Becher durante una conversazione a Leida con il Barone di Sonnenthal ("Narravit Becherum illum Moguntinum Chymicum ignarum esse rerum de quib. scribit") ed estratti dall'*Oedipus*. O. BORCH, "Itinerarium 1660-1665. Edited with Introduction and Indices by H.D. Scheperlem", The Danish Society of Language and Literature, Copenhagen, 1983, vol. II, p. 131; vol. III, p. 473-474. Cfr. F. ABBRI, Annali dell'Istituto e Museo di storia della scienza di Firenze 9, n. 2, 147-151 (1984).
- 29) J.J. BECHER, "Tripus Hermeticus Fatidicus, pandens Oracula Chymica", sumptibus J.G. Schiele, Francofurti ad Moenum, 1689. Cfr. Acta Eruditorum, 83-89 (1690).
- 30) J.J. BECHER, "Actorum Laboratorii Chymici Monacensis, seu Physicae Subterraneae Libri Duo", Imp. J.D. Zunneri, Francofurti, 1669. J.J. BECHER, "Actorum Laboratorii Chymici Monacensis, seu Physicae Subterraneae Libri Duo", Imp. M.G. Weidmanni, Francofurti, 1681. Questa seconda edizione contiene, oltre ai supplementi, un catalogo delle opere a stampa e manoscritte di Becher relative alla filologia, alla matematica, alla fisica, alla medicina e alla chimica. Viene segnalato anche il manoscritto del libro secondo della "Physica" che avrebbe dovuto contenere mille ipotesi chimico-pratiche.
- 31) J.J. BECHER, "Chymisches Laboratorium, oder Unter-erdische Naturkündigung", P. Fievet, Franckfurt, 1690 (2a ed.).
- 32) J.J. BECHER, "Experimentum Chymicum Novum, quo Artificialis et Instantanea Metallorum Generatio et Transmutatio ad oculum demonstratur", Sumptibus J. D. Zunneri, Francofurti, 1671. Cfr. Philosophical Transactions of the Royal Society of London 6, 2232-2235 (1671).
- 33) H. OLDENBURG, "The Correspondance", The University of Wisconsin Press, Madison Wisc., 1965 sgg., vol. VII, p. 97; p. 487; vol. VIII, p. 304; vol. IX, p. 113. La "Physica" nell'edizione del 1681 si ritrova anche nella biblioteca di Newton, cfr. J. HARRISON, "The Library of Isaac Newton", Cambridge, 1978, p. 96.
- 34) A. KIRCHER, "Mundus Subterraneus", Tomus I, Apud J. Janssonium, Amstelodami, 1668; Tomus IIus, Amstelodami, 1665. Nel secondo tomo è importante il libro Undicesimo "Chymio Technicus" (p. 231-325). Cfr. L. THORNDIKE, "A History of Magic and Experimental Science", vol. VII, Columbia University Press, New York, 1958, p. 567-583 ("The Underground World of Kircher and Becher").
- 35) Cfr. S. TUGNOLI PATTARO, rif. (5), p. 53-83.
- 36) D.R. OLDROYD, "Some Phlogistic Mineralogical Schemes, Illustrative of the Evolution of the

- Concept of 'Earth' in the 17th and 18th Centuries", Annals of science 31, 271-278 (1974).
- 37) J.J. BECHER, "Physica Subterranea ... Editio Novissima", Apud J.L. Gleditschium, Lipsiae, 1703, 2 voll.
- 38) J.J. BECHER, "Physica Subterranea ... Editio Novissima", Ex Officina Weidmanniana, Lipsiae, 1738, "Praefatio G.E. Stahl", s.p. Si tenga presente che l'antiporta della "Physica" nelle edizioni del 1669 e del 1681 è diversa rispetto a quella dell'edizione curata da Stahl. In entrambe viene suggerita una precisa relazione armonica tra tutti i fenomeni del cosmo basata sul moto, ma nel testo del 1681 si mette in evidenza che il "Globus terr-aqu-aereus", diviso nei tre regni, ha tre elementi ("Aer, Aqua, Terra"), mentre in quello del 1703 si sottolinea il metodo da adottare per lo studio della fisica sotterranea ("Ratio" e "Experientia").
- 39) Cfr. F. ABBRI, "Le Terre, l'Acqua, le Arie. La rivoluzione chimica del Settecento", il Mulino, Bologna, 1984.
- 40) I. STRUBE, "Die Phlogistonlehre Georg Ernst Stahls (1659-1734) in ihrer historischen Bedeutung", Zeitschrift für Geschichte der Naturwissenschaften, Technik und Medizin 1 n. 2, 27-51 (1960).
- 41) G.E. STAHL, "Zymotechnia fundamentalis", in "Opusculum chymico-physico-medicum", Typ. Orphanotrophei, Halae Magdeburgicae, 1715, p. 144-145. G.E. STAHL, "Experimenta, Observationes, Animadversiones, CCC Numero Chymicae et Physicae", apud A. Haude, Berolini, 1731, p. 18-20; p. 183. G.E. STAHL, "Traité du Soufre", chez P.-F. Didot le jeune, Paris, 1766, che è la traduzione di "Zufällige Gedancken und nützliche Bedencken über den Streit von dem so genannten Sulphure" del 1718.
- 42) G.E. STAHL, "Experimenta" rif. (41), p. 357-358; p. 346-348 (sulla questione dell'aumento in peso dei metalli calcinati).
- 43) Cfr. H.M. LEICESTER, "M.V. Lomonosov", in "Great Chemists", Interscience Publishers, New York-London, 1961, p. 201-210. A.T. GRIGORYAN, "M.V. Lomonosov and his physical theories", Archives Internationales d'histoire des sciences 62, 54-60 (1963). H.M. LEICESTER, "Boyle, Lomonosov, Lavoisier, and the corpuscular theory of matter", Isis 58, 240-244 (1967). L. LANGEVIN, "La pénétration des oeuvres de Lomonossov dans la France du XVIII siècle", Dix-Huitième Siècle 3, 237-252 (1971). V. BOSS, "Newton and Russia. The Early Influence, 1698-1796", Harvard University Press, Cambridge Mass., 1972. E.S. KULJABKO, E.E. BESENKOVSKIJ, "Sud'ba biblioteki i archiva M.V. Lomonosova", Nauka, Leningrad, 1975.
- 44) M.V. LOMONOSOV, "Ausgewählte Schriften", vol. I, Akademie-Verlag, Berlin, 1961, p. 68-77.

- 45) M.V. LOMONOSOV, "Meditationes de caloris et frigoris causa", in "Novi Commentarii Academiae Scientiarum Imperialis Petropolitanae. Tom. I ad Annum 1747 et 1748", Typis Academiae Scientiarum, Petropoli, 1750, p. 206-229.
- 46) R. BOYLE, rif. (2), vol. III, p. 706-715. Cfr. F. ABBRI, "Bacon, Boyle e le 'forme' della materia", in "Francis Bacon: terminologia e fortuna nel XVII secolo", Lessico Intellettuale Europeo, Roma (in stampa).
- 47) J.B. DUHAMEL, "Regiae scientiarum academiae historia", apud S. Michallet, Parisiis, 1698, p. 13-14. H. BOERHAAVE, "Elémens de chymie", vol. I, chez J. Wetstein, Amsterdam, 1752, p. 277-279. Cfr. H. GUERLIAC, "Lavoisier - The Crucial Year", Cornell University Press, Ithaca-New York, 1966, p. 111-145.
- 48) M.V. LOMONOSOV, rif. (45), p. 226-227. Cfr. P. POMPER, "Lomonosov and the discovery of the law of the conservation of matter in chemical transformations", Ambix 10, 119-127 (1962).
- 49) M.V. LOMONOSOV, rif. (44), p. 145. Cfr. B.S. JØRGENSEN, "Lomonosov, his theory of gravity and the law of conservation of matter", Physis 17, 21-40 (1975).
- 50) M.V. LOMONOSOV, "De Tincturis Metallorum", in "Commentarii Academiae Scientiarum Imperialis Petropolitanae. Tomus XIV Ad annum 1744-46", Typis Academiae, Petropoli, 1751, p. 286-296. Cfr. H.M. LEICESTER, "Lomonosov's views on combustion and phlogiston", Ambix 22, 1-9 (1975).
- 51) M.V. LOMONOSOV, "Polnoe Sobranie Sochinenij", vol V., Mosca-Leningrado, 1950-1959, p. 295-360 (testo latino e russo). M.V. LOMONOSOV, rif.(44), p. 361-391. Cfr. "Journal Encyclopédique du 15 decembre 1758. Tome VIII. Troisième partie", p. 39-53. H.M. LEICESTER, "The geochemical ideas of M. Lomonosov", Annals of science 33, 341-350 (1976).
- 52) Su Henckel cfr. K. HUFBAUER, rif. (6), p. 10, p. 171-172, p. 241. D.R. OLDROYD, rif. (36), p. 278-283.
- 53) J.F. HENCKEL, "Pyritologie ou histoire naturelle de la Pyrite ... on y a joint la Flora saturnizans et les Opuscules minéralogiques", J.T. Hérisant, Paris, 1760, p. 9-10 ("Flora").
- 54) J.F. HENCKEL, rif. (53), p. 17 ("Pyritologia"). Cfr. F. ABBRI, rif. (39), p. 55-63.
- 55) J.F. HENCKEL, "Introduction à la Mineralogie", chez G. Cavelier, Paris, 1756, vol. I, p. 2-3; vol. II, p. 9-10.
- 56) J.F. HENCKEL, rif. (55), vol. II, p. 278-279.
- 57) Cfr. F. ABBRI, rif. (39).
- 58) Observations sur la physique 25, 76 (1788).

59) G. SANTI, "Viaggio al Montamiata", Per Ranieri Prosperi Stamp. dell'Almo Studio, Pisa, 1795, p. 19. Cfr. F. RODOLICO, "Chimica e mineralogia nell'opera di Giorgio Santi (1746-1822)", estratto da La Chimica 20, 1-3 (1944). F. ABBRI, "Lavoisier e Dandolo. Le edizioni italiane del Traité élémentaire de chimie", in "Annali dell'Istituto di Filosofia", vol. VI, Leo S. Olschki, Firenze, 1984, p. 163-182.

Luciana BONA QUAGLIA (*) - Sergio TIRA (**)

PRESCRIZIONE "UT AURO SCRIBATUR"
DI UN CODICE PIEMONTESE DELL'UNDICESIMO SECOLO

Riassunto - La presente nota si compone di due parti: la prima, a cura di S.Tira, esamina dal punto di vista chimico una prescrizione sulla scrittura in oro su pergamena tratta dal ms. membranaceo nr.54 (già LXXXVII) dell'Archivio Capitolare di Ivrea; la seconda, a cura di L.Bona Quaglia, presenta il testo latino dal punto di vista filologico e ne offre l'edizione, seguita dalla traduzione italiana.

I

La storia

Il manoscritto membranaceo 54 (ex-LXXXVII) del nuovo Inventario (1) della Biblioteca Capitolare di Ivrea (Piemonte), per la maggior parte di argomenti religioso-giuridici (*S. Hieronimi in Iovinianum - Formulae excommunicationis - ...*), dedica, curiosamente, 10 dei 126+1 fogli a consigli medici, preceduti da prescrizioni relative alla scrittura su pergamena. Il codice è stato ritrovato, nel 1843, da Amedeo Peyron, orientalista dell'Università di Torino (2). Il Peyron fornisce una sua spiegazione per la anomala presenza: avverso Arduino, Marchese d'Ivrea,

(*) Istituto di Filologia Classica, Facoltà di Lettere e Filosofia dell'Università, v. S.Ottavio 20, 10124 Torino.

(**) Istituto di Chimica Organica, Facoltà di Scienze MFN della Università, via Bidone 36, 10125 Torino.

Papa Silvestro II (Gerberto di Aurillac) aveva intimato ampia scomunica: "i Canonici di Ivrea dovevano desiderare di possedere bensì, ma di occultare a un tempo" il terribile documento, e quindi "quando riceverono gli atti della scomunica Papale, li registrarono alla fine dei libri di S.Gerolamo contra Gioviniano", raschiarono il nome del regnante temuto Ardoino" e "finalmente, dopo gli atti della scomunica fecero registrare molte mirabili ricette", ottenendo così il "loro doppio intendimento", in quanto "codesti documenti furono sempre posseduti dal Capitolo" ma "occulti per modo che prima dell'agosto di quest'anno erano da tutti ignorati". Si tratta, come detto, del 1843: scomunica e codice sono a cavallo dell'anno Mille.

Le *Formule chemice et medicamentorum* vengono trascritte in caratteri moderni, nel 1861, da Piero Giacosa che, farmacologo nella Università di Torino, commenta criticamente la parte medica. Il Codice è altresì citato da Giovanni Carbonelli (3), che tratta invece l'aspetto chimico.

La tecnica

L'uso della scrittura in oro pare fosse conosciuto già agli antichi Greci. "... Questo lusso, riservato poi agli imperatori romani prima, fu poi riservato per i libri liturgici, ed i Padri della Chiesa alzarono la voce invano contro queste spese esagerate": così giustamente Icilio Guareschi (4). Ancora da moderni "un libro scritto per intero in maiuscole dorate" viene indicato come "il capolavoro del miniatore" (5).

Indubbiamente "La tecnica di doratura a foglia metallica è la più antica, ma si conobbe molto presto anche il modo di decorare le pergamene con gli stessi metalli polverizzati"(6), e l'uso del cosiddetto "inchiostro d'oro".

La più antica prescrizione per preparare questo inchiostro è certamente quella ripetuta identica alle voci 51 e 76 di POPYRUS LEIDENSIS X, che, secondo Halleux (7) e la maggior parte degli storici, "si può assegnare all'epoca di Costantino, e cioè nell'intorno del 330 d.C.". La formulazione è molto scarna e, come quasi sempre, solo qualitativa: "Crisografia. Triturate della foglia d'oro con della gomma, fate seccare e utilizzate come inchiostro". Il traduttore (7) commenta che l'oro è troppo malleabile per poterlo pestare in mortaio: si può aggiungere che il termine "gomma" non è precisato.

Segue cronologicamente, per la sua attribuzione al secolo VIII, il manoscritto (di Lucca) COMPOSITIONES AD TINGENDA ... (8), in cui è descritta la preparazione dell'oro per polverizzazione in mortaio di porfido, lavaggio con aceto fortissimo e successivo trattamento con sale e nitro: "*et sic solvitur, et scribis*"; il solvente manca.

MAPPÆ CLAVICULA, trattato medioevale (9) sulla preparazione dei pigmenti, la cui origine si colloca al secolo X o XI, presenta consigli per la crisografia, ancora analoghi all'ultimo riferito, e introduce, al capo 51, l'uso del sangue di drago (*indicus*), nome con cui oggi si indica la resina proveniente da frutti di *Calamus draco* (10), ma che non è di chiara interpretazione in testi antichi.

Come ERACLIUS è abitualmente nota un'opera del XV secolo che reca per

intitolazione DE COLORIBUS ET ARTIBUS ROMANORUM (11) e che quindi si deve pensare riferisca tecniche molto precedenti all'anno della effettiva scrittura del testo. Una prescrizione (XLII) utilizza ancora il bianco dell'uovo, ma anziché scioglierlo in acqua ricorre come mezzo solvente all'urina umana ("tua") "riposta finché appaia chiara". Il VII "vile carmen" del breve trattato ripete, questa volta in esametri, la prescrizione del fiele bovino.

Ancora più recente, perché attribuito sicuramente all'undicesimo secolo, è il testo di Teofilo, "prete e monaco" forse greco e probabilmente di scuola tedesca, intitolato SCHEDULA DIVERSARUM ARTIUM (12). Qui la prescrizione ricorda quella del Codice di Ivrea, perché consiglia di stemperare della gomma arabica in acqua al sole, poi portare la soluzione a doppio volume con aceto (o vino) e lasciar seccare ancora al sole: dopo di che il residuo verrà bollito con acqua. L'istruzione diventa più sofisticata in quanto l'autore raccomanda di preparare a parte della gomma ammoniaco ("moniaculum" nel testo) in acqua, sulla quale stranamente surnata, e mescolarla alla precedente soluzione di gomma arabica. Per scrivere, la polvere d'oro viene scaldata, mescolata con un poco di "cotho" e posta in soluzione con le due gomme. Resta ai traduttori sia del 1834 (13) sia odierno (12) il dubbio irrisolto sulla sostanza così indicata.

Mentre le opere fin qui citate sono precedenti o coeve al manoscritto di Ivrea, nel chiaro LIBRO DELL'ARTE del Cennini (14) che porta data 1437, e perciò certamente posteriore, al Capitolo CLX si legge: "Togli i pezzi dell'oro fine, mettili in sun la pietra proferetica, e con chiara d'uovo bene sbattuta tria bene el detto oro, mettivi tanta tempera che corra a penna o ancora il vuoi macinare con gomma arrabica in carta". Per *tempera* costì, pare debba intendersi la stessa chiara sbattuta (distemperata) in acqua.

Il testo specifico in argomento è però il manoscritto XII.E.27 della Biblioteca Nazionale di Napoli, privo di intitolazione e nome dell'autore, noto e citato come DE ARTE ALLUMINANDI (15), databile, con discussione ancora aperta, fra il 1350 ed il 1500, ma di certo copia di altro più antico. Qui non si accenna ad inchiostri ma, in apertura del testo, viene riportata una rubrica "Delle colle ad ponendum aurum": la colla *cirbuna*, quella di cartapeccora, la ittiocolle e simili. La prima è ottenibile da pelli, ossa, unghie e cartilagini animali (16).

Una vasta indagine sull'uso dell'oro e degli altri metalli nei manoscritti medioevali ha raccolto, con ampio senso critico, S.M. Alexander (17).

*Nil tibi scribo quidem quod
non prius ipse probassem*

Rispetto ai testi citati di data confrontabile, la prescrizione dell'anonimo eposediese presenta tre caratteristiche di originalità: 1) la resina - di ciliegio -, 2) il trattamento - con aceto a caldo - e 3) la acidità finale dell'inchiostro. Per quanto riguarda il punto 1), la gomma arabica da varie specie di acacia e quella di susino proposte

risultano confrontabili nella composizione (18) (rispettivamente: D-galattosio 36,8%, L-arabinosio 30,3, ramnosio 36,8, acido glucuronico 12,5 per la prima, e 37,5; 37,5; 5,0 per la gomma di susino (19) in cui inoltre è presente il 12,5% di D-xiloso) in modo tale da non giustificare notevoli variazioni nelle proprietà; anche i valori degli equivalenti, ambedue dell'ordine delle 1200 unità, essendo praticamente identici. I dati suddetti risultano non sostanzialmente diversi da quelli riferiti per la gomma di ciliegio della preparazione in esame: arabinosio 30,6; xiloso 22,9; galattosio 27,5; mannosio 13,8 e acido glucuronico 5,0% (20).

Maggiore peso poteva invece avere il trattamento a caldo con l'aceto, per quanto anche qui potessero sorgere dubbi (chimici). La variazione di acidità è invece naturalmente decisamente significativa.

Per verificare le conseguenze della prescrizione eporediese l'abbiamo seguita portando avanti in parallelo una prova in bianco a ripetizione pedissequa, senza però l'aggiunta dell'aceto. Di fatto si è potuto subito chiarire che il riscaldamento con l'aceto nelle condizioni di lavoro proposte (riduzione a metà del volume di soluzione) non provoca alcuna variazione, come d'altronde era da aspettarsi, nella struttura della resina; così dimostra la costanza dello specchio infrarosso della stessa, sia genuina di raccolta che dopo il trattamento acido. Informazioni coerenti si ottengono dalla preparazione dell'inchiostro: la soluzione acquosa di resina di ciliegio vergine e quella in aceto (a parte la ovvia variazione della acidità, che passa da pH = 5 a pH = 2,5) a concentrazioni variabili, non conferiscono apprezzabile migliore stabilità al prodotto finale né differiscono nel comportamento da soluzioni equivalenti di gomma arabica: risultati ottimali si ottengono con una soluzione al 15% della resina di ciliegio in aceto, ma il miglioramento è appena apprezzabile. E' da ritenere positivo che la acidità impartita dall'aceto impedisca la formazione, con il tempo, di muffe, come è occorso per preparazioni in acqua.

II

Il testo latino

La prescrizione UT AURO SCRIBATUR fa parte di un gruppo di tre formulazioni chimiche (al quale segue un più ampio gruppo di ricette mediche) contenuto nel ms.54 (già LXXXVII) dell'Archivio Capitolare di Ivrea. E', questo, un ms. membranaceo di 126 folia di mm 345x225, scritto su due colonne in minuscola carolina, datato al secolo XI. Entro il codice, che contiene scritti diversi, dovuti a più mani, che operarono probabilmente in momenti diversi, anche se a non grande distanza nel tempo, la datazione del ricettario è ricavabile con una certa precisione da elementi interni. E' importante per la datazione il singolare contenuto del ms., che comprende: i due libri *Ad Iovinianum* di S.Gerolamo (ff. 1 r.-108 r.); la trascrizione (con l'*incipit* "Qualiter excommunicari infideles episcopus debeat") dei documenti relativi alla scomunica di papa Silvestro II contro Arduino d'Ivrea, e successivo ritiro della scomunica con l'imposi-

zione della penitenza: sono interessati alla scomunica Gregorio V, Silvestro II, il vescovo Warmondo e, naturalmente, l'imperatore, Ottone III (ff.108 v.-114 v.); un elenco di *lectiones* da farsi in chiesa nelle varie ricorrenze dell'anno (115 v.-117 r.); le prescrizioni chimiche (117 v.-118 r.) e le ricette mediche (118 v.-126 v.).

La eterogeneità di questo contenuto incuriosì l'abate Amedeo Peyron (Torino 1785-1870), professore di Lingue orientali all'Università di Torino, insigne filologo e papirologo. Egli - visitato l'Archivio Capitolare d'Ivrea alla ricerca di codici in pergamena - segnalò all'attenzione degli studiosi l'importanza di questo e degli altri mss. dell'archivio (2), e, a proposito del nostro codice, ipotizzò che i Canonici del Capitolo, dovendo registrare gli atti relativi ad Arduino, li avessero sì fatti copiare dopo l'opera di S.Gerolamo, ma poi - desiderando prudentemente che essi, dopo il ritiro della scomunica, non fossero facilmente reperibili - li avessero fatti seguire da una trascrizione di ricette, cioè da un argomento di tutt'altro genere, atto a sviare i lettori; inoltre il nome di Arduino fu in alcuni punti cancellato (21).

Poiché la scomunica e il ritiro della stessa sono da porsi fra il 999 e il 1002 (cioè tra l'inizio del pontificato di Silvestro II e la morte di Ottone III), si dovrà concludere che la data del ricettario non è anteriore al 999. D'altra parte, si deve pensare che la preoccupazione di occultare gli atti di scomunica abbia agito ben presto, subito dopo il ritorno di Arduino, non più scomunicato, al potere, e comunque prima della sua morte: si può ipotizzare quindi una data da porsi entro i primi 10-15 anni del secolo XI (cioè durante l'episcopato di Warmondo, morto probabilmente nel 1014, e prima della scomparsa -1015 ?- di Arduino).

Bastino, in questa sede, queste notizie: per una più ampia trattazione dei problemi filologici relativi al ricettario rimando all'edizione che ne pubblicherò, corredata di traduzione e commento.

Nell'Ottocento il ricettario fu consultato dal farmacologo Piero Giacosa, che ne trattò gli argomenti medici (22) e al commento sugli ingredienti nominati nelle ricette fece seguire una sua trascrizione di tutto il ricettario: ma questa è purtroppo inutilizzabile, perché il G., privo di un'adeguata preparazione paleografica e filologica (come egli stesso ammette sia qui (23) sia in altre ricerche (24) consimili), cade spesso in errore, fornendo un testo a volte incomprensibile. Per una svista il G. colloca il ricettario agli "ultimi 19 fogli del codice" (25): in realtà si tratta di 19 facciate degli ultimi 10 folia.

Le sole prescrizioni chimiche sono citate dal Carbonelli (3), che ne dà un breve riassunto, e ne stampa anche la riproduzione fotografica: egli considera il ricettario coevo di quello lucchese (8), attribuendoli entrambi al VII-VIII secolo; nelle didascalie apposte alle fotografie cita le prescrizioni come collocate ai ff.15 r. e 16 v., anziché 117 v. e 118 r.

Le tre prescrizioni chimiche riguardano: la fabbricazione dell'inchiostro per scrivere con lettere d'oro (e così pure d'argento e di altri colori) (f.117 v., col.I); la preparazione della tintura a base di *Roccella tinctoria*, per tingere le pergamene (117 v., col.II); la prepa-

razione di un succedaneo, sempre per la scrittura in oro (118 r.).
Do qui di seguito la trascrizione e la traduzione delle tre prescrizioni
(segno con | la fine di riga, con || la fine di colonna, con ||| la fine
di folium, e indico tra < > le integrazioni, tra [] le espunzioni: man-
tengo certe oscillazioni di grafia, come *imp-/inp-*, *-ae/-e*, *-cia-/-tia-*
ecc.; nella traduzione rimango il più possibile fedele alla sintassi ed
allo stile tipici di questo latino):

f.117 v. UT AURO SCRIBATUR. | Cerasi sumatur recina et | acro misceatur
c.I acerrimo, | triduoque morentur in uno; | tunc nitido inposito |
alveolo calidae super | ponatur prunae, ac tam | diu cremetur do-
nec pars | dimidia euanescat ca | lore. His ita digestis, | denso
recipiatur linteo | lo, sicque uitreo coletur ca | cabo. Aurum uero
suscipi | at in chus: ac tam diu | ibi cudatur donec tenuis | sima
efficiatur lamula. | Taliter tunsa minutissi | mis forpicetur par-
ticulis, | taliterque congestis brun | zino teratur mortariolo |
eodemque pistone metallo, | tenuique triturae glacia | lis impona-
tur limpha; | ipsaque colore mutata | uersetur, ut secunda cla-
rior | imponatur: et ita agatur | usque dum satis sit comprobe-
tur. | Eodem argentum modo. Non tam enim | aurum uel argentum
quam omnes | in pergamenis colores distemperat | superior co-
la. |

c.II MEMBRANAE TINCTURA. | Biduo in latice stragu | lum faciat auri-
cella. | Et post colaturam susci | piat; ipsa uero tenuis | cola-
tura biduo nitide | reponatur: ac tam diu si | natum donec apos-
tasin | fatiat. Proiecto igitur quod | superius est, apostasin
su | matur et sic siccetur. Eodem | modo calcis perfitiatur. | His
itaque duobus persiccis, auri | cula paruae committatur limphae |
ita ut liquefiat, et, ut eam | clarescere uel obfuscare | ue-
lis, calcem inpone. Hos | uero duos ita commixtos | oui claram
inponito; et | sic pilea penna membra | nam leniter depingito. |
Pergamenum uero antequam | ting[a] uatur lignea figatur | tabula
dumetis aequalibus. | |

f.118 r. Si aurum ad scriben | dum teritur, tam diu a | malleatoribus in-
cude | flagelletur quo usque a mu | lieribus contexi possit. Ipsa-
que | tenuis lamula forpicibus | secetur minutissimis parti | cu-
lis tuncque cuius sit pon | deris noscatur. Iusta hoc | septi pli-
cetur uiuum argen | tum misceaturque auro ac | longo tempore ni-
tida | scutella digitis perfricetur: | sicque simul nocte una |
morentur. Mane autem, fac | to positum, luteo cacabo | super
calidas prunas tam | diu malleolo fricetur do | nec argentum eua-
nescat | calore simul et fumo | auru < m > que durescat: nec | adeo
durescat ut nimis | siccetur, nec adeo lique | fiat ut non in a-
liquo indu | rescat. Sicque nitidam proici | atur in aqua < m > . Inde
uero ab | stractum, linteo uoluetur | ut aqua careat. Tunc bi | na
c.II illa confectio auri et ar | genti simul pondus no | scatur ac sul-
fur decemphicetur | ut cum eo misceatur; et sic super | purpu-
ream lapidem mal | leo plano perfricetur donec | fere dimidia

dies ibi mit|tatur. Haec talis tritu|ra eodem cacabo et prunae|
 calide reuertatur et tunc | subtili et ueroso misceatur | cul-
 telbo donec curatur | argentum et sulphur ac | flama euanescant
 te|nui et fumo. His ita | peractis puluis ille auri | nitida
 proitiatur in aqua | et ita diligentissime non tam | decies
 quam si opus sit | tricies pura et mutata | abluatur lympa.|||

PER SCRIVERE CON L'ORO - Si prenda della gomma di ciliegio e si mescoli con aceto fortissimo, e restino insieme per tre giorni. Poi, messo (il tutto) in un recipiente pulito, lo si ponga sulla brace calda; e si faccia scaldare finché per effetto del calore ne evapori la metà. Fatto così consumare, si raccolga in un telo a trama fitta e si coli in un vaso di vetro. Si metta poi oro sull'incudine; e vi si batta sino ad ottenerne una lamina sottilissima. Battuta così, la si tagli in minutissime particelle; poi, raccoltele, le si pesti in un mortaio di bronzo con un pestello dello stesso metallo, e si versi su questa sottile tritura acqua di ghiaccio. E questa (acqua), quando sia mutata di colore, si versi a parte, per metterne una seconda pulita. E si proceda così finché si veda che basti. Allo stesso modo (si proceda per) l'argento: infatti la colla di cui sopra stempera non soltanto l'oro o l'argento, ma anche tutti i colori (per scrivere) sulle pergamene.

TINTURA DELLA PERGAMENA - Si lasci per due giorni l'oricello ben disteso a bagno nella soluzione. E poi si filtri, e questo filtrato limpido venga riposto al pulito per due giorni, lasciandolo riposare così a lungo che faccia deposito. A questo punto, eliminato il liquido che surnata, si prenda il deposito e lo si faccia essiccare. Allo stesso modo si prepari la calce. Pertanto, quando queste due sostanze siano ben secche, si unisca l'oricello a poca acqua, in modo che si sciolga: e, a seconda che tu voglia ottenere la tinta più chiara o più scura, metti calce (in quantità adeguata). Su queste due cose così mescolate metterai chiara d'uovo. E così dipingerai la pergamena pennellandola delicatamente. Ma la pergamena, prima di tingerla, venga infissa, ben tesa e spianata, su una tavola di legno.

SE SI PESTA L'ORO per scrivere, venga battuto dai martellatori sull'incudine tanto a lungo da ottenerne fili che possano esser tessuti dalle donne. I fili sottili si taglino con le forbici in particelle minutissime, e a questo punto se ne verifichi il peso. In proporzione a questo si misuri sette volte tanto di argento vivo, e lo si mescoli con l'oro: e si strofini a lungo con le dita (!) in una scodella pulita. E restino così insieme in riposo per una notte. Al mattino, poi, fatto il deposito, si sfregi con un pestello in un vaso di coccio su braci calde, finché il mercurio evapori con calore e con fumo, e l'oro indurisca: ma non indurisca tanto da seccare troppo, né si liquefaccia tanto da non indurire in qualche parte. Si versi poi in acqua pulita. Poi, trattolo fuori lo si sgrondi con un telo, affinché si liberi dell'acqua. Si pesi, allora, questa confezione di due ingredienti - oro e mercurio -, e si prenda il decuplo di solfo, per poi mescolarvelo insieme: e si pesti su pietra

di porfido con un martelletto piano, impiegandovi circa mezza giornata. Questa polvere, nel medesimo vaso, ritorni sulla brace calda e venga allora agitata con una bacchetta di vetro, finché si ottiene che, a fiamma bassa, si svolgano fumi di solfo e mercurio. Terminate queste operazioni, si versi in acqua pulita la polvere d'oro: e con grandissima cura, non solo dieci, ma - se necessario - trenta volte, la si lavi con acqua pura sempre rinnovata. (*)

La bibliografia

- 1) A.PROFESSIONE: "Inventario dei manoscritti della Biblioteca Capitolare di Ivrea" p.48, Tipografia Domenicane. Alba, 1967.
- 2) A.PEYRON: "Notizia dell'Archivio del reverendissimo Capitolo di Ivrea", Stamperia Reale. Torino, 1843.
- 3) G.CARBONELLI: "Sulle fonti storiche dell'alchimia in Italia", pp.162-171, Serono. Roma, 1925.
- 4) I.GUARESCHI: "Sui colori degli antichi", Enc.Chim.Suppl. 1905, UTET, Torino, p.324.
- 5) E.JOHNSTON: "Writing and illuminating and lettering", Pitman and Sons. Londra, 1927.
- 6) Rif. (4), p.299.
- 7) LES ALCHEMISTES GRECS: t.I, par R.HALLEUX, ed. "Les Belles Lettres". Parigi, 1981.
- 8) L.A.MURATORI: "Antiquitates Italicae", t.II, Diss.XXIV, Ed.Regia Curia. Milano, 1739.
- 9) T.PHILLIPS: *Archaeologia* 32, 183 (1847).
- 10) G.C.VILLAVECCHIA: "Dizionario di Merceologia", Hoepli. Milano, 1944,
- 11) A.ILG: *Quellenschriften zur Kunstg.* IV, 35 (1888).
- 12) A.BLANC: "Théophile", Picard, Parigi 1980, p.57.
- 13) C.DE L'ESCALOPIER: "Théophile", Parigi 1843.
- 14) F.BRUNELLO: "C.Cennini: Il libro dell'arte", Pozza. Vicenza 1971.
- 15) D.SALAZARO: "L'arte della miniatura nel secolo XIV". Tip.Reale. Napoli 1877, ed anche Rif. (4).
- 16) Rif. (4), p.370.
- 17) S.M.ALEXANDER: *Marsyas*, 12, 34 (1966).
- 18) F.SMITH e R.MONTGOMERY: "The chemistry of plants gum and mucilages", Reinhold P.C. New York, 1959, p.241.
- 19) Rif. (18), p.264.
- 20) Rif. (18), p.269.
- 21) Rif. (2), pp.9-11.
- 22) P.GIACOSA: *Mem.R.Acc.Sc.di Torino*, S.II, I, 37 (1861), pp.643-663.
- 23) Rif. (22), p.651, n.1.
- 24) P.GIACOSA: "Magistri Salernitani nondum editi", Bocca.Torino, 1901, p.XI
- 25) Rif. (22) p.645.

(*) Si ringraziano i signori can. Ilo Vignono (Ivrea) e Giovanni Ceccato (Regione Piemonte) per il cortese fattivo interessamento.

Paola Carusi *

LA TRADIZIONE 'ARABA' DI ERmete TRISMEGISTO
E I CONTENUTI DELLE SCIENZE ALCHIMICHE

In occasione di un recente convegno sulla diffusione delle scienze islamiche nel Medio Evo europeo, svoltosi a Roma nell'ottobre scorso (1), ho tenuto particolarmente a sottolineare, prendendo spunto da una famosa affermazione del Festugière (2), che l'alchimia nasce, in diversi paesi e in diversi momenti storici, dall'incontro di un fatto e di una dottrina: una dottrina assolutamente "non chimica" che è in genere una filosofia, una religione o una forma di gnosi, un fatto "chimico" che sembra essere in primo luogo sperimentazione chimica applicata all'artigianato. A differenza delle dottrine, difficilmente trasferibili al di fuori della cultura che le ha generate, e dunque pressoché inesorabilmente legate ai luoghi d'origine (filosofia neoplatonica e gnosi ad Alessandria d'Egitto, taoismo in Cina, tantrismo in India), le sperimentazioni conoscono una più facile diffusione, in modo che, agli occhi di un attento osservatore di una carta geografica dell'alchimia, l'alchimia si presenta come una vastissima rete di conoscenze tecnico-chimiche più o meno comuni alle diverse culture, che vengono comunicate nei testi, e vissute nell'esperienza della vita individuale e sociale, in modi e con linguaggi diversi da cultura a cultura, e nell'ambito della stessa cultura con un linguaggio diverso a seconda del pubblico e degli ambienti. Se si aggiungono a questa situazione le complicazioni derivanti dal permanere nel tempo di una importantissima e abbondante

*Dipartimento di Chimica - Università di Roma "La Sapienza"

te trasmissione orale, e la segretezza richiesta dal carattere iniziatico della scienza e dell'arte, e dall'obiettiva esistenza di segreti di produzione, si può avere una idea piuttosto realistica delle difficoltà inerenti allo studio dell'alchimia. Tali difficoltà rendono particolarmente delicato il compito dello studioso, che corre il rischio, come più volte è già successo in passato, di dimenticare la realtà composita della disciplina alchemica, e di farne, privilegiando il fatto, una estremamente rozza anticipazione della chimica moderna, o privilegiando al contrario la dottrina, una "via iniziatica" assolutamente disgiunta da ogni contatto con la materia. Rimedio, e ancora di salvezza contro gli eccessi dall'una e dall'altra parte, sembra essere, in ogni caso e in ogni momento, il lavoro genuinamente storico sui testi, che costituisce, qualsiasi considerazione si voglia trarre in una fase successiva dello studio, un punto fermo di ineguagliabile solidità.

La ricerca su cui oggi intendo riferire, e che è ancora piuttosto agli inizi, è nata dal desiderio di trovare il maggior numero di informazioni definite sui contenuti sperimentali dell'alchimia, informazioni che fossero, se possibile, chiare, al di fuori dei simboli, e che provenissero da un ambiente culturale vasto e significativo per lo sviluppo e la migrazione delle idee alchemiche. Data l'oscurità ovunque imperante nei testi alchemici, poteva essere particolarmente utile prendere in esame di preferenza testi di non addetti ai lavori, intendendo con questo termine tutti coloro che, contemporanei agli alchimisti medioevali ma non calati nel loro mondo, si trovarono in qualche modo a interagire con loro per i motivi più disparati: storici, cosmografi, geografi, eruditi, viaggiatori, e anche mistici, letterati e poeti che, come è noto, utilizzarono spesso in senso traslato, ma utile per lo studioso, immagini e termini di derivazione alchemica. Il mondo culturale dell'Islâm, che costituisce da alcuni anni il centro della mia attività di ricerca, era particolarmente adatto ad una indagine: basti pensare all'enorme quantità di informazioni confluite nell'Islâm nei primi secoli dell'Egira, e trasmesse dallo stesso Islâm all'Occidente cristiano a partire dal XII secolo. Di qui l'opportunità di condurre una ricerca su testi non alchemici di autori musulmani; e, passo immediatamente successivo, la scelta di cominciare le indagini proprio da Ermete Trismegisto, considerato dagli alchimisti, e citato dai più diversi scienziati fino alle soglie del secolo scorso, come il grande padre dell'alchimia.

Nel III secolo dell'Egira Ermete Trismegisto, il dio Thot degli Egizi, il divino Hermes degli Alessandrini, fa' il suo ingresso ufficiale nella tradizione islamica scritta (3). Non è più identificabile con il dio Thot, cosa del tutto naturale in una cultura monoteista che tiene a ricordare, anche in polemica con i Cristiani, che lo stesso Profeta Muhammad, la creatura più santa mai generata sulla terra, altri non è che un uomo (4); conserva però, nel passaggio tra le culture, quelle che erano le caratteristiche particolari attribuite comunemente al dio Thot, e viene identificato con la personalità che nella tradizione islamica corrisponde sotto molti aspetti a questo dio: il Profeta Idrîs, Enoch degli Ebrei. Scrive E.O. von Lippmann (5): "Thot era considerato la personificazione dell'intelletto e della comprensione, il maestro del linguaggio e della scrittura, il creatore della matematica e dell'astronomia, il possessore di ogni conoscenza, in particolare

della conoscenza segreta o occulta, e l'autore di tutti i libri esistenti, senza eccezione".

Nei testi islamici, però, Idrīs, e dunque Hermes, presenta anche un'altra connotazione, estremamente importante per le nostre ricerche: quella di "primo esperto in tecniche sperimentali", di primo uomo dedito ad attività che comportano un'esperienza pratica. Nel "Ta'rīkh al-rusul wa al-mulūk" di al-Tabarī (m. 923) si legge che Idrīs fu il primo a fare uso del calamo, il primo che introdusse l'uso di tagliare e cucire i vestiti, il primo che cominciò a tagliare le pelli per farne camicie e calzoni (6). Ibn Khaldūn (m. 1382), nella sua "Muqaddima", riportando la tradizione di Idrīs primo tessitore e primo sarto - sarebbe il primo che avrebbe usato l'ago per cucire - aggiunge che la gente attribuisce a Idrīs queste due attività artigianali a causa della loro grandissima antichità (7). Dopo queste premesse, non è strano trovare nella tradizione islamica le più diverse notizie su Hermes. Hermes è filosofo (allievo di Pitagora), medico (maestro di Asclepia, o Asclepiade), astronomo, astrologo, geografo, zoologo, esperto di farmaci e di veleni, e allo stesso tempo esperto di tecniche artigianali antichissime. Alle connotazioni di origine greco-egizia e islamica si aggiungono poi contributi innegabili di derivazione babilonese, iranica, indiana, e forse anche cinese, così che la figura di Hermes, considerata nel suo insieme, diviene uno specchio perfetto della complessità dell'eredità scientifica che l'Islām si trovò a ricevere.

Ulteriori particolari sulla poliedrica personalità di Hermes emergono se si considera la tradizione cosiddetta "dei tre Hermes", riferita da una catena di trasmettitori tra cui Ibn Giuigiul al-Andalusī (8), Ibn Abī Usaybi'a (9) e Ibn al-Qiftī (10), che si rifanno tutti al "Kitāb al-ulūf" di Abū Ma'shar, non pervenuto. Secondo tale tradizione, che come vedremo più avanti, è per noi chimici di grande importanza, l'attributo "Trismegisto" attribuito a Hermes (Hurmus, Hirmis in arabo), che significa in origine "tre volte grandissimo" o più correttamente "il più grande", e che spesso viene tradotto in arabo con "al-muthallath bi'l-hikma", "al-muthallath bi'l-ni'am", è inteso nel senso di "tre volte esistente". Narra la tradizione che vi furono tre Hermes, il primo vissuto in Egitto prima del Diluvio, il secondo vissuto a Bābil (Babilonia) dopo il Diluvio, il terzo vissuto in Egitto dopo il Diluvio. Scrive Ibn Giuigiul, citando Abū Ma'shar: "(Il primo Hermes) fu il primo che parlò in astronomia dei movimenti delle stelle. Suo nonno Giayūmart (l'Adamo iranico) gli insegnò le ore della notte e del giorno. Fu il primo che costruì i templi e in essi rese gloria a Dio. Fu il primo che si occupò di medicina e ne parlò; fece conoscere agli uomini poesie in versi, e versi in metri noti ad essi sulle cose della terra e del cielo. Fu il primo che prevede il Diluvio, e vide che una calamità celeste d'acqua o di fuoco si sarebbe abbattuta sulla terra. (Hermes) abitava a Sa'īd in Egitto; scelse quel luogo e là costruì le Piramidi e le città della terra (11). Temendo che la scienza scomparisse per opera del Diluvio, costruì i templi ("barābī" pl. di "birbā"), che è la montagna conosciuta con il nome di Birbā o Akhmīm. La scolpì, e rappresentò con figure in essa tutti i mestieri, e i loro artigiani, rappresentò tutti gli strumenti degli artigiani, e illustrò i diversi tipi di scienze con disegni; poiché desiderava di conservare le scienze per chi sarebbe venuto dopo di lui e temeva che la traccia di quel-

le cose scomparisse dal mondo".Dopo alcune considerazioni sul secondo Hermes babilonese, Ibn Giulgiul passa a parlare del terzo.Il passo che segue, riportato pressoché con le stesse parole da Ibn al-Qiftî,è, a mio parere, una testimonianza fondamentale per la conoscenza dei contenuti delle scienze alchemiche : "...compose un trattato buono e prezioso sull'arte (sinâ'a) dell'alchimia;(trattato) che si riferisce a molte arti, come il vetro, le perline (kharaz), le argille e simili".Ibn al-Qiftî, nel passo corrispondente, è forse ancora più esplicito: "...compose un trattato sull'arte dell'alchimia, che introduce (l'alchimia) alla lavorazione del vetro, delle perline e dell'argilla".Non credo sia necessario sottolineare ulteriormente l'importanza di queste frasi dei nostri autori: i brani si commentano da soli. Mi sia permesso, però, di fare brevemente una considerazione che mi sembra necessaria. L'importanza delle affermazioni di Ibn Giulgiul e Ibn al-Qiftî non consiste tanto nella concordanza che si stabilisce tra archeologia e tradizione; è noto, infatti, e testimoniato da più parti, che le prime attività "chimiche" dell'uomo si collocano nel campo delle cosiddette "arti del fuoco" (metallurgia, arti del vetro e della ceramica), e i reperti più antichi relativi a queste arti, che testimoniano una tecnica già raffinata all'inizio dell'età storica, sono stati trovati proprio in Egitto e in Mesopotamia, terre di Hermes. Quello che è veramente importante sopra ogni cosa è il fatto che tali arti siano qui messe dagli autori direttamente in relazione con l'alchimia, disciplina in troppi ambienti ancora oggi considerata esclusivamente scienza della trasmutazione dei metalli in oro e in argento. Interessante anche la suddivisione dell'unico ceppo dell'alchimia in diverse specializzazioni, a ognuna delle quali corrisponde un diverso "iter" sperimentale, fermo restando che il ceppo fondamentale è quello dell'esperienza chimica. Tale suddivisione dell'alchimia in più specializzazioni è testimoniata anche da un altro passo dell'opera di Ibn al-Qiftî (12). Parlando di Rawsham, un personaggio vissuto in Egitto prima dell'Islâm, l'autore scrive: "...si occupò delle scienze dell'alchimia...", e il plurale, dopo ciò che abbiamo detto prima, è per noi piuttosto significativo.

La narrazione del passaggio all'epoca storica di scienze preistoriche, attraverso la costruzione delle Piramidi e dei Templi d'Egitto, apre per lo studioso un ulteriore campo d'indagine. In tutta la letteratura islamica, non solo d'alchimia, le Piramidi e i Templi dell'Alto Egitto (barâbî) sono da un lato costruzioni dedicate alle scienze, oserei dire veri e propri "musei di storia della scienza e della tecnica", e dall'altro luoghi sacri in modo particolare agli alchimisti. È un "τόπος" di molti libri alchimistici che l'alchimista entri nel tempio egizio, contempli le iscrizioni e le immagini in esso contenute e scriva il suo trattato come relazione o spiegazione di ciò che ha visto nel tempio. Informazioni preziose a proposito dei contenuti delle scienze alchemiche possono così essere ricercate in molti testi storici, geografici, resoconti di viaggio, autobiografie e così via, che descrivono l'Egitto, le Piramidi e ciò che su di esse è raffigurato. un esempio di questo genere di letteratura è ben rappresentato in un brano di Abû'l-Mahâsin Ibn Taghrî Birdî, storico dell'Egitto (XV secolo). Dopo aver narrato, secondo la migliore tradizione, la costruzione delle Piramidi, avvenuta in seguito a premonizioni relative al diluvio, Abû'l-Mahâsin ci dà notizia che la preservazione delle scienze antidiluviane fu fatta sotto du-

plice forma, nel senso che furono affidati alle Piramidi sia le descrizioni delle varie scienze illustrate con figure, sia gli oggetti utilizzati o prodotti nelle varie scienze, in modo che i posteri potessero avere una chiara idea non solo dei procedimenti, ma anche dei risultati raggiunti. Scrive infatti (13): "(Suayd, cui viene attribuita in questo passo la costruzione delle Piramidi, ma poco più sotto è citato Hermes) ordinò ai sacerdoti di trascrivere in esse tutti gli scritti dei saggi; e trascrissero in esse, sui loro soffitti e sulle loro pareti, tutte le scienze passate. Disegnarono in esse le immagini dei pianeti e su di esse i talismani". E aggiunge poi Abû'l- Mahâsin: "Fece nella Piramide occidentale depositi di pietra colorati, riempiti con le ricchezze abbondanti, e gli arnesi, e le statue fatte di pietre preziose, e strumenti di ferro di prima qualità, le armi che non si arrugginiscono, il vetro che non si piega e non si rompe; vari tipi di farmaci e di veleni mortali". Come si può vedere, la quasi totalità di ciò che è presente in questo elenco ci riconduce ancora una volta all'alchimia, e in particolare alle arti del fuoco.

Questa ricerca è ancora agli inizi, si può dire, e molto lavoro è ancora da fare. Da quanto esposto, però, mi sembra essere confermata piuttosto chiaramente l'esistenza di una certa componente sperimentale, ritenuta dagli stessi alchimisti antichissima, delle scienze alchemiche. Abbiamo fin qui messo in evidenza soprattutto le arti del fuoco, ma il discorso si può tranquillamente allargare: è noto, ad esempio, che al-Kindî scrisse una "Chimica del profumo" (Kîmiyâ' al-'itr), che al-Râzî e Ibn Sînâ furono medici, che al-Tughrâ'î (noto nell'Occidente latino come Artefius) fu anche un sommo calligrafo, e dunque sicuramente un sommo fabbricatore di inchiostri.

Dopo tutte queste precisazioni, acquista un particolare sapore la discussione che si trascina per secoli nel mondo islamico medioevale sulla possibilità o meno della trasmutazione. Per lungo tempo autori medioevali non-alchimisti, e studiosi moderni, hanno in qualche modo stravolto i termini della questione, annoverando tra gli scienziati "veri" coloro che negavano la trasmutazione, come al-Kindî (14) e Ibn Sînâ (15) e criticando come "ignoranti" o quanto meno "ingenui" quelli che si dichiaravano a favore, come al-Râzî (16) e al-Fârâbî (17). Appare invece evidente, dall'esame di numerose disquisizioni sull'alchimia tenute in ambienti islamici medioevali, che spesso si è in presenza di vere e proprie dissertazioni accademiche sulla trasmutazione, che oppongono la dottrina filosofica al fatto chimico, o, se ammettiamo che siano mai esistiti, "teorici puri" a "preparativi puri". I teorici sostengono, con argomentazioni filosofiche, che i preparativi nelle loro reazioni si limiterebbero a ottenere la variazione di un certo numero di accidenti dei loro reagenti, senza che si verifici in realtà un vero e proprio mutamento nella sostanza; i preparativi rispondono che nelle loro reazioni deve avvenire senza alcun dubbio una trasformazione profonda nell'intima natura della materia, dal momento che si tratta di trasformazioni irreversibili, e che non è più possibile tornare dai prodotti ai reagenti. Come si vede, il problema è tutt'altro che banale, ed è, io direi, squisitamente chimico: solo fino ad alcuni anni fa, i nostri testi davano, della reazione chimica, una definizione simile a quella data dagli alchimisti. Ma un esame del concetto di reazione chimica nell'antichità e nel Medioevo ci porterebbe troppo lontano dal tema di questa relazione: mi interes

sa qui far notare che gli esempi citati - dall'una e dall'altra parte - in queste disquisizioni, e non siamo più in ambienti dichiaratamente ermetici, sono ancora una volta tratti dall'artigianato del vetro, dell'inchiostro e così via. Ottenuto il vetro, gli alchimisti non possono riottenere sabbia, qalī e magnesia; ottenuto l'inchiostro, non possono riottenere le noci di galla etc.etc. Un sottile filo conduttore sembra essere traccia to sotto millenni di storia dell'alchimia, ed è su questo filo conduttore, che costituisce probabilmente il nucleo di tanti testi considerati fino a oggi indecifrabili, che bisognerebbe indagare.

Una delle storie alchemiche più conosciute, è quella che si trova all'origine della prima manifattura europea di porcellana dura (Meissen, 1710). Si narra che un tale Böttcher, assistente di farmacia, ricevette da un alchimista, di nome Lascaris, una misteriosa polverina e divenne maestro nella trasmutazione presso la corte dell'Elettore di Sassonia Augusto il Forte. Quando la polverina finì, e il Böttcher si dichiarò incapace di continuare le sue trasmutazioni, l'Elettore lo mise agli arresti domiciliari finché non gli fosse riuscito di trasmutare di nuovo. Dopo sforzi inauditi per rivedere il sole, Böttcher non trovò l'oro, ma scoprì il segreto della composizione della vera porcellana dura, fino ad allora nota solo in Cina⁽¹⁸⁾. Certo, chi vuol credere alle favole è padrone di farlo. A me sembra però piuttosto strano che una persona che abbia cercato per molto tempo, sia pure confusamente, di produrre oro, fabbrichi poi una porcellana, e della migliore qualità.

Forse, l'attività delle confraternite degli artigiani, religiose e secrete, è molto più vicina di quel che si pensi agli oscuri contenuti dei libri di Hermes e al significato reale del termine "alchimia".

Bibliografia e note

- 1) P. CARUSI : "Teoria e sperimentazione nell'alchimia medioevale nel passaggio da Oriente a Occidente". Atti del Convegno Internazionale sul tema : la diffusione delle scienze islamiche nel Medioevo Europeo. Accademia Nazionale dei Lincei - Università di Roma "La Sapienza" 2-4 ottobre 1984. (in corso di stampa)
- 2) A. J. FESTUGIÈRE : "La révélation d'Hermès Trismégiste" Paris 1950 pp. 218-219
- 3) ABŪ MA'SHAR al-BALKHĪ : "Kitâb al-ulûf" non pervenuto, citato in autori posteriori. V. note 8, 9, 10
- 4) Molti sono i passi coranici che affermano la semplice umanità del Profeta. Tra questi, Cor VII, 188 : "Io non ho alcun potere su di me, a mio favore o a mio danno, se non in quanto Dio lo voglia. Se io conoscessi l'Arcano, godrei abbondanza di beni e il male non potrebbe colpirmi, ma io non sono che un Ammonitore e un Messaggero di buone notizie a gente che crede". Traduzione italiana a cura di A. Bausani, Firenze 1978 (ristampa)
- 5) E. O. VON LIPP MANN : "Some remarks on Hermes and hermetica" Ambix 1938 pp. 21-25
- 6) al-TABARĪ : "Ta'rîkh al-rusul wa al mulûk". Trad. francese dalla versione persiana di AbŪ 'Alī Mohammed Bel'amī, a cura di H. Zotenberg, Paris 1958

- vol I p.96
- 7) IBN KHALDŪN : "The Muqaddima. An introduction to history". Trad. inglese a cura di F. Rosenthal, London 1967² vol. II pp. 367-368
 - 8) IBN GIULGIUL al-ANDALUSĪ : "Tabaqât al-atibbâ' wa al-hukamâ' ". Ed. Fu'âd Sayyid, Il Cairo 1955 pp. 5-10
 - 9) IBN ABĪ USAYBI'A : "'Uyûn al-anbâ' ff tabaqât al-atibbâ' ". Ed. A. Müller, Königsberg 1884 pp. 4, 9, 16 sgg.
 - 10) IBN al-QIFTĪ : "Ta'rifkh al-hukamâ' ". Ed. J. Lippert, Leipzig 1903 pp. 346-349
 - 11) "Le città della terra" è traduzione letterale dell'arabo "madâ'in al-tu râb". La parola "turâb" (terra, polvere) potrebbe però essere anche una erronea trascrizione di "turab" (tombe). In tal caso l'espressione sopra citata diventerebbe "le città delle tombe" e sarebbe la traduzione in arabo del greco "νεκροπόλεις" (necropoli, città dei morti)
 - 12) IBN al-QIFTĪ op. cit. p. 186
 - 13) ABŪ'l-MAHĀSIN IBN TAGHRĪ BIRDĪ : "Kitâb al-nugiûm al-zâhira ff mulûk misr wa al-qâhira". Ed. T. G. J. Juynboll B. F. Matthes, Leiden 1857 p. 41
 - 14) al-MAS'ŪDĪ : "Murûg al-dhahab" Paris 1861-77 vol. VIII pp. 176-177; IBN al-QIFTĪ op. cit. p. 376
 - 15) E. J. HOLMYARD D. C. MANDEVILLE : "Avicennae de congelatione et conglutinatione lapidum, being sections of the 'Kitâb al-shifâ' " Paris 1927
 - 16) J. RUSKA : "al-Râzî's Buch Geheimnis der Geheimnisse mit Einleitung und Erläuterungen in Deutscher Übersetzung". Quellen und studien zur Geschichte der Naturwissenschaften und der Medizin. Band 6, Berlin 1937
 - 17) IBN KHALDŪN op. cit. vol. III p. 272
 - 18) "Mutus liber: le immagini dell'alchimia" a cura di M. Kunzle, Milano 1980 p. 31

Riassunto

E' sembrato utile iniziare uno studio, condotto soprattutto su testi di storici, geografi, viaggiatori, poeti ed eruditi musulmani medioevali, per cercare di scoprire che cosa rappresentassero l'alchimia e gli alchimisti agli occhi dei loro contemporanei: in particolare chi fosse, per i musulmani, Hermes, il mitico "iniziatore" dell'alchimia, e come fossero considerati gli alchimisti dai bene informati e dai non addetti ai lavori.

Questo studio, ancora nella fase iniziale, ha già fornito alcuni risultati interessanti. Sembra confermata, tra l'altro, l'ipotesi, formulata all'inizio della ricerca, dell'esistenza di uno stretto legame tra sperimentazione alchemica e tecniche artigianali.

L'alchimia arabo-islamica potrebbe costituire un intermedio importante tra le antiche ricette e i primi moderni trattati di chimica applicata all'artigianato.

LUIGI SACCONI*

La Chimica di un autodidatta

ovvero

Memorie di un incosciente

Presi la maturità classica nel 1928. Solo nel 1942 mi laureai in Chimica, che allora si sviluppava in quattro anni. Persi così dieci anni, ma non me ne pento. Ciò perchè non mi iscrissi mai al G.U.F. come facevano tutti, dico tutti i miei colleghi; non rivestii mai la camicia nera, che era necessaria per sostenere gli esami, non partecipai mai, dico mai, ad un'adunata come si diceva allora. Non presumo di essere un eroe, ma, come dice il Poeta "non mi piegai nè pencialai".

Ora tutti i capi dei partiti antifascisti sostengono che prima di tutto viene la questione morale. Ed a me non rimane che sorridere, sapendo che, il più importante di costoro fu nel Direttorio del GUF di Pisa, un altro, specializzato in storiografia, fu redattore di un acceso mensile repubblichi-

* Dipartimento di Chimica, Università di
Firenze

no, etc.

Rimasi all'Università fino all'8 settembre 1943, quando ritornato a Firenze, presi il posto che mi competeva nella lotta antifascista compiendo tutto il mio dovere. Gli incarichi politici poi ebbero il sopravvento; fui condirettore del quotidiano democratico di Firenze, etc. Solo nel 1948 mi accinsi a studiare. Avevo assunto la Direzione dell'Istituto di Chimica Inorganica in cui lavorava un chimico che, dedito a ricerche maledette, mi lasciò lavorare da solo senza interferenze. Era un gentiluomo di cui serbo un affettuoso ricordo.

Erano tempi duri. Le dotazioni degli Istituti ascendevano a cifre insignificanti. D'inverno ci riscaldavamo con beute piene di acqua calda; ogni operazione richiedeva sforzi enormi per essere portata a termine.

Io, utilizzando dei semplici tubicini di vetro, cominciai a studiare la cromatografia inorganica, utilizzando allumina adoprata per defecare l'olio d'oliva. Quando operai con allumina pura ottenni risultati che comunicai al Simposio sulla Cromatografia Inorganica di Reading, nel 1949.

Senza guida e senza maestri lavorare era molto difficile: bisognava avere le idee di partenza, imparare dal Zentral Blatt che la ligroina provoca la precipitazione dei composti sciolti in benzolo, etc.

Nello stanzone degli Esercizi di Chimica Fisica feci la scoperta di una vecchia bilancia magnetica a lettura interferometrica, che non aveva mai funzionato. Aveva il difetto che lo zero oscillava nella giornata di circa 300 divisioni, giusto l'ammontare delle letture di suscettività magnetica. In capo ad un anno riuscii a domare quell'apparecchio con quale eseguii quasi tutte le misure eseguite a Firenze. Caratterizzai così, il blu di molibdeno idrato, diverse serie

di complessi metallici, etc.

In accordo col titolo col quale ammetto la mia incoscienza, cominciai a pubblicare quasi tutti i miei lavori su riviste scientifiche di affermata fama, come il *Journal American Chemical Society*, *Nature*, *Z. Anorganische Allgemaine Chemie*, etc. Quella invece, fu la mia fortuna; infatti nel 1954 andai a posto a Palermo, nella Cattedra di Cannizzaro. Poi, nel 1960 tornai a Firenze dove non trovai niente e dovetti reperire anche la sede per l'Istituto di Chimica di coordinazione del quale fui Direttore fino a ... maggiore età.

Qualche buon risultato continuai ad ottenerlo: l'esistenza di specie tetraedriche fra i complessi di nickel con basi di Schiff, la descrizione dei primi complessi pentacoordinati ad alto spin, lo studio dei fattori che influenzano il cross-over fra complessi a basso ed alto spin; complessi a triplo sandwich con entità intermedie come P_3 , As_3 , etc.

In complesso mi posso contentare, anche se, guardando indietro, sono convinto di aver speso troppi decenni in mezzo ai composti di coordinazione.

Ma i migliori giudici sono i miei allievi. Una quindicina sono a posto come Ordinari. Gli Associati sono in buon numero e, se non traligneranno, la tradizione fiorentina dei composti di coordinazione sarà affermata.

Io mi contento.

G.B. Marini Bettolo (*)

CINQUANT'ANNI DI CHIMICA ORGANICA IN
LABORATORIO ED IN AULA

Il privilegio dell'età mi consente di par
larvi di cinquant'anni di esperienza di
chimica organica, dal marzo 1934 quando so
no entrato come interno dell'Istituto Chi
mico dell'Università di Roma durante il
mio primo anno di studio di Chimica, ad
oggi.

La decisione di frequentare un laborato
rio di Chimica organica, non era dovuta
ad un caso, ma ad una mia precisa scelta
dipendente dal mio carattere in quanto ri
tenevo che la chimica organica consentiss
se di esercitare la fantasia, di costruire
qualcosa di nuovo, mentre le altre disci
pline mi richiamavano a misure ed anali
si a me poco congeniali.

Il laboratorio dove dovevo passare alcu
ni anni era situato in un enorme stanzo
ne al secondo piano di Via Panisperna.

(*) Facoltà di Scienze MFN
Università di Roma "La Sapienza" e
Istituto di Chimica
Università Cattolica S. Cuore, Roma

Dopo laureato mi trasferii nel laboratorio di Oscar d'Agosti
no e nel 1941 alla Città Universitaria.

Pedro Piutti che mi accoglieva come interno era appena rien
trato in Italia dopo un soggiorno all'Università di Monaco
di Baviera nel laboratorio di Hans Fischer che rappresentava
in quegli anni uno dei centri più avanzati della chimica or
ganica dove si erano ottenuti risultati memorabili come la
sintesi delle porfirine.

Piutti aveva portato a Roma non poche novità introducendo me
todi di avanguardia e cioè sintesi con piccole quantità di
sostanza e la microanalisi elementare.

In quegli anni l'impostazione della chimica era data dalla
scuola germanica ed il mio primo impatto fu di ricevere in
mano un Gattermann, in tedesco, che mi avrebbe fornito istru
zioni per eseguire la preparazione di un prodotto.

Piutti esigeva che si traducesse la prescrizione in Italiano
e che fosse trascritta su un quaderno o un foglio in bella
copia e che al testo tradotto si aggiungessero le osser
vazioni, le quantità usate, le rese etc. in modo da stimola
re l'interesse e soprattutto lo spirito critico. La prepara
zione non doveva essere infatti l'esecuzione di una ricetta,
ma un procedimento chimico su cui ragionare ed eventualmente
da migliorare.

Nei primi passi utilizzai l'esperienza di un mio compagno di
studi del mio stesso corso entrato interno alcuni mesi prima,
Canzio Casini Cortesi, e così prima di ottobre riuscii a to
talizzare una quarantina di preparazioni di diverse sostanze
non tutte reperibili sul Gatterman. Infatti Piutti mi fece
conoscere il Beilstein, mi insegnò ad usarlo e a risalire ai
testi originali per trovare le preparazioni richieste.

Imparai anche ad usare le moderne tecniche preparative della
chimica organica e soprattutto a lavorare su piccole quanti
tà di sostanza per purificare e cristallizzare i nuovi pro
dotti che Piutti andava preparando.

Egli cercò anche di insegnarmi la microanalisi: una vera ri
voluzione nella chimica organica di allora. Si usava infatti
normalmente a questo scopo per il carbonio ed idrogeno il
grande apparecchio di Liebig, che richiedeva più di cento
milligrammi di sostanza per determinazione, era dotato di
complesse apparecchiature a bolle contenenti KOH per assor
bire la CO_2 , un tubicino di cloruro di calcio per l' H_2O , e
che richiedeva una operazione che durava molte ore, mentre
meno di un'ora era sufficiente per una microanalisi secon
do il metodo di Pregl.

Ma se pungolato riuscii a fare abbastanza bene le microa
nalisi, almeno il C-H e l'azoto - ricordo ancora come un
incubo le rigide prescrizioni per effettuare queste analisi
- non finii microanalista, perchè un giorno preso il corag

gio a quattro mani chiesi a Piutti di farmi tornare alla chimica preparativa perchè "mi pareva di riuscire meglio"! Non lo avessi mai detto Piutti mi disse che ero un illuso a pensare che riuscissi bene nelle sintesi e poco mancò che non fossi liquidato definitivamente.

La mia esperienza, sia pure breve, dell'analisi organica mi fu però sempre preziosa sia per l'impostazione metodologica sia per la mentalità sistematica della microanalisi, che esige tra l'altro che si operasse su campioni molto puri.

Ho tradotto questa esperienza, anni dopo, nel mio testo di Reazioni organiche. Il capitolo del volume pubblicato nel 1945 fotografa in un certo modo lo stato dell'analisi organica in quegli anni di transizione tra i metodi classici e i micro metodi di Pregl che consente in quegli anni di operare con tecniche micropreparative nella sintesi e soprattutto di analizzare piccole quantità di sostanze, consentendo così di effettuare determinazioni di sostanze naturali isolabili solo in piccolissime quantità: vitamine, ormoni etc.

Il duro apprendistato con Piutti mi consentiva in poco più di un anno, dedicando tutte le ore non impegnate per le lezioni al laboratorio ed alla biblioteca, ad affrontare anche dei piccoli spunti di ricerca. Piutti volle premiare questa mia costanza associando il mio nome per la parte sperimentale ad un lavoro, licenziato nel gennaio 1936, che egli non riuscì a vedere stampato perchè morì nella primavera vittima di una violenta epidemia di tifo che colpì Roma in quell'anno.

Pedro Piutti anche se non aveva potuto nel brevissimo periodo trascorso mostrare tutto il suo valore lasciò una profonda impronta innovatrice portata dall'esperienza di Monaco all'Istituto Chimico introducendo nuove tecniche nella chimica organica rimasta fino ad allora a Roma aderente alle metodologie classiche.

E' stata una grande fortuna per la mia formazione che Nicola Parravano chiamasse Dino Dinelli a sostituire Piutti. Dinelli si era perfezionato anche lui a Monaco di Baviera. Era Uomo di grande preparazione teorica e pratica, dotato di una capacità di trascinare con un carattere aperto ed entusiasta; mi fece partecipe dei suoi problemi di ricerca e mi insegnò nuove tecniche e soprattutto come affrontare la ricerca.

Ricordo la mia ammirazione per il suo lavoro per isolare e caratterizzare il colorante delle Uova di Casuario - una porfirina - e le sue sintesi nel campo dei pirroli. Queste richiedevano la preparazione di intermedi lunga e complessa che talvolta ci obbligava a lavorare, sia pure a turno, ventiquattro ore filate.

Dal pirrolo si virò poi verso la chimica del furano per cercare di spiegare il particolare comportamento dell'alcool furilico allora studiato da Giorgio Roberti, un tema che ci

doveva portare abbastanza lontano.

In quel periodo l'uso dei mezzi fisici per studiare le proprietà delle sostanze organiche era inaccessibile più che sconosciuto. Uno spettro UV costituiva già un'impresa. Per tanto la dimostrazione di una formula si basava sulla demolizione successiva della molecola in esame ed il confronto diretto dei composti risultanti con sostanze note o sintetizzate a questo scopo. L'uso della distillazione su rame o su zinco era il solo sistema per mettere in evidenza la natura dello scheletro fondamentale del composto. L'idrogenazione catalitica permetteva di stabilire i doppi legami e semplificare il prodotto.

Questo significava, tempo, lavoro, pazienza e disponibilità di materia prima, cosa non sempre facile nel caso di composti naturali.

Questa impostazione della chimica organica caratterizzava allora l'insegnamento della Chimica organica tenuto dal Professor Guido Bargellini con grande prestigio, basato su una vita dedicata alla ricerca. Questa iniziata accanto a Cannizzaro, si sviluppò successivamente su linee originali orientate soprattutto sulle sostanze naturali e la loro sintesi. Il suo insegnamento, diretto - non solo ai chimici - ma anche agli studenti di Farmacia e Scienze Naturali era estremamente chiaro e logico. Fondato sulle proprietà delle funzioni chimiche, si sviluppava attraverso i principali temi della chimica organica, e affrontava a fondo lo studio delle sostanze proteiche e quello dei glucidi direi anche con una certa modernità.

Alle reazioni faceva seguire anche alcuni cenni descritti vi sull'impiego e l'importanza di alcune sostanze dando al suo corso un taglio che oggi potremmo definire di "propedeutica biochimica", ma senza trascurare gli aspetti industriali: i coloranti, gli esplosivi, i grassi. Il giovane usciva, dal suo corso, che era integrato da esercizi che mettevano a buona prova la sua logica e le sue intuizioni, con una base solida e la nozione dei problemi pratici oggetto della chimica organica.

Purtroppo oggi al necessario ed indispensabile studio dei meccanismi di reazione non si abbina una parte descrittiva che ha la funzione di portare le nostre conoscenze teoriche nella realtà contingente e cioè di fronte ai problemi quotidiani della professione del chimico.

I risultati di questo tipo d'insegnamento si possono esprimere nella risposta di un neo-laureato all'esame di Stato di Chimica, alcuni anni fa che ricevetti ad una domanda non certo fuori posto: "Non conosco i grassi né li voglio conoscere".

In quel periodo, parlo degli anni tra il 1935 e gli anni del

la Guerra 1940-'45 si avvertono i fermenti di quella che doveva essere la nuova chimica organica e soprattutto l'apporto della chimica fisica. Se ne discuteva spesso con Dinelli in laboratorio in relazione ai metodi per risolvere miscele racemiche. Eravamo perplessi per trovare un collegamento tra la realtà sperimentale con quella che si riteneva la formula di struttura, gli equilibri dinamici tra varie forme tautomere in cui si rilevava la discrepanza tra le proprietà additive e la formula. Mi ricordo di essermi in quegli anni lanciato ad acquistare un libro abbastanza famoso ed avanzato per allora i "Grundlagen der Organischen Chemie di Walter Huckel e di averlo letto e riletto con grande interesse.

La venuta a Roma come assistente di Giordano Giacomello - dopo un lungo soggiorno presso Mark a Vienna e presso Ruzicka a Zurigo - ci portò nuove idee e nuovi metodi e nuovi problemi, non solo l'indagine reontgencristallografica per stabilire inequivocabilmente le strutture dei composti organici naturali di più difficile struttura, ma anche altri metodi chimico fisici quali mezzi per la conoscenza della molecola organica e delle sue proprietà; l'adozione del numero di ossidazione nei composti organici, i primi riflessi delle teorie elettroniche di Robinson per la spiegazione della reattività.

La mia ricerca intanto, dopo che Dinelli ebbe lasciato l'Università per una brillante carriera nell'industria,

fu orientata su tre linee, la prima sulla sintesi nel campo dei composti flavonici, ispirata da Guido Bargellini e l'altra sui derivati del furano, prosecuzione del mio lavoro di laurea, ed infine una personale sui chinoni. Lo studio del furano mi portò ad occuparmi di mercurazione dei furani ed a isolare un particolare composto tra aldeide furanica, furfurolo, e cloruro mercurico che rappresentava in un certo senso un prodotto al limite tra i composti inorganici e quelli organici.

Il mio incontro con questo "addotto", mi permise di entrare da un lato nello studio della mercurazione e sulle sintesi che si potevano realizzare con il $HgCl_2$, ma anche ad approfondire, sia pure in seguito, la struttura di questi addotti carbonilici con tecniche chimico fisiche moderne in collaborazione con il mio allievo Leonello Paoloni che si era affermato negli studi meccanico quantistici applicati alla struttura delle molecole organiche.

Un altro campo che mi aprì l'addotto furfurolo-cloruro mercurico fu la collaborazione delle patologie vegetali nella ricerca di nuovi anticrittogamici. Questo rappresentò il mio primo contatto con la realtà biologica, molto più legata ai problemi chimici di quanto il chimico non possa pensare.

In quegli anni, l'inadeguatezza della formulazione classica della chimica organica, la rigida divisione della chimica del carbonio con quella degli altri elementi non poteva risultare soddisfacente non solo per un ricercatore ma soprattutto per un didatta.

Questo fu il caso di Arturo Miolati che ho avuto la ventura di conoscere e di ammirare durante gli anni della guerra quando per iniziativa di Carlo Sandonnini e di Giovanni Semerano divenni suo quotidiano visitatore nella sua casa di Via Settembrini a Roma dove viveva ritirato tra i suoi libri in una fervente attività intellettuale che gli faceva talvolta dimenticare le durissime realtà del momento.

Le limitazioni di energia elettrica ed altre difficoltà non consentendomi di frequentare il laboratorio all'Università tranne che la mattina, passai così quasi tutti i pomeriggi per lunghi mesi a parlare e discutere con Miolati sulle sue teorie della chimica organica che egli stava scrivendo, e a consultare le sue collezioni di libri, soprattutto il Zentralblatt.

Anche se non ero sempre convinto di tutti gli argomenti che Miolati nella maturità delle sue conoscenze cercava di portare per colmare la divisione tra chimica del carbonio e quella degli altri elementi, comprendevo che si cercavano nuove vie, come d'altronde andava cercando Bonino a Bologna, per spiegare il comportamento dei composti organici e dare una più razionale interpretazione delle reazioni organiche. Le idee di Miolati, malgrado non potessero essere tutte accettabili nella estrema semplificazione cui riduceva la chimica organica, erano tuttavia un indice dell'insoddisfazione delle formulazioni della Chimica organica classica. Negli anni successivi le nuove idee sulla chimica organica pervenute dall'Inghilterra dovute soprattutto al Robinson, saranno acquisite in modo entusiasta da Mangini e dai suoi discepoli a Bologna, che ne diventano gli antesignani in Italia.

Bisogna pensare che in quegli anni si discuteva ancora sulle formule di struttura del colesterolo e che il fronte più avanzato delle sintesi utilizzava metodi come il Grignard o le reazioni di Diels e Alder.

Portato ad una impostazione piuttosto pratica mi preoccupavo invece di un aspetto pratico della didattica della chimica organica e cioè la metodologia preparativa ed analitica.

Man mano che si ampliavano i miei orizzonti della chimica organica mi colpì che non vi fosse un insegnamento per la preparazione dei composti organici, che esponesse regole semplici ed istruzioni pratiche per eseguire le principali operazioni di sintesi organica sulle quali poi fondare uno schema per la preparazione dei più diversi composti.

Molti dei miei colleghi di corso - che non avevano avuto la occasione di entrare interni, come pure quelli che operavano in altri laboratori si erano laureati infatti senza avere l'idea di come eseguire una preparazione di un composto organico e tanto meno un'analisi, seppure erano in grado di fare bene i relativi calcoli stechiometrici, oggetto di esercitazioni alla lavagna e dell'esame di Stato.

L'esperienza del Gattermann era stata per me positiva, perchè avevo acquistato la manualità, ma non formativa.

Pensai allora di rovesciare l'impostazione di questo ottimo testo, raccogliendo un certo numero di preparazioni rappresentative di diverse e fondamentali operazioni, secondo la linea dell'enciclopedia dell'Houben.

I tempi erano maturi per queste esercitazioni e lo spazio era anche disponibile nel nuovo Istituto di Chimica alla Città Universitaria. Nel nuovo Istituto, dove ci eravamo fortunatamente trasferiti, incombentè la Guerra, si iniziarono nel 1941 i corsi di preparazioni organiche.

Nel 1945 nel primo dopo guerra potevo raccogliere gli appunti di questo corso costituito da elementi teorici e pratici che apparve in forma di dispense e fu il precursore di due successive edizioni edita da Sansoni a Firenze nel 1952 e nel 1965.

In questa occasione ebbi molti dubbi ed esitazioni. Uno di questi era il meccanismo della riduzione selettiva che mi portò - anche con l'aiuto di Giulio Milazzo - ad approfondire lo studio dei potenziali di ossido-riduzione di alcune sostanze organiche, oltre che quello dei reattivi e soprattutto di individuare il potenziale apparente di reazioni irreversibili come allora si chiamava, di taluni aggruppamenti caratteristici. Questo consente infatti di scegliere, in caso della coesistenza di più funzioni riducibili il reattivo più idoneo per lo scopo voluto. Queste cose oggi sono abbastanza ovvie ma non tanto in quegli anni.

Tra i metodi analitici e preparativi si introduceva anche allora la cromatografia nella sua prima forma di cromatografia di adsorbimento di cui si intuiva la grande importanza soprattutto per lo studio delle sostanze naturali. Negli anni precedenti avevo avuto l'incarico d'insegnamento del secondo Corso di Chimica Organica II, per studenti di Chimica.

In accordo con il Prof. Bargellini impostai un corso monografico costituito da una parte fissa che trattava sistematicamente delle funzioni chimiche dei composti organici e da una parte più propriamente monografica volta a illustrare taluni capitoli di notevole importanza, ma non sufficientemente trattati nel corso fondamentale, come i composti aliciclici, i coloranti, i composti eterociclici. A questi capitoli avevo dato un'impostazione biochimica

indulgendo particolarmente sulle strutture e le proprietà di composti naturali di interesse biologico, vitamine, pigmenti, alcaloidi etc.

La linea di questa trattazione era quella rigorosamente classica esponendo tutti i passaggi delle sintesi di composti particolarmente impegnativi, ma anche le demolizioni di complicate molecole organiche per dimostrare le strutture dei composti naturali sulla base del comportamento chimico ma soprattutto del riconoscimento e del raffronto dei loro prodotti di degradazione. In questo modo si cercava di formare nei giovani una mentalità valida ad affrontare problemi nuovi di ricerca.

LA CHIMICA DI UNA NUOVA SOCIETA'

Nel 1947, in primavera, spinto dal mio animo avventuroso e curiosodi novità, lasciata l'Università di Roma, mi trasferii all'Università Cattolica del Chile, a Santiago come professore a contratto di Chimica.

Non approvato dai miei Maestrin bruciai così simbolicamente le navi che mi potevano riportare nell'Università alla quale riapprodai solo nel 1971 circa venticinque anni dopo. Malgrado tutto è stata un'esperienza, e non solo chimica ma umana, cui non rinuncerei anche oggi, che mi ha messo in contatto non solo con i problemi, ma anche con le ansie dei giovani docenti di questi Paesi, tesi ad affermare una loro individualità scientifica e professionale tra difficolta e contraddizioni di una società ancora non capace di comprenderli nè di aiutarli.

Si deve alla tenacia di questi giovani colleghi e discepoli se oggi a distanza di molti anni si è avuta una sostanziale importante evoluzione in America Latina nel campo delle scienze e particolare della Chimica.

La situazione che trovai a Santiago nel campo della Chimica era sconcertante e può essere di esempio a quanto si può ancora verificare per chi si rechi quale pioniere in nuovi centri di studio e di ricerca da organizzare in Paesi in sviluppo.

Sulla carta esisteva una fiorente scuola di Chimica rappresentata da docenti, di origine germanica, i quali tagliati dalle loro radici si erano insteriliti in una docenza alla quale dedicavano tutte le loro energie ma che era stereotipata in quanto si erano allontanati da quel motore di ogni attività indispensabile per l'uomo di scienza, e cioè dalla ricerca.

Dall'altra parte un piccolo gruppo di giovani docenti cileni di formazione biologica, reduci da periodi di studio negli Stati Uniti, che attraverso la Chimica biologica cercavano di portare un rinnovamento nell'insegnamento della chimica.

In loro, e soprattutto in Joaquin Luco, fisiologo e direttore della Scuola di Medicina, trovai il pieno appoggio per le mie attività quale Professore di Chimica presso la Facoltà di Medicina.

Il mio compito era di integrare vari corsi con un certo numero di lezioni. Così cominciai ad insegnare la chimica organica propedeutica nel corso di Chimica biologica, poi a quello di ingegneria chimica facendo una specie di jolly dell'insegnamento chimico all'Università.

Ma il mio compito principale era di dedicarmi ad organizzare un laboratorio di ricerche. Spazio e banconi ve ne erano, anche se per il 95% costruiti per le esercitazioni degli studenti. Prodotti chimici poco o niente, vetreria una certa dotazione, però non molto adatta alla chimica organica discreta per la chimica analitica e naturalmente niente smerigli ma solo tappi di sughero o di gomma, Biblioteca chimica praticamente inesistente. Eventuali prodotti andavano ordinati negli Stati Uniti attraverso una procedura defaticante e lunghissima, (permessi d'importazione, etc.); qualche prodotto si poteva acquistare nei magazzini di alcune farmacie di Santiago e presso una industria chimica di farmaceutici e coloranti, il Sanitas. Qui trovai una discreta biblioteca, chimica con il Beilstein ed alcune riviste importanti, dovuta all'iniziativa del biochimico e uomo politico chileno Eduardo Cruz Coke. L'amico Hector Croxatto, fisiologo della Università Cattolica e consulente di quel complesso industriale mi facilitò molto il mio accesso alla biblioteca dove facevo una spedizione settimanale.

Malgrado le difficoltà il laboratorio di ricerca prese forma pian piano. Ero credo l'unico professore a tempo pieno dell'Università ed il personale amministrativo accompagnava i visitatori stranieri ed i personaggi importanti cileni per fare loro ammirare il fatto che avessero un docente straniero sempre presente in laboratorio.

Ma non bastava il laboratorio bisognava scegliere e portare a fondo delle ricerche. Dopo essermi reso conto delle difficoltà che implicava la sintesi - malgrado ciò riuscii a mettere a punto delle reazioni di condensazione con l'impiego di cloruri di metalli - mi dedicai allo studio delle sostanze naturali: l'isolamento e la caratterizzazione di nuovi pigmenti flavonici come la policladina, e lo studio delle alghe del Pacifico meridionale furono i principali temi delle mie ricerche.

Nella didattica ormai lo studio dei metodi chimico-fisici per stabilire le strutture dei composti organici erano diventate obbligatorie dopo gli sviluppi in Gran Bretagna e negli Stati Uniti della Chimica delle sostanze naturali e soprattutto degli antibiotici.

Esposi queste nuove metodologie ai miei brillanti allievi

in una serie di lezioni, pubblicate successivamente in Uruguay, come pure sui nuovi metodi per l'isolamento delle sostanze organiche.

In quel periodo si stava passando dalla reazione cromatica, così utile in chimica farmaceutica e bromatologia agli spettri di assorbimento nell'U.V. e Visibile alla spettroscopia IR e questo costituiva un vero salto di qualità nella ricerca in chimica organica.

A Montevideo, presso la Facoltà di Chimica e Farmacia, dove passai un po' più di un anno dopo il soggiorno in Chile trovai maggiori mezzi per la ricerca ma soprattutto un contatto vivo e proficuo con i colleghi chimici di Buenos Aires, e primo tra questi il Prof. Venancio Deulofeu che è stato il vero apostolo della chimica organica moderna in America Latina ed il fondatore della scuola di chimica organica argentina.

Le nostre esperienze messe insieme ci portarono a chiarire la struttura di un flavone presente nelle foglie di Ombu la pianta nazionale della pampa argentina con metodi di lavoro che sebbene ancora classici tenevano ormai conto dei moderni apporti delle caratteristiche chimico fisiche.

Nella mia qualità di professore di ricerca, avevo il compito di formare in laboratorio i più brillanti giovani che frequentavano i corsi di chimica, cercavo di entusiasmarli per la ricerca chimica e di dare un'immagine del chimico-professore un po' diversa da quella a loro abituale che era quella di un saggio dedito allo studio dei libri e che trasmette le sue idee in un certo numero di lezioni ex cathedra "La ricerca è l'indispensabile ingrediente per la formazione del docente" insistevo per manifestare la necessità della continuità della formazione attraverso il continuo rinnovamento nella ricerca.

LA RICERCA: FARMACI E SOSTANZE NATURALI

Durante il mio soggiorno in America avevo mantenuto intensi scambi epistolari con i colleghi ed amici del mondo chimico italiano ed in particolare con l'amico Giulio Milazzo che si impegnò finchè Domenico Marotta mi offrì la possibilità di integrarmi nel nuovo laboratorio di Chimica terapeutica all'Istituto Superiore di Sanità nel nuovo laboratorio sorto intorno a Daniel Bovet. Questo scienziato si era affermato all'Institut Pasteur nello studio sul meccanismo d'azione dei sulfamidici ed aveva scoperto gli antistaminici ed i curari di sintesi. Dopo varie considerazioni accettai a rientrare in Italia. Il mio compito nella nuova collocazione era quello di progettare e preparare nuovi composti organici in serie da saggiare farmacologicamente per trovare sostanze dotate di spiccate attività farmacologiche. Il primo obiettivo affidatomi era quello di preparare nuovi composti simpato

litici e oxiocitici.

L'indirizzo di questo tipo di ricerca fu sviluppato all'inizio del secolo da Einhorn, che realizzò la sintesi di anestetici locali prendendo a modello la cocaina, e quindi portato ad alto livello da E. Fourneau.

Esso è fondato sull'osservazione che l'attività di una sostanza naturale alcaloide o glucoside può essere attribuita alla sua struttura molecolare o meglio ad una parte della sua struttura. Di qui l'idea di studiare l'attività di una molecola che contenga le parti essenziali all'attività biologica presente nella molecola naturale.

Bovet aveva applicato con grande successo questa teoria alla sintesi di sostanze curarizzanti giungendo a prodotti come la galamina e la succinilcolina affermatesi in clinica come coadiuvanti nell'anestesia chirurgica.

Quando entrai in laboratorio si lavorava ancora alla preparazione di una serie di derivati ammoniacali bisquaternari per stabilire l'effetto della distanza tra i gruppi, il comportamento di queste sostanze legato all'ingombro della molecola e alla definizione di quelli che erano i leptocurari ed i pachicurari. Essendo questo argomento oramai esaurito e svolto dal gruppo, allora guidato da Raffaello Fusco, fui invece impegnato da Bovet a preparare derivati di una molecola che simulasse il sistema presente nell'acido lisergico, le cui ammidi costituiscono gli alcaloidi naturali del fungo infestante della segale, la Claviceps purpurea.

In lunghe discussioni con Bovet e dopo avere approfondito la teoria delle molecole modello, dell'isosteria, dei gruppi funzionali, si scelsero come modelli semplificati, le ammidi della β tetraidronaftilammina seguito poi da quelle della fenilettilammina.

Da queste idee nacquero e presero forma circa trecento nuovi composti. La loro preparazione si effettuava secondo metodi classici che non offrivano grandi difficoltà, a parte la preparazione della materia prima, la β -tetraidronaftilammina che ottenemmo con Stefano Chiavarelli in quantità notevoli mettendo a punto la idrogenazione della β -naftilammina sotto pressione in presenza di nichel Raney.

Altri problemi si presentarono per la separazione di antipodi ottici che fu realizzata per il 6211S un ottimo oxiocito utilizzando la tecnica del diagramma di solubilità di Northrup per separare i tartarati diastereoisomeri di questi composti.

La possibilità di vedere in giornata i risultati biologici di un nuovo composto, preparato in laboratorio è certamente un fatto molto stimolante per il chimico che si impadronisce al di fuori dello studio delle sintesi, del processo creativo del farmaco.

Mi resi conto dall'esperienza quotidiana che in una molecola attiva si dovevano distinguere due parti una legata alla struttura e cioè alla forma della molecola ed alla struttura spaziale, alla quale si dovevano attribuire un'attività biologica generica e l'altra a dei gruppi funzionali - capaci di reagire con il substrato, e pertanto capaci di indurre attività specifiche diverse. Trovavo infatti una prova di questo nel fatto che due derivati - molto simili, che differivano per la lunghezza della sola catena ammidica - rappresentavano l'uno un simpatolitico di notevole interesse e l'altro un oxiocico ad elevata attività.

A questo punto non siamo molto lontani dalla teoria dei recettori, che richiede la presenza di un sito attivo - in quegli anni puramente teorico - e che oggi grazie ai progressi della biologia molecolare è in molti casi individuato come sequenza di determinati ammino-acidi in una molecola proteica.

Le teorie sono utili per il progresso della scienza in quanto per confermarle si richiedono nuove esperienze, che invece portano a dubbi e quindi a nuove teorie. In questo caso le variabili indipendenti in un sistema biologico condizionano molto i progetti della sintesi di un prodotto attivo ad hoc perchè va tenuto conto oltre che della natura del recettore, del metabolismo del farmaco, dell'interazione con altre sostanze specifiche ed aspecifiche presenti negli organismi, delle loro proprietà chimico fisiche che ne condizionano la distribuzione, la permeabilità e la combinazione. A questo si aggiungono le sue proprietà biochimiche e l'azione dei sistemi enzimatici presenti nel sangue e nei tessuti viventi.

La teoria espressa da Hantsch in quegli anni per prevedere l'attività di una molecola in base alle sue caratteristiche chimico fisiche è brillante ma non ha avuto la generalizzazione che ne avrebbe assicurato il successo proprio per queste ragioni.

Oggi che oltre all'attività farmacologica si richiede anche una scarsissima tossicità a breve e lungo termine il problema è divenuto ancora più complesso. I mille poi i tremila nuovi prodotti che si devono sintetizzare per trovarne uno che superate anche le prove cliniche e possa essere ammesso in terapia sono da tempo superati. Anche se migliaia di nuovi composti sintetizzati e saggiati biologicamente in questi anni forniscono un vastissimo materiale sperimentale su cui basare le nuove ricerche, queste oggi sono divenute talmente complesse che possono essere seriamente progettate solo con l'impiego di un computer e da parte di gruppi che operano nell'industria. Allo studio tetraidronaftilammine seguirono quello delle fenilettilammine e poi dei derivati dell'ammino-metil-benzodiossano molto attivi ed interessan

ti.

All'impegnativo lavoro di sintesi, in un certo modo ripetitivo che veniva svolto e sviluppato in gruppo con i miei colleghi tra i quali ricordo Stefano Chiavarelli, Luca Renzi, Rodolfo Landi Vittori, Maria Iorio e tanti ospiti italiani e stranieri, associavo, anche ricerche sia su taluni particolari meccanismi di reazione - la tautomeria dei benzodiossani studiato con Leonello Paoloni e - lo studio delle strutture di sostanze naturali soprattutto degli alcaloidi di Strychnos svolto con C.G. Casinovi.

In questo periodo si può dire che le tecniche chimico fisiche che entrano di prepotenza nella chimica organica, prima la spettroscopia UV e Visibile, poi l'IR diventando strumenti quotidiani, rivoluzionano la ricerca abbreviandone e semplificandone i metodi. Ma sorge allora anche la necessità di sviluppare una nuova mentalità che costituisca la impostazione classica della ricerca in chimica organica: si fa sempre meno ricorso alle reazioni chimiche per sostituirle con esami chimico fisici non distruttivi. Alla spettroscopia elettronica e vibrazionale si aggiunge presto quella di massa, con grande successo.

Questi problemi vengono ancor più accentuati quando si cominciano ad usare i primi maneggevoli apparecchi per la spettroscopia di Risonanza Magnetica Nucleare.

Dopo lo sforzo iniziale per apprendere la teoria la tecnica e la ricerca sulle molecole organiche ed in special luogo quelle di origine naturale diviene routine. Nei casi ancora più difficili la disponibilità di utilizzare la diffrazione con i Raggi X, uscita dal periodo pionieristico, ed applicabile anche allo studio di sostanze organiche senza atomi pesanti.

E' il periodo che una battuta di una vignetta apparsa in un giornale scientifico americano rappresenta bene:
NMR= No More Research.

Per le sostanze naturali oramai non vi sono più essenziali problemi creativi ed innovativi e dalla ricerca si passa oramai all'esercitazione.

In questo periodo assumono grande importanza per la chimica organica i metodi di separazione preparativi, oltre che analitici, fondati su sistemi di distribuzione tra fasi.

L'abbinamento dei sistemi chimico fisici analitici (spettroscopia) e preparativi (soprattutto cromatografia) mi ha permesso in quegli anni di isolare e caratterizzare molte nuove sostanze ma soprattutto nuove sostanze che rappresentano un nuovo nucleo che si incasella in quel quadro complesso che è il metabolismo secondario delle piante.

Voglio solo ricordare il sistema del pirido-carbazolo, come l'olivacina, lignani come la centrolobina, la skitantina e

il cocliochinone.

D'altra parte l'introduzione dei nuovi concetti teorici sulla struttura elettronica dei legami e sul loro comportamento diventava sempre più necessario per comprendere e quindi utilizzare i metodi chimico fisici necessari per lo studio delle sostanze naturali e di tutta la moderna chimica analitica organica.

IL RITORNO ALLE ORIGINI

Nel 1961, dopo una parentesi di undici anni, venni incaricato del corso di Chimica per studenti di medicina alla nuova Università Cattolica del Sacro Cuore che stava sorgendo sui colli della Pineta Sacchetti.

Metà del corso a mio avviso, secondo i dettami della scuola di Bargellini - dovevano essere dedicati alla chimica organica.

Adottato il testo del mio Maestro, introducendo alcuni concetti della Chimica organica moderna, senza togliere quella parte funzionale e descrittiva così utile efficace e formativa per chi dovrà utilizzare la chimica organica come linguaggio e poi come strumento per adire alla chimica biologica prima, poi alla fisiologia e quindi alla farmacologia. Questi ammodernamenti, allora di avanguardia in un corso per studenti del primo anno, orbitali, mesomeria risonanza, legami chimici e loro natura erano stati adottati da me dopo lunghe discussioni con i miei allievi, come Leonello Paoloni. Questi ammodernamenti li avevo già trasfusi nella seconda edizione delle mie Reazioni organiche, un libro da "bancone" di laboratorio ma non privo di spunti teorici.

Bargellini che dopo avere lasciato l'insegnamento mi era vicino all'Istituto Superiore di Sanità, mi approvò.

Riporto a questo proposito quanto ebbi a dire commemorandolo nel 1965:

"L'ultima edizione dei suoi testi che egli curò è stata quella del Breve corso per Studenti di Medicina finita di stampare nel 1963 poche settimane dopo la sua scomparsa. Mi aveva voluto associare a questa edizione perchè la sua salute andava declinando e non sentiva la forza di apportarvi da sé tutte quelle modificazioni che l'evoluzione della materia rendevano necessarie, e di addossarsi quegli impegni di tempo e di preoccupazioni che richiede la stampa di un volume.

Ricordo però con quanta lucidità fino al mese di luglio del 1963 discuteva con me quando andavo a trovarlo a casa, che già trovava difficoltà a muoversi, le mie proposte di introdurre taluni nuovi concetti che avevo già sperimentato con successo con i miei studenti e come egli, che si poteva considerare un chimico organico classico, abbia accettato di

introdurre le teorie moderne nel contesto della sua classica costruzione. Egli non era contrario o lontano dalle nuove teorie e dai metodi moderni della chimica organica, ma riteneva che questi dovessero poggiare sul terreno solido della chimica organica classica come egli sosteneva quando scriveva:

"Quando lo studente si è fatto un buon fondamento di chimica organica classica, può costruirsi sopra come vuole, innalzarsi sopra un edificio alto come vuole e quanto le sue forze gli permettono; potrà dopo riguardarlo alla luce di nuove teorie che gli faranno vedere nuove verità, ma deve sentirsi il terreno solido sotto i piedi".

Ventiquattro anni d'insegnamento di Chimica per studenti di Medicina chiamato oggi Chimica e propedeutica biochimica dal 1961 ad oggi costituiscono un lungo periodo di lenta autocritica e di maturazione didattica.

Ho dovuto constatare in questi anni che seppure non esattamente nei termini intuiti da Miolati non esiste l'abisso tra la chimica del carbonio e quella degli altri elementi: creato artificialmente da presupposti storici e didattici. Esistono solo delle particolari proprietà del carbonio, quelle di formare lunghe molecole, di formare anelli, di legarsi con altri elementi, una molteplicità di strutture: tetraedrica, trigonale, lineare, una reattività straordinaria, il punto di fusione generalmente basso dei vari composti. Ma le leggi della chimica, quelle che governano i fenomeni chimici in generale sono comuni a tutti gli elementi, carbonio compreso.

Le differenze che marcano la chimica del carbonio da quella che chiamerei con l'antico nome francese, chimica minerale, sono più delle tecniche di lavoro, e questo per le particolari proprietà chimico fisiche delle sostanze organiche. In questi anni ho cercato di trasmettere molte idee e non solo ripetere formule ai miei allievi tenendo conto della proiezione biochimica del corso della necessità degli studenti di affrontare i problemi della biologia moderna sottolineando particolari aspetti della chimica e della chimica organica.

La forma della molecola che va dalla direzione dell'orbitale al legame, dal legame alla molecola e da questa al cristallo, sia esso quarzo o emoglobina, ghiaccio o cellulosa, per poi analizzare in termini di forma - conformazione e configurazione - le proprietà dei solidi e le interazioni tra molecole, tra molecole e recettori ed i rapporti struttura e funzione nelle macromolecole.

La funzione degli elettroni nelle molecole, dai legami covalenti omopolari, dove si ha una posizione rigida, agli elettroni delocalizzati nei polieni e nei sistemi aromatici, agli elettroni di particolari legami caratterizzati da orbite

tali molecolari che giustificano per la loro capacità di passare a livello eccitato le proprietà delle molecole, di conferire colore alle stesse oppure di presentare particolari punti di attacco per reattivi. E senza entrare nei dettagli di troppi meccanismi di reazione dare un'idea dinamica di queste molecole organiche per le quali le formule oggi possono costituire dei modi convenzionali di rappresentazione statica di talune proprietà del composto, per il quale non possiamo ancora indicare tutte le proprietà per la complessità delle situazioni degli elettroni che possono variare con le condizioni dell'intorno e con l'energie che interferiscono sul composto stesso.

Il terzo punto sul quale ho orientato il corso è il significato termodinamico di ogni trasformazione a livello chimico, sia come energia di legame, per comprendere la stabilità degli elettroni di legame, sia come entalpia di reazione per spiegare non solo il bilancio energetico di una reazione chimica, ma per introdurre quei concetti generali che spieganano in termini energetici i processi vitali, dal seme che germoglia al lavoro muscolare, dai processi anaerobici a quelli della respirazione cellulare, sia come entropia per spiegare le reazioni irreversibili ed i fenomeni di degradazione dell'energia anche nel mondo vivente della produzione di energia come essenziale manifestazione di vita.

L'introduzione dell'NMR in laboratorio coincide con la costituzione del nucleo del CNR presso l'Istituto Chimico della Università Cattolica. Si imponeva una nuova strategia nella ricerca sulle sostanze organiche naturali.

Abbandonare le sostanze naturali per cercare nuovi e più verdi pascoli nel campo dei meccanismi di reazione, della chimica dei composti metallo organici, o delle macromolecole od anche affrontare nuovamente le vie della sintesi con i nuovi orientamenti mi sembrava un po' un tradimento, d'altra parte la ricerca per la ricerca di nuove sostanze non poteva portare ad interessanti risultati se non vista in un contesto più vasto.

Negli anni '60 malgrado i miei impegni tecnico-amministrativi sempre più gravosi, non avevo abbandonato la ricerca dalla quale trovai si può dire le vere soddisfazioni, dedicando qualche ora al giorno con i miei validi collaboratori. La prima idea - purtroppo non potuta eseguire per una serie di ragioni era lo studio delle interazioni tra molecole e substrati, cioè i recettori.

Si possono aprire anche vie alternative alla ricerca sulle sostanze naturali. Queste ricerche richiedono l'uso di traccianti radiochimici da un lato e dall'altro di tecniche di biologia vegetale.

Inoltre in questi anni si sviluppò attraverso collaborazioni

internazionali la ricerca di nuove sostanze naturali dotate di attività antitumorale. E' stato così possibile mettere in evidenza alcuni composti interessanti, soprattutto perchè consentono di avanzare sempre più nella conoscenza dei fenomeni che possono inibire lo sviluppo della cellula tumorale. Tra i prodotti isolati e studiati ricordo la olivacina la miconidina, il tingenone, lo jatrofone.

Ma anche qui la chimica organica per spiegare il meccanismo d'azione deve fare dei passi avanti utilizzando tecniche chimico fisiche per determinare la natura dei legami tra la molecola attiva ed il suo recettore DNA: di qui lo studio degli addotti con metodi di DOR e di NMR avanzati.

I risultati ottenuti in questi anni nel mondo offrono la base per la futura strategia per la sintesi di nuovi farmaci. Lo studio delle sostanze naturali da un punto di vista biologico ci permette di avanzare l'ipotesi per l'interpretazione di taluni equilibri ecologici tra piante ed insetti.

Oltre alla chimica degli insetti sviluppata in Italia da Adolfo Quilico e dai suoi discepoli oggi si può parlare di sostanze chimiche presenti nelle piante che ne determinano la resistenza agli insetti.

E' con molto entusiasmo che ho cercato di trasmettere ai miei incomparabili collaboratori Franco Delle Monache, Corrado Galeffi, che siamo da alcuni anni entrati in una nuova dimensione della scienza che richiede la collaborazione del botanico e dell'entomologo e che offre un campo appassionante di ricerca.

Se ci si guarda indietro e si considerano sotto questo punto di vista le sostanze da noi isolate per la prima volta, assieme alle migliaia ottenute in tutto il mondo appare un grande quadro che riconduce alla presenza di composti organici naturali i più delicati equilibri naturali che si manifestano sul nostro pianeta. La sostanza isolata è un tassello di questo grande quadro che non è solo interessante per il piacere della conoscenza, ma anche costituisce un'importante indicazione su quale deve essere la via da seguire per trovare sostanze non nocive capaci di difendere le piante più sensibili e più esposte.

Mi chiedo solo se questo sia accettabile come chimica organica sia pure delle sostanze naturali, e se questo ci induce a riflettere che i confini e gli steccati artificiali da noi creati intorno ai nomi ed alle etichette siano oramai sorpassati da una Scienza unica di cui la chimica costituisce certamente uno dei cardini insostituibili.

Il fatto è che oggi sono convinto sempre più che la chimica se vuole essere innovativa deve sempre più entrare nei campi interdisciplinari dai quali riceverà l'impulso per risolvere nuovi impensati problemi e quindi a rinnovarsi ed a evolvere

senza ricorrere ad una sterile ricerca ripetitiva. S'intravedono già molti di questi obiettivi dalle biotecnologie alla preparazione di materiali organici conduttori alle reazioni biomimetiche che implicano una profonda conoscenza dei meccanismi di reazione e degli aspetti energetici fotochimici e termodinamici della biochimica. Il campo è aperto ai giovani che non devono contentarsi del lavoro ripetitivo ed analogico così comodo e facile.

CONCLUSIONI

Consentitemi ora una considerazione finale che forse non entra nel tema della chimica organica direttamente ma costituisce se non altro un'esperienza maturata in questi anni di evoluzione dell'insegnamento e della ricerca.

Quali sono i rapporti tra ricerca ed insegnamento? Oggi abbiamo delle categorie parallele: si vorrebbe il ricercatore da un lato ed il docente dall'altro.

A mio avviso chi fa ricerca non può non fare didattica, anche se questa talune volte può essere limitata alla formazione di giovani nella ricerca. E' infatti un'esigenza che nasce dalla necessità di trasmettere il proprio sapere.

Ma questa attività spesso non esaurisce le necessità della didattica, in quanto il suo orizzonte è limitato a quanto si conosce nei campi che ognuno affronta quotidianamente. Quando si tratta d'insegnare tutta la chimica organica od altro insegnamento non monografico ad un auditorio impegnato, attento e critico, è necessario che il docente s'impegno a sua volta rimeditando ed aggiornando il suo corso agli sviluppi quotidiani della scienza ed adattandoli alle necessità didattiche. Sarà il professore sulla sua esperienza e comunque per suo giudizio a sottolineare le parti essenziali della materia sfumando invece quelle di minore interesse e presentarle adeguatamente a discuterle eventualmente con gli studenti altrimenti basterebbero buoni libri ed eventualmente dei registratori con lezioni registrate in cassette o video cassette.

Il docente trae dalla sua esperienza quotidiana in laboratorio - che è una continua gara di superamento - la evoluzione della chimica organica che deve trasmettere ai giovani. Egli è obbligato così ad interessarsi anche dei campi che non lo riguardano direttamente e così rimane aggiornato in un campo più vasto.

Questo comporta un notevole sforzo ed impegno ma il docente trarrà anche dallo stimolante quotidiano impegno didattico, dai quesiti dei giovani dal loro entusiasmo anche un valido incentivo per la propria ricerca in quanto affronterà di nuovo con senso critico le metodologie e gli scopi del suo lavoro. Il docente deve soprattutto trasmettere la sua esperienza, la sua scienza, deve soprattutto dare. Dalla

esperienza della mia vita posso oggi ritenere che ricerca e didattica devono essere associate perchè chi fa progredire la scienza dovrà essere un Maestro!

Voglio concludere con una riflessione attraverso il mio lungo percorso nella chimica organica ho oggi più che mai viva la sensazione dell'unitarietà dei processi e delle interazioni tra elementi ed elementi, molecole e molecole, indipendentemente dalla loro natura, ma soprattutto del fatto che questi processi, che avvengono con diversi meccanismi data la costituzione della materia, sono comuni a tutto l'Universo, che ci circonda sia esso organico o minerale - oggi ricordo abbiamo molecole organiche nello spazio - secondo un disegno mirabile che accomuna tutto il nostro Creato.

A. TURCHI

NOTE SULLE VICENDE DELL'ISTITUTO
ITALIANO DI STORIA DELLA CHIMICA

Riassunto

L'Istituto Italiano di Storia della Chimica è stato attivo nel periodo 1931-1965, con una breve interruzione tra gli anni 1943-1947. Le sue vicende, segnate dal mutamento della situazione culturale in Italia fra le due guerre e poi nel dopoguerra, aiutano a comprendere le difficoltà, che da sempre si sono incontrate nel nostro paese, a trovare uno spazio autonomo riconosciuto al campo di studi di Storia della Chimica.

A. TURCHI^(*)

NOTE SULLE VICENDE DELL'ISTITUTO
ITALIANO DI STORIA DELLA CHIMICA

La Società Italiana di Storia della Chimica Pura ed Applicata viene fondata il 21 gennaio 1931. Il 19 gennaio del 1938, per decreto ministeriale, la Società assume la funzione e il nome di Istituto Italiano di Storia della Chimica.

La nascita di questa istituzione si colloca ai margini temporali, e in un certo senso culturali, di un periodo caratterizzato da una particolare diffusione in Italia della divulgazione scientifica e degli studi di Storia delle Scienze, influenzati dalle correnti neopositivistiche e pragmatiste che hanno una certa eco nei primi decenni del secolo. E' del 1905, ad esempio, la nascita della Società Italiana per il Progresso delle Scienze e sono questi gli anni in cui F. Enriques, con la fondazione della rivista "Scientia" (1907), tenta di promuovere una riflessione sui metodi e sulla storia della scienza. Questo movimento di pensiero, eterogeneo, strutturalmente debole per le ristrettezze dell'ambiente culturale in cui si muove, si estinguerà alle soglie degli anni '30 sommerso dalla egemonia neoidealista.

Agli inizi del secolo gli studi di Storia della Chimica in Italia, che hanno come punto di riferimento iniziale, negli ultimi decenni dell'800, gli scritti storici di Cannizzaro (1) e, più tardi, del Selmi(2),

(*) Insegnante comandato presso il Laboratorio di Didattica delle Scienze della Facoltà di Scienze Matematiche, Fisiche e Naturali dell'Università "La Sapienza" di Roma.

risultano sporadici e poco sistematici. Gli unici studiosi di un certo rilievo, attivi in questo periodo, sono Icilio Guareschi e Aldo Mieli. Il primo, chimico organico di valore, è curatore, tra l'altro, della edizione italiana del classico testo del Meyer (3), autore di numerosissime voci storiche della Enciclopedia di Chimica (4) da lui curata ed è attivo anche su riviste di livello internazionale (5). Aldo Mieli fonda nel 1919 la rivista "Archivio di Storia delle Scienze" che si caratterizza per il contributo di numerosi ed eccellenti studiosi italiani e stranieri. Tra il 1919 e il 1929 collaborano alla rivista Holmyard, Thorndike, Almagià, Neuberger, Mezger, Lippmann ed altri. L'"Archivio" si fa promotore di iniziative volte a diffondere la Storia delle Scienze in Italia. In particolare, vengono sollecitati e segnalati corsi di Storia delle Scienze nelle Università italiane; Aldo Mieli, per interessamento di Emanuele Paternò, terrà a Roma nel 1919 e nel 1920 due corsi liberi di Storia della Chimica ed un altro corso verrà da lui tenuto nel 1927, nell'ambito della presto abolita Scuola di Perfezionamento in Storia delle Scienze. Attraverso le pagine della rivista Mieli propaganda l'idea della costituzione di un Museo Nazionale e di una Biblioteca di Storia delle Scienze, con esplicito riferimento al Museo di Monaco. Nel 1927 la rivista, che nel frattempo ha cambiato nome in "Archeion", e ha ancor più accentuato il suo carattere cosmopolita^(*), si fa promotrice della fondazione di un Istituto Nazionale di Storia delle Scienze. Questo tentativo, dapprima visto con una qualche benevolenza dall'allora Ministro della Pubblica Istruzione Giovanni Gentile, viene in seguito frustrato dalla atmosfera di sorgente nazionalismo e di cultura autarchica che pervade l'ambiente politico intellettuale degli anni '30. Nel 1930 la rivista sposta la sua redazione a Parigi dove viene fondato il Comité International d'Histoire des Sciences e lo stesso Mieli si trasferisce in Francia dove porta la sua ricca biblioteca personale di storia delle scienze.

La Società Italiana di Storia della Chimica sorge in questi anni di confine tra il declinare delle istanze culturali favorevoli ad uno sviluppo di Storia delle Scienze e l'affermarsi di caratteri marcatamente nazionalisti. Tale aspetto è presente negli scritti dei più rilevanti storici della Chimica di questo periodo: Gino Testi innanzitutto e poi Raffaello Nasini e Giulio Provenzal. Un grande numero di scritti di questi autori riguardano la scoperta e la celebrazione di chimici italiani di ogni epoca. L'origine di questa scelta culturale deriva in parte dalla necessità di trovare punti di riferimento che consentano di inserire, anche storicamente, la Chimica italiana nello sviluppo internazionale della disciplina. L'opera di recupero e di riabilitazione che ha inizialmente un indubbio valore positivo in quanto progetto di ricostruzione di una storia

(*) Questa caratteristica della rivista è sottolineata dal frontespizio scritto in esperanto.

nazionale della disciplina, acquisterà, con gli anni, un segno sempre più nazionalista che costituirà la maggior caratterizzazione culturale programmatica della Società Italiana di Storia della Chimica.

I primi tentativi di una associazione per la Storia della Chimica sono portati avanti dall'anziano Paternò intorno agli anni '20 senza eccessiva fortuna. Nel 1925 nasce la rivista "la Chimica nell'Industria, nell'Agricoltura, nella Biologia e nelle altre sue applicazioni", edita a Roma e diretta da Angiolo Angiolani, con carattere di divulgazione tecnico-scientifica, la quale ospita sin dai primi numeri articoli di Storia della Chimica. Dal 1930 la "Storia della Chimica" diviene una rubrica autonoma della rivista, curata da G. Provenzal. In questi primi anni gli articoli ospitati riguardano principalmente la storia della tecnica chimica, dell'alchimia e i profili biografici di chimici italiani più o meno illustri. Nel 1931 la direzione della rivista, insieme a Testi, Nasini e Provenzal, si fa promotrice della fondazione della Società Italiana di Storia della Chimica di cui viene eletto presidente Raffaello Nasini, e che raccoglie inizialmente una cinquantina di aderenti. La Società si pone come compito statutario quello di diffondere e incrementare gli studi storici della Chimica e si propone la costituzione di uno schedario dei manoscritti esistenti e di una biblioteca. Nei progetti di Raffaello Nasini vi è anche quello di fondare un Museo con un laboratorio annesso in cui poter ricostruire gli esperimenti chimici storicamente più rilevanti. Questo progetto culturalmente avanzato rimarrà, per gran parte, sulla carta anche per la scarsa attenzione che sollevò tra i chimici italiani. In effetti, negli anni seguenti, la Società si dedicò principalmente ad una più generica attività promozionale e alla produzione di articoli sulla rivista. "La Chimica" pubblica i verbali delle riunioni della Società e gli scritti dei suoi membri. Gli articoli dedicati a chimici italiani diventano sempre più numerosi ed iniziano ad apparire, in clima di economia autarchica, scritti dedicati alle antiche produzioni chimiche in Italia. Risultano invece scarsi i contributi su problemi generali ed aspetti particolari della storia del pensiero chimico: nel periodo 1931-1938 si contano non più di 10 articoli su tali argomenti. Gli studiosi più attivi in questo periodo sono Testi (6), Provenzal (7) e Crivelli. Testi è il personaggio più significativo del gruppo: è studioso erudito, con profonde conoscenze di storia dell'Alchimia e di storia della Chimica fino al 1700; di dichiarata fede nazionalista e fascista, il suo scopo programmatico è di ridar lustro e prestigio alle figure dei chimici italiani di tutti i tempi e in particolare "...di dirigere le ricerche non sulle figure di primo piano...ma su tanti ingiustamente oscuri scienziati, su tante dimenticate figure che attendono da tempo la giusta rivendicazione."⁽⁸⁾ Nell'ambito di questo programma Testi inizia a pubblicare a puntate sulla rivista, dal 1936, una accuratissima Bibliografia Italiana di Storia della Chimica, che giungerà fino alla lettera D, che contiene tutti gli scritti concernenti la Storia della Chimica pubblicati da studiosi italiani in varie epoche. Due anni dopo, Provenzal inizia a pubblicare i profili biobibliografici di chimici italiani. Il carattere di rivendicazione nazionalista dei meriti della Chimica italiana che distingue il lavoro di Testi rappresenta anche il motore culturale della Società e spiega il motivo dello stretto

rapporto che intercorre tra questa e il regime fascista a partire dal 1935 e che ha come sbocco la sua trasformazione in istituto pubblicamente riconosciuto e sovvenzionato dallo Stato. Le gerarchie fasciste che si erano mostrate in precedenza assai poco interessate alle proposte culturali avanzate dalla Società e di cui abbiamo fatto cenno, si rivela ora molto più sensibile per un progetto che ha come centro la rivalutazione e la riscoperta delle imprese scientifiche nazionali del passato e del presente.

Sul finire degli anni '30 la rivista "La Chimica" che nel 1936 ha cambiato il suo nome in "La Chimica nell'Industria, nell'Agricoltura, nella Biologia, nelle realizzazioni corporative", si definisce sempre più per una caratterizzazione ideologica di regime.

Nel 1937 Rovesti, Magrini, Dragone-Testi, Gambiglieri, Zoccolli, Testi, Spada, Vitolo ed altri, si fanno promotori della istituzionalizzazione della Società e trovano interlocutori attenti nel Ministro degli Interni Bottai e in quello della Cultura Pavolini. Con l'attivo interessamento dei due gerarchi, nel 1938 viene fondato l'Istituto. Provenzal, che era alla guida della Società dalla morte di Nasini nel 1935, ne diventa il Presidente. La rivista "La Chimica..." diviene Bollettino Ufficiale degli atti e memorie dell'Istituto. Lo Statuto e il regolamento vengono adeguati alla legislazione fascista, soprattutto per quel che riguarda l'obbligatorietà dei soci alla iscrizione al Partito Nazionale Fascista. Ciò causerà solo un anno più tardi l'allontanamento dalla Presidenza di Provenzal, in seguito alla promulgazione delle leggi razziali. Provenzal viene sostituito da Angelo Tarchi, nuovo direttore di "La Chimica". Negli anni 1938-1942 l'Istituto è particolarmente attivo sia in sede istituzionale, per l'appoggio fornito dal regime, sia nella produzione di lavori. L'Istituto propone l'attivazione di corsi complementari di Storia della Chimica nelle Università italiane; ma la proposta, sorretta da Bottai, si concretizzerà solo in due corsi liberi, uno tenuto nel 1940 a Catania da Torretta e l'altro, nel 1941, da Testi all'Università di Roma. L'Istituto si pone anche l'obiettivo di organizzare un Convegno Internazionale di Storia della Chimica in occasione della esposizione universale del 1942 ma le vicende belliche impediranno la realizzazione dell'iniziativa. L'attività editoriale si realizza nella pubblicazione di 6 volumi di atti e memorie(9), costituiti in prevalenza da scritti di carattere biografico, di storia della tecnica chimica, dell'alchimia e, in minor misura, di argomenti più specifici di Storia della Chimica degli ultimi secoli. A cura dell'Istituto vengono anche pubblicati due libri di Testi(10)(11)e uno di Provenzal(12). Dal 1942 l'attività dell'Istituto subisce una notevole rarefazione e un numero sempre minore di articoli compare sulla rivista che ha ancor più accentuato il suo carattere "di regime". L'ultimo numero della rivista esce nell'agosto-settembre 1943; la caduta del regime fascista segna anche la temporanea sospensione delle attività dell'Istituto. Nel dopoguerra la rivista ricompare, edita a Milano, sotto il nome di "La Chimica", diretta nuovamente da Angelo Tarchi. Su un numero del 1947 compare una circolare di Provenzal (13), sopravvissuto alle persecuzioni del fascismo e del nazismo, nella quale si invitano i vecchi soci alla ricostituzione dell'Istituto. La rivista ridiviene organo ufficiale degli atti e memorie dello

Istituto, ma l'appello di Provenzal non pare sortisca particolare effetto. Nel 1954^(*), ad opera di Rovesti e del segretario dell'Istituto, Vitolo, viene compiuto un secondo tentativo. E' convocata una riunione dei soci (risultano 17 soci effettivi a quella data), nella quale viene nominato Presidente Mario Talenti, viene epurato lo Statuto dalla normativa fascista e viene decisa una ricognizione dei vecchi soci che però non ha esito particolarmente positivo. L'ultimo tentativo di rivitalizzare l'Istituto è del 1964, quando viene indetta una assemblea dei soci in cui viene riconfermato Presidente Talenti. Ma, nonostante questi volenterosi sforzi, l'attività culturale dell'Istituto rimane sporadica e legata a singoli scritti che appaiono su "La Chimica" senza vaglio ufficiale. La situazione dell'Istituto risulta precaria anche dal punto di vista istituzionale in quanto il Ministero competente, interpellato sul suo stato giuridico, dichiara che esso deve considerarsi solo un ente di fatto, cioè in pratica non può ricevere contributi statali. La ragione della debolezza istituzionale e culturale dell'Istituto è da attribuirsi sia alla sua particolare storia prima della guerra, con la sua forte connotazione di regime, sia al disinteresse mostrato, se non addirittura al disprezzo, dell'ambiente accademico nei confronti della Storia della Chimica. Morti i due studiosi più attivi (Testi nel 1951 e Provenzal nel 1954) ai rari volenterosi che vorrebbero dedicarsi allo studio della Storia della Chimica manca perciò qualunque punto di riferimento interno o esterno all'Università.

Nel 1965 il Consiglio Direttivo dell'Istituto si propone di organizzare un Convegno di Storia della Chimica per l'anno seguente. Ma l'iniziativa fallisce e da allora l'attività dell'Istituto cessa completamente. Nel 1969 la rivista "La Chimica", dopo il cambio di editore, non risulta più Bollettino Ufficiale dell'Istituto. Le vicende dell'Istituto Italiano di Storia della Chimica terminano, per ora, a questo punto.

(*) Le notizie relative alle vicende dell'Istituto nel dopoguerra mi sono state fornite direttamente dal Prof. Mario Talenti che desidero ringraziare.

Nota bibliografica

- (1) Su Cannizzaro, storico della Chimica, si veda A. Mieli "Archeion", 7, 80 (1927); una attenta disamina della cultura storica di Cannizzaro si trova in L. Cerruti "La Chimica e l'Industria", 64, 667 (1982); una ricca bibliografia dell'opera di Cannizzaro è stata curata da A. Gaudiano, D. Marotta "Stanislao Cannizzaro" in "Dizionario Biografico degli Italiani", vol.18, pp.131-141, Roma, Istituto dell'Enciclopedia Italiana, 1975
- (2) Vedi, ad es., F. Selmi "Compendio storico della Chimica" in "Enciclopedia Chimica, Scientifica e Industriale", vol.11, pp.503-739, Torino, UTET, 1878
- (3) E. von Meyer "Storia della Chimica dai tempi più remoti all'epoca moderna", introduzione di I. Guareschi, Milano, Hoepli, 1915
- (4) Si veda il "Supplemento annuale alla Enciclopedia Chimica, Scientifica e Industriale", a cura di I. Guareschi, Torino, UTET, 1885/1915
- (5) Per un elenco completo dei lavori storici di Guareschi si veda A. Vitolo "Icilio Guareschi, storico della Chimica" in "Il Farmacista", 2, 151 (1948)
- (6) Un breve resoconto dell'opera di Testi è di F. Leti "In memoria di Gino Testi" in "La Chimica", 7, 169 (1937)
- (7) Un elenco delle opere di G. Provenzal si trova in "Atti e Memorie dell'Accademia di Storia dell'Arte Sanitaria", 2, 87 (1954)
- (8) G. Testi "La Chimica....", 7, p.169 (1937)
- (9) I volumi di Atti e Memorie dell'Istituto, che raccolgono gli scritti comparsi su "La Chimica....", si trovano presso la Biblioteca dell'Istituto dell'Enciclopedia Italiana, Roma
- (10) G. Testi "Storia della Chimica con particolare riguardo all'opera degli italiani", Roma, Ed. Mediterranea, 1940
- (11) G. Testi "Paracelso e l'interpretazione chimico-fisica della vita", Roma, Ed. Mediterranea, 1942
- (12) G. Provenzal "Dizionario Biografico di Chimici italiani", Roma, Ed. Sc. Serono, 1938
- (13) G. Provenzal "La Chimica", 3-4, 123 (1947)

A. GAUDIANO (°)

LE BIOGRAFIE DEI CHIMICI nel "DIZIONARIO
BIOGRAFICO DEGLI ITALIANI" EDITO DALLA
"ENCICLOPEDIA ITALIANA"

L'Istituto della Enciclopedia Italiana, meglio nota come "Treccani", concepì fin dai suoi inizi un "Dizionario Biografico degli Italiani", che potesse degnamente affiancarsi ad analoghe opere dei principali Stati esteri. Finalmente nel 1960 fu pubblicato il I volume, al quale ne sono seguiti altri 28, al ritmo di oltre uno all'anno. Ogni volume, di circa 800 pagine, comprende oltre 300 biografie. L'opera, inizialmente concepita in 40 volumi, ne conterà ben di più: basti pensare che con il XXX volume, di imminente pubblicazione, non si è ancora completata la lettera C.

Il periodo considerato va dal V al XX secolo; sono esclusi i viventi (si sta però allestendo un I supplemento per aggiungere i defunti negli ultimi decenni; fra essi Marussia Bakunin e i mineralogisti Angelo Bianchi, Stefano Bonatti e Guido Carobbi). Nonostante il numero piuttosto rilevante dei personaggi inclusi, è stato previsto un "Repertorio", che comprenderà i minori.

La Redazione del "Biografico" è suddivisa in 6 sezioni: età medievale, età moderna, età del Risorgi-

(°) Istituto della Enciclopedia Italiana - Roma.

mento e contemporanea, arti figurative, musica, scienze. La sezione scienze, la quale si occupa, in genere, solo degli scienziati che hanno operato successivamente alla Rivoluzione francese, è suddivisa attualmente in cinque sottosezioni: medicina; scienze biologiche e naturali; ingegneria e tecnologia; fisica, matematica e astronomia; chimica, farmacia e mineralogia. Ogni sezione ha un suo schedario, che provvede ad accrescere continuamente, servendosi della biblioteca di sezione, della biblioteca del "Biografico", della biblioteca centrale dell' "Istituto", nonché di biblioteche esterne. La biblioteca del "Biografico" comprende anche le numerose preziosissime cartelle della "miscellanea", che raccoglie articoli di giornali, opuscoli e simili.

L'incaricato di ogni singola sottosezione valuta, mano mano che il "Biografico" procede, quali sono, a suo giudizio, i personaggi da biografare; eventualmente si consulta con gli altri componenti la sezione o con esperti esterni. Una volta deciso di includere un certo personaggio, si stabilisce di quante cartelle dovrà essere la biografia: si parte da un minimo di 5 e raramente si superano le 20 (le uniche eccezioni, per i chimici, sono stati Avogadro e Cannizzaro). Si decide poi chi sarà l'autore della biografia; in genere si sceglie un cultore della materia, possibilmente un allievo del biografando, o il suo successore nella cattedra, o qualcuno che lavori nel suo stesso Istituto o nella sua stessa università. Nel caso di chimici industriali, si può tentare di rivolgersi a un chimico industriale. Sono generalmente da evitare i parenti stretti, che tendono a esagerare i meriti del biografando. In ogni caso l'autore, oltre a conoscere l'ar

gomento, deve avere un certo interesse alla storia delle scienze e deve saper inquadrare l'attività del personaggio nel contesto scientifico del suo tempo. Deve anche avere molta pazienza: per es., bisogna citare i nomi dei genitori, bisogna riportare l'iniziale del nome di tutti coloro che sono citati nel testo, bisogna correddare le indicazioni bibliografiche anche con la pagina finale di ogni lavoro, insomma bisogna attenersi scrupolosamente alle norme redazionali.

Il compenso non è particolarmente allettante: attualmente 25.000 lire (lorde) a cartella. Ma chi accetta di redigere una biografia non lo fa per il compenso.

Non starò ora a elencare tutti i chimici e assimilati finora entrati nel "Biografico", ma spigolando qua e là citerò alcune curiosità.

Anzitutto un'osservazione: non sempre i migliori chimici erano laureati in chimica e, per contro, alcuni laureati in chimica sono emersi in campi lontani dalla chimica. Fra i non laureati in chimica spiccano proprio i due già citati per essere gli unici la cui biografia ha superato le 20 cartelle: Avogadro e Cannizzaro. Il primo non era laureato non dico in chimica (laurea allora inesistente) ma neppure in discipline scientifiche, sebbene in giurisprudenza (la stessa laurea, peraltro, aveva anche Lavoisier). Quanto a Cannizzaro, studiò all'università medicina e poi chimica, ma non completò gli studi universitari e non conseguì pertanto alcuna laurea. Altri illustri chimici non laureati in chimica furono, limitatamente alle prime tre lettere dell'alfabeto, Gian Alberto Blanc (laureato in fisica), Luigi Valentino Brugnatelli (laureato in medicina), Giacomo Ciamician (laureato in scienze naturali), Luigi Chiozza (diplomato alla Scuola di chimica pratica industriale), Bartolomeo Bizio (diploma-

to in farmacia). Anche i chimici industriali per la maggior parte non furono laureati in chimica: ricorderò Alberto Edoardo Bianchi (diplomato alla Scuola di chimica industriale di Mulhouse), Felice Bisleri, Alfredo Bonelli, Achille Brioschi, Angelo Carminati, senza contare gli imprenditori di industrie chimiche, come Giovanni Bombirni, cofondatore della B.P.D. (Genova, 1912). Fra i mineralogisti, sempre delle lettere A-C, pochi erano laureati in chimica; per lo più erano laureati in scienze naturali. Il savoiardo Stefano Borson, a cui si deve per la maggior parte il Museo di storia naturale dell'università di Torino, era laureato in ... teologia.

Agli inizi della chimica, questa disciplina era insegnata generalmente da medici: la prima cattedra universitaria di chimica, istituita a Bologna nel 1737, fu affidata a Jacopo Bartolomeo Beccari, laureato in filosofia e medicina, ma peraltro figlio di farmacista. A un suo assistente, Marco Carburi, anch'egli laureato in medicina, fu affidata la cattedra di chimica istituita a Padova nel 1759. A Torino nel 1800 fu istituita la cattedra di chimica farmaceutica e storia naturale dei medicamenti e fu affidata al medico Costante Benedetto Bonvicino, di Centallo.

Fra i laureati in chimica che emersero in settori lontani dalla chimica ricorderò Alberto Cavaliere, poeta e uomo politico, e Mario Cingolani, uomo politico. Ma, a proposito di politica, non sono rari i chimici - intendo autentici chimici - che ebbero anche alti incarichi politici; per es., senatori furono Cannizzaro, Mario Betti, Giacomo Ciamician. Attiva vita pubblica svolse anche Blanc, che fu deputato per due legislature.

E vediamo ora alcune curiosità scientifiche. Cominciamo da alcune intuizioni, che non poterono essere sviluppate perché i tempi non erano ancora maturi. Per

esempio, Cannizzaro non poteva certo diventare uno scienziato atomico - nel senso attuale della parola - ma è giusto ricordare che egli, quando puntualizza la differenza fra l'atomo, inscindibile, e la molecola dell'idrogeno, aggiunge profeticamente: "Ciascuno di questi atomi non si subdivide mai in quella sfera di azioni chimiche che siamo giunti a produrre; potrebbe darsi che, estendendo i nostri mezzi analitici, giungeremo a scoprire una ulteriore divisione della mezza molecola dell'idrogeno". E Ciamician, non precorre forse gli odierni discorsi di "energia pulita" quando, nella sua conferenza "La fotochimica dell'avvenire", tenuta a New York nel 1912, sostiene la possibilità pratica di utilizzare l'energia solare in reazioni fotochimiche da far avvenire in appositi stabilimenti industriali, da collocare in zone desertiche tropicali? Se andiamo più indietro nel tempo, troviamo che il Beccari, dopo aver scoperto il glutine nei cereali, nel 1767 scoperse la caseina (il "caseo") nel latte; e trovò che entrambe queste sostanze, che egli correlava al valore nutritivo dell'alimento, per decomposizione liberano ammoniaca. Con ciò egli pose le basi dei successivi studi nutrizionali sull'importanza dei composti azotati per gli organismi animali. Un'altra rilevante osservazione a sfondo biochimico fu fatta da Cesare Bertagnini: in un lavoro pubblicato nel 1855 egli osservò che mentre certi acidi non tossici (acido canforico, acido anisico) se ingeriti vengono eliminati inalterati con le urine, l'acido salicilico, che non è innocuo, viene eliminato dopo accoppiamento con la glicina. C'è qui, in germe, il concetto di "sintesi protettiva".

Anche alcuni chimici minori hanno avuto geniali intuizioni, che lasciarono tuttavia allo stato embrionale.

Per es. il Bizio segnala, già nel 1845, l'analogia fra pressione osmotica e pressione gassosa (gli studi di Pfeffer sono del 1877 e quelli di van't Hoff del 1885); paragona gli atomi a minuscoli sistemi planetari, con forze attrattive e repulsive; ha in mente, sia pure allo stato elementare, la teoria cinetica dei gas e la teoria mista, ondulatorio-corpuscolare, sulla natura della luce.

Passando dalle intuizioni ai fatti, ne ricorderò qui solo alcuni poco noti fra i non "addetti ai lavori": l'acido orotico scoperto da Giuseppe Biscaro, il raddiotorio da Gian Alberto Blanc, l'acido suberico da Luigi Valentino Brugnatelli, l'allossana dal figlio di questi Gaspere, la nicotina da Gaspere Cerioli (due anni prima di Vauquelin); e inoltre i numerosi minerali scoperti nel nostro suolo da Ettore Artini, da Giovanni Boeris, da Giuseppe Raimondo Pio Cesaro, da Luigi Colomba, da Alfonso Cossa, da Nicola Covello.

Non sono pochi i chimici che introdussero lo studio di nuove discipline: Giacomo Carrara è il fondatore dell'elettrochimica in Italia (Padova, 1900), Blanc della geochimica (Roma, 1928); il torinese Gian Giacomo Arnaudon introdusse, a Torino nel 1860, la "scienza dei prodotti utili e permutabili", alla quale dette il nome di "merciologia", e fondò a Torino il primo museo merceologico. Egli, che lavorò a Parigi con Chevreul, è anche da ricordare come cofondatore della Société Chimique de Paris (divenuta poi Société Chimique de France), nel 1857; di essa fu anche il primo presidente. La Società Chimica di Milano (divenuta poi Società Chimica Italiana) fu invece fondata a Milano da Banfi, Biffi e altri nel 1895. La Gazzetta Chimica Italiana fu fondata da Cannizzaro e altri nel 1870; il Giornale di Chimica Industriale (poi

divenuto La Chimica e l'Industria) fu fondato da Brunni e altri nel 1919.

Per quanto riguarda la provenienza geografica - sempre limitatamente ai 70 che interessano le prime tre lettere dell'alfabeto - 1/4 circa sono lombardi (principalmente i chimici industriali); alla Lombardia segue il Piemonte (con parecchi mineralogisti); vengono poi la Toscana e l'Emilia Romagna, seguite dal Veneto; più distanziate sono le altre Regioni.

Quanto agli autori delle biografie, è comprensibile come, essendo la Redazione dell'Enciclopedia a Roma, siano per la maggior parte romani; ci sono anche diversi torinesi, e poi milanesi ecc.

Profitto di questa occasione per invitare quanti volessero collaborare per scrivere biografie, segnalare nomi che ritengono interessanti, fornire materiale da conservare nella nostra "miscellanea" per le future biografie, di mettersi in contatto con la Redazione del "Biografico" (presso Istituto della Enciclopedia Italiana - Piazza Paganica 4 - Roma) o eventualmente a farmi presente fin d'ora la propria disponibilità. Vi ringrazio.

Luigi Cerruti^(x)

ASPETTI FILOSOFICI E METODOLOGICI DELLA BIOGRAFIA

... si potrebbe parlare di una vita o di un istante indimenticabile, anche se tutti gli uomini li avessero dimenticati.

W. Benjamin (1:38)

Questa nota è dedicata alla memoria di un caro amico, Sergio Pasquino.

L.C.

Il rapporto fra totalità e selezione dei fatti storici è metodologicamente critico per chiunque si accinga a scrivere di storia. Per me il tentativo di riflettere in questa direzione è recente, legato ad una ricerca di carattere didattico: come favorire negli insegnanti l'accesso diretto alle fonti originali della storia della chimica? Come è ovvio il passaggio dalla pratica selettiva quotidiana alla meditazione storiografica sulla selezione mi ha schiuso immediatamente un orizzonte vastissimo, appena delimitato dalle intenzioni didattiche dell'indagine. Così queste intenzioni mi hanno subito indicato come opportuno un avvicinamento al problema a partire dalla biografia, un tema classico nel senso pieno della parola, capace di collocare in un contesto immediatamente comprensibile il testo letto dall'insegnante e di stimolare l'attenzione dei giovani allievi, destinatari 'finali' dei nostri sforzi didattici. Con una certa ironia verso le mie ambizioni semplificatrici le prime letture mi hanno guidato verso l'Aristotele della Poetica: "Molte, anzi innumerabili cose possono capitare a una persona" (8,1451 a)! Per di più la nuova apertura verso la biografia mi ha posto quasi subito in uno stato d'inquietudine e di angoscia forse poco produttivo; si sa che "Il discorso quotidiano trae origine dal prendersi cura e dal discorrere dell'utilizzabile. Ciò davanti a cui l'angoscia si angoscia è nulla di utilizzabile nel mondo" (6:187). Questo stato d'ascolto era quindi fin dall'inizio inadatto alle mie fina-

(x) Istituto di Chimica Fisica dell'Università di Torino

lità e i risultati che qui espongo non possono essere altro che preliminari alla ricerca vera e propria.

La biografia come esercizio storiografico

Ha storia tutto ciò che ha anche diacronia e pertinenza all'uomo. E' il continuo rinnovarsi sociale di quanto si ritiene pertinente all'uomo ad indurre la costituzione di nuovi oggetti storiografici (il clima, le feste, la nutrizione), per cui la storia diventa ed è sempre la storiadi... offrendosi a specificazioni che non sono più sorprendenti solo per l'abitudine di certi incontri: si può fare la storia di una città (Venezia, Firenze) riconoscendo e ricostruendo l'esistenza storica di un 'oggetto' unico. (Chi ha conosciuto bene una città la 'riconosce' anche dopo molti anni, proprio come si fa con un 'individuo' umano). E tuttavia raccontare la storia di un uomo pone difficoltà di ordine superiore in due dei punti più sensibili dell'atteggiamento professionale dello storico: non si può negare una (serie di) finalità nel comportamento e quindi ci si trova di fronte al problema spesso rimosso di una teleologia intrinseca nel divenire di quanto ci interessa come storici; non si può sfuggire ad un senso di disagio quando ci si accorge in documenti presunti morti di un distinto senso di presenza. Come il nostro comportamento è del tutto diverso quando entriamo in una stanza che chiamiamo deserta anche se è affollata di mobili e quando entriamo nella stessa stanza e ci accorgiamo della presenza di qualcuno. così il nostro atteggiamento cambia quando spostiamo l'attenzione dallo scritto allo scrittore, dall'opera all'autore. Possiamo trovare una prima spiegazione nelle parole usate da Heidegger, opponendo semplice presenza e con-esserci:

Vorhandenheit vs. Mitdasein

Certo i medici potrebbero insegnarci come mantenere un distacco 'scientifico' di fronte all'umanità più scoperta: da millenni essi si tramandano un certo atteggiamento, di rifiuto e di accettazione della morte e del dolore. Quando arrivano gli storici tutto è finito, o almeno così sembra, e in assenza di gemiti, rantoli e spasmi si può procedere con tranquillità alle più fantasiose dissezioni. A dire il vero spesso non vi è nemmeno un progetto ma solo abitudine:

"La tradizione... tende così poco a rendere accessibile ciò che essa 'tramanda' che, innanzi tutto e per lo più, tende a coprirlo. Essa rimette il tramandato all'ovvietà" (6:21).

Citerò una sola 'ovvietà' del metodo storico che trovo molto discutibile: l'(ab)uso di carte private, di laboratorio e non; secondo Montale "Così la storia/trascura gli epistemi per le emorroidi" (7:507) illudendo(si) che il nascosto apra all'intimo.

Ho però il sospetto che si debba andare oltre la riformulazione degli obiettivi 'tecnici' della scrittura biografica. A proposito dello "scaturire delle scienze dello spirito dalla vita degli individui e delle collettività" Dilthey osservava che "Non un procedimento concettuale costituisce il fondamento delle scienze dello spirito, ma il divenire interiore di uno stato psichico nella sua totalità e la sua riscoperta nel rivivere" (sottolineatura mia), e aggiungeva, ambiguamente: "La vita afferra

qui la vita" (4:220). Un'ambiguità veramente grave: chi afferra qui? Lo storico forse? E la sua presa sarà sufficientemente forte e salda? Siamo in effetti di fronte ad una drammatica 'verifica dei poteri':

" ...la Vita, qualche cosa

che tutti supponiamo senza averne le prove" (7:570)

Ognuno di noi si muove nel tentativo di rintracciare le proprie prove, sia sul piano modesto della storiografia, sia su quello arduo dell'esperienza esistenziale, ma già siamo attesi da altro:

"Nella determinazione di ciò che è possibile e lecito tentare, la medietà sorveglia ogni eccezione che si fa avanti. Ogni primato è silenziosamente livellato" (6:127).

E' quindi doppiamente difficile essere saldi nella presa sul passato: difficile essere forti, difficilissimo sfuggire alla 'sorveglianza' della medietà. E allora chi afferra è troppo spesso il passato, o meglio la Vita che pur è esistita e che permane con effetti visibili ben oltre la morte anagrafica del temporaneo 'titolare'. Benjamin ci ricordava che "E' in senso pienamente concreto, e non metaforico, che bisogna intendere l'idea della vita e della sopravvivenza delle opere d'arte" (1:39), ma non sono solo queste ad essere portatrici di vita: altre 'opere', molto meno 'meritorie' hanno costantemente avvinto i biografi alle prese con la scrittura di 'grandi' biografie. Sono certo che si può essere sovrastati dall'oggetto della nostra ricerca, anche se questo oggetto è minimo, non tanto per una nostra e propria debolezza, quanto perchè "il giudizio, che noi stessi concepiamo, in ultima istanza decide la forza di espressione e la validità di ciò che così giudichiamo" (5:107). Lo storico è impegnato in un delicato gioco d'equilibrio fra le forze virtuali della vita ancora latente nei documenti che legge, e le sue stesse forze messe in moto e concentrate nello sforzo della meditazione e della comprensione. Il 'rimbalzo' di queste ultime contro il loro inavvertito 'padrone' può essere devastante.

Abitare nella critica

Vorrei ora pormi per un attimo accanto al tema principale di questa mia indagine sulla biografia per de-limitare innanzi a noi, con maggiore precisione, le risorse con cui affrontiamo il nostro compito, a costo di sentirci immediatamente inadeguati. E' esperienza comune a tutti gli storici (ma direi a quanti abbiano occhi per leggere) che la rilettura di un certo corpus a distanza di tempo offre una miriade di accessi nuovi, persino inaspettati, a zone di senso rimaste in ombra nell'indagine precedente, per quanto profonda abbia potuto essere. Se questo non avvenisse potremmo quasi toccare il nostro stesso cadavere, irrigidito in un rigor mortis intellettuale. Se dunque c'è ancora novità nel rileggere c'è anche speranza che si stia divenendo ciò che vorremmo essere:

"la coscienza storica è quell'arte di grande levatura, sviluppatasi lentamente, dell' assumere un atteggiamento critico rispetto a se stessi quando si accolgono le testimonianze della vita passata" (5:107).

Qui Gadamer solleva diverse questioni, ancora più pertinenti al nostro discorso se le interpretiamo come rivolte agli storici della scienza. Molti

di noi con un duro tirocinio si sono familiarizzati con le procedure conoscitive della scienza contemporanea e le hanno impegnate nella ricerca militante per anni; la parte del mondo che hanno tentato di decifrare coincide quasi sempre con quella studiata a suo tempo dagli scienziati del passato che più li interessano dal nuovo punto di vista. Ebbene, è assai raro che lo storico proveniente da studi scientifici in senso stretto sappia o voglia impegnarsi nella critica di quella parte di se stessi costituita dalle 'certezze' accumulate durante la ricerca e l'insegnamento: uno dei risultati peggiori di questa mancanza di critica (che porta ad accettare come ontologicamente impegnative le proposizioni della scienza a noi contemporanea) è che la storia della scienza viene ricostruita selezionando e forzando i fatti del passato secondo i nostri attuali canoni e pistemologici (ciò che è scientifico e ciò che non lo è) e secondo la mappa attuale delle discipline (la 'genesi' delle nostre categorie interpretative) e dei loro oggetti (con tanto di referente nel mondo reale). (Sto pensando, ad esempio, alle mie ricerche sulle origini del concetto di mole (2)). Questo nostro necessario spostamento nella critica è incerto perchè la scienza trionfante sulle riviste professionali appare quasi totalmente priva di domande e "il momento determinante di ogni procedere è lo stato di domanda in cui l'oggetto si espone e prende inizio la critica" (9:98). Le domande poste sono troppo spesso così saturate da risposte da non poter giungere ad essere fertili: "si abita nella critica perchè si è nella domanda" ed è da qui che si diparte la "via verso il riconoscimento o verso l'oscuro" (9:99). Ammetto e accetto l'ostilità verso ogni ignorabimus, ma come storico credo che dovremmo occuparci seriamente e con la massima apertura di quanti hanno lottato a suo tempo con il 'loro' oscuro, e non sono riusciti a diradare le ombre. Dobbiamo, allora partire dalla forma della domanda per dare forma all'oscurezza del nostro desiderio di conoscenza ("l'esistenza della domanda è una forma di desiderio" (9:98)).

Domande sul senso (di una vita)

"Un monaco chiese a Yun Men: 'Quali sono gli insegnamenti di una vita intera?'. Yun Men disse 'Un'affermazione pertinente'" (12:111). E' questo il quattordicesimo colloquio di una raccolta 'messa insieme' da due maestri del buddhismo ch'an, negli anni di transizione fra il X e l'XI secolo. Yun Men (morto nel 949) usava un linguaggio duramente metaforico per convincere i suoi discepoli dell'urgenza della ricerca e della frequente illusione che la ricerca sia compiuta: "I ladri codardi comuni ingoiano la saliva di altri, imparando a memoria un fascio di sciocchezze eterogenee: ovunque vanno parlano a vanvera; con labbra di muli e mascelle di cavalli si vantano: 'Io so come porre cinque o dieci domande fondamentali'" (12:251). (Inserendo queste citazioni nella versione scritta della mia comunicazione mi sono chiesto se 'valesse la pena' di continuare ad impastare con la saliva altrui le mie stesse parole. Da "ladro comune" ho deciso di continuare la scrittura). Le difficoltà sono allora da ogni parte: forse non sappiamo porre le domande, forse non sappiamo nemmeno quali siano le domande veramente fondamentali. In un momento preliminare della ricer-

ca si può cercare, semplicemente, di cogliere il sorgere della domanda:
"noi siamo ... preoccupati da qualche cosa e appunto in grazia
di ciò che ci pre-occupa, siamo aperti al nuovo, all'altro, al
vero" (5:113)

E' quindi la nostra pre-occupazione che ci dà il coraggio (forse l'impron-
titudine) di interrogarci sul senso di una vita intera, con la sottoline-
tura già usata dal discepolo di Yun Men.

Innanzitutto ci troviamo di fronte ad un immediato decentramento del sen-
so. Esso è senso per... Tutto e tutti chiedono la loro parte di senso: la
faiglia, la setta, lo stato, la corporazione; nei casi che più spesso ci
interessano come storici della scienza è la scienza stessa (di adesso) ad
orientarci. Se l'uomo di cui vogliamo parlare è (per noi) tutto in qual-
che aspetto della sua attività possiamo giustificare la parzialità del no-
stro tentativo con una qualche apposizione ("Stanislao Cannizzaro, didat-
ta e riformatore") oppure con un sottotitolo ("Amedeo Avogadro. A Scienti-
fic Biography" (8)). Così facendo cominciamo ad accorgerci che il senso
di cui vogliamo parlare è un senso strutturato, diviso dai diversi conte-
sti in cui si è trovato ad essere pertinente. Ma dato che una vita è (ar-
chetipicamente) un processo, almeno un divenire, il senso è, in tutto o
in parte, instabile:

"Se l'Esserci è se-Stesso soltanto esistendo, la stabilità e la
possibile 'instabilità' del se-Stesso richiederanno un'analisi"
(6:117)

L'analisi a cui ci chiama Heidegger è già così difficile verso se stessi
da essere certo impraticabile alla dovuta profondità nella ricerca biosto-
riografica; tuttavia si dovrebbe cercare almeno di non sottomettersi ad u-
na "presunta permanenza del soggetto" (6:322), quasi si fosse ciò che sia
mo sempre e nello stesso modo. si consideri la scelta di Theodor Schwann
(1810-1882), il fisiologo fondatore della teoria cellulare, di dedicarsi
fondamentalmente alla meditazione religiosa a 29 anni, non appena chiama-
to a Lovanio come ordinario di anatomia, o si guardi a Justus Liebig
(1803-1873) dopo il suo trasferimento a Monaco nel 1852 quando abbandona
la ricerca e la didattica militante per dedicarsi alla chiacchiera spesso
velenosa contro chi avversava le sue (molte) idee nel campo della chimica
agraria, od ancora si rifletta sulla ricerca tormentata di Ludwig Boltz-
mann (1844-1906) giunta ad un termine solo con il suicidio. Quali (s)con-
nessioni dobbiamo cercare per 'comprendere' un'esistenza? Heidegger di-
schiede ancora un' "autentica contropossibilità" nell'accertamento della
nostra Unselbst-ständigkeit: una mancanza di autonomia che è qui destrut-
turata nella (stabilità)-(del non sè)(6:322). Posto di fronte al Sè e al
non-Sè non saprei distinguere quale fra i due sia l'oggetto e quale sia
l'ombra, ma almeno questa (possibile) polarità mi spinge a ricercare in u-
na nuova direzione il senso di una vita: esiste solo il senso per-gli-Al-
tri o vi è anche il senso per-se-Stesso? Filosofia e sociologia sembrano
indicare che in generale ci poniamo nel Si impersonale, forse come facile
mascheramento della nostra responsabilità più ovvia:

"L'esistenza è decisa, nel senso del possesso e dello smarrimen-
to esclusivamente da ogni singolo Esserci" (6:12).

Solo i veri Maestri possono scherzarci su:

"... Non amo
essere conficcato nella storia
per quattro versi o poco più. Non amo
chi sono, ciò che sembro. E' stato tutto
un qui pro quo. E ora chi n'esce fuori?" (7:628)

Eppure Montale deve accettare che "ciò" di cui deve tener conto lo storico è in massima parte ciò che è stato e non ciò che sarebbe potuto essere (ma tornerò subito su questo punto). E' il senso per... da cui siamo partiti che ritroviamo tutto intorno al Sè, come una corona circolare il cui centro, il Sè appunto, ci sfugge. D'altra parte lo sforzo teorico di dare una metodologia filosoficamente fondata alla biografia avrebbe già conseguito un buon risultato se rendesse i ricercatori più consapevoli della compresenza di diverse zone di senso, fra di loro interferenti, mutevoli come consistenza ed importanza relativa in ogni 'tempo' della vita di un uomo.

Un terreno meno ripido per la ricerca ci è offerto da un'ultima domanda: dobbiamo ricostruire il senso di allora o il senso di adesso? Le 'aggiunte' di senso sono un carattere universale del processo ermeneutico, e quindi della scrittura storiografica che è una sua forma. Gli storici mettono mano al passato alterandone la descrizione nel loro tempo locale; gli storici successivi (noi ad esempio) giungono sugli 'stessi' luoghi dopo 'incontri' a volte decisivi con chi ha già frequentato quei posti. Un caso significativo è quello di Archibald Scott Couper (1831-1892) di cui noi tutti (ora) conosciamo le formule di struttura proposte nel 1858, quando lavorava nel laboratorio parigino di Wurtz; la sua congettura sul carbonio tetravalente fu contemporanea a quella del grande Kekulé, ma una vicenda sfortunata gli tolse ogni 'merito', ed una sorte tragica trovò il chimico scozzese al suo ritorno in patria, nel 1859. Una malattia mentale lo allontanò per sempre dalla ricerca e dalla stessa 'realtà' storica. Solo mezzo secolo più tardi Richard Anschütz impegnato nella scrittura di una biografia di Kekulé leggerà un apprezzamento del maestro tedesco nei confronti di Couper; incuriosito seguirà la traccia, pensando in un primo tempo che fosse francese... Come storici della scienza possiamo essere colpiti da fatti come questi che invece sono, per così dire, all'ordine del giorno in altri ambiti culturali, dove le 'fortune' degli autori sono molto più variabili, con un andamento più legato alla storia del gusto, se non proprio a quella delle ideologie. L'opposizione allora/adesso diventerebbe radicale se si volesse compiere lo sforzo fenomenologico di rintracciare gli effetti immediati di certi contributi che ora ci paiono importantissimi: il *Chemisches Centralblatt* non fece menzione del "Sunto" di Cannizzaro, e anche dopo il Congresso di Karlsruhe la sua determinazione dei pesi atomici impiegò decenni per affermarsi nella comunità dei chimici (3).

Le conclusioni di questa sezione sono negative: nello studio biografico non parliamo dell'Altro-per-Sè ma di uno o più dei possibili 'altri' che ciascun individuo anima nei diversi ruoli e nei diversi tempi della sua vita biologica. Ciò che lo storico deve imporsi è il controllo esplicito delle cesure (e delle censure) preliminari nei confronti delle zone di senso che ritiene pertinenti al proprio tempo.

Dove porre le domande

"Se volete raggiungere l'intimità, non usate una domanda per fare una domanda; la domanda è nella risposta e la risposta è nel punto della domanda", Yuan Wu (11:113).

E' a fondamento del circolo ermeneutico il fatto che la risposta illumina la domanda, così che essa può essere posta ancora una volta, con maggiore chiarezza. Così il luogo privilegiato dove porre le nostre domande biografiche mi sembra essere il testo-evento, lo scritto (scientifico) letto con le tecniche dell'analisi semantica e retorica, interpretato nel contesto empirico e teorico della scienza dell'epoca, compreso mediante la messa in luce delle intenzioni dell'autore. Il limite a cui tendere è quello del "lettore perfetto" di Nietzsche: "un mostro di coraggio e curiosità, con in più qualcosa di malleabile, di astuto, di attento, un avventuriero e un esploratore nato" (10:72). Tuttavia lo stesso filosofo ci avverte: "Una cosa sono io, un'altra i miei scritti" (10:68). Marcel Proust fu più esplicito: "un libro è il prodotto di un io diverso da quello che si manifesta nelle nostre abitudini, nella vita sociale, nei nostri vizi" (11:18). Anche qui, quindi, non dobbiamo nutrire l'illusione del 'compiimento', di aver afferrato una volta per tutte il senso di uno scritto che, per sua natura, si pone nella zona di penombra fra noto, intravisto e ignoto. La parola dello scienziato è spesso 'oscura' perchè egli è costretto per professione a parlare di ciò che non è mai stato visto, di ciò che non ha ancora nome. Si è detto di Hegel che "dovette prestare attenzione a come scriveva, per evitare errori di grammatica", questo "perchè doveva per prima cosa tradurre il contenuto dei suoi pensieri, dimodochè in una certa misura ogni lingua gli sembrava una lingua straniera" (13:377). Se si vogliono prendere sul serio moniti, confessioni, sospiri quali quelli appena riportati ci si deve porre davanti ad un testo importante (per chi l'ha redatto) sapendo che esso è cosa diversa dall'io del suo autore, che non è ben chiaro da 'chi' è stato effettivamente scritto, e che per di più vi è sempre un certo grado di estraneità fra l'autore e il 'suo' linguaggio. Ma sono proprio questi limiti, durissimi, a dare senso alla nostra attività critica, in quanto il testo-evento si dimostra essere così il risultato dell'interferenza fra due processi teleologici, della vita dell'uomo e della lingua che (lo) usa (5:117).

A questo punto la selezione e l'articolazione delle risposte si riduce ad una serie di esercizi di stile, condizionati, con qualche modestia, dal pubblico a cui ci si rivolge, dalle fonti, dallo 'spazio' espressivo disponibile.

Ricerca condotta nell'ambito del contributo CNR n. 84.00168.03.

Bibliografia

- 1 W. Benjamin, *Angelus Novus*, Torino: Einaudi, 1962.
- 2 L. Cerruti, *La mole. Uno studio sull'epistemologia regionale dei chimici*, monografia n. 17 in *Mostra sulla metrologia*, Torino: CNR, 1984, vol. II.
- 3 L. Cerruti, "La ricezione della teoria atomico-molecolare di Cannizzaro negli anni 1860", in Atti IV Congr. Naz. Storia della fisica (a cura di P. Tucci), Milano: 1984, pp. 107-112.
- 4 W. Dilthey, *Critica della ragione storica*, Torino: Einaudi, 1969.
- 5 H. Gadamer, "L'università del problema ermeneutico", in Filosofi tedeschi d'oggi, Bologna: Mulino, 1967.
- 6 M. Heidegger, *Sein und Zeit*, Tübingen: Niemeyer, 1979, pp. del testo tedesco, cit. con modifiche dalla trad. di P. Chiodi, *Essere e tempo*, Torino: UTET, 1978.
- 7 E. Montale, *Tutte le poesie*, Milano: Mondadori, 1979.
- 8 M. Morselli, *Amedeo Avogadro. A Scientific Biography*, Dordrecht: Reidel, 1984.
- 9 S. Natoli, *Ermeneutica e genealogia*, Milano: Feltrinelli, 1981.
- 10 F. Nietzsche, *Ecce Homo*, Roma: Newton Compton, 1978.
- 11 M. Proust, *Scritti mondani e letterari*, Torino: Einaudi, 1984.
- 12 *La raccolta della roccia blu*, Roma: Ubaldini, 1978, vol. I.
- 13 K. Rosenkranz, *Vita di Hegel*, Milano: Mondadori, 1974.

Antonio Di Meo*

MODELLI ANALOGICI, STATUTI SCIENTIFICI E IMMAGINI DELLA SCIENZA NELLA
CHIMICA DEL XVIII SECOLO

1. Nell'"Avvertissement" del suo Dictionnaire de chymie del 1766, Pierre Joseph Macquer entrava, sin dalle prime righe, nella questione dei rapporti fra chimica e fisica con la seguente affermazione: "Dopo che la chimica, ricondotta al suo autentico oggetto, è stata coltivata come una parte fondamentale della fisica, sono stati pubblicati un gran numero di buoni trattati di questa scienza". L'idea di una relazione fra un "tutto" (la fisica) e una "parte" (la chimica) verrà poi riaffermata sia nella voce "Laboratoire de chymie" che in quella "Pesanteur" in cui trattava dell'applicazione del calcolo matematico e della legge dell'attrazione newtoniana ai fenomeni dell'affinità chimica: "Forse il tempo, l'esperienza e l'aumento delle conoscenze chimiche, infine lo zelo degli scienziati sufficientemente preparati in matematica e in chimica, in seguito spanderanno una grande luce su questi oggetti che noi ora intravediamo solo in maniera confusa, ma non mi si può impedire di considerarli come la autentica chiave dei fenomeni più occulti della chimica e di conseguenza di tutta la fisica".

Malgrado, però, che egli considerasse la chimica come "parte" della fisica, non vi era in Macquer nessuna attitudine "riduzionistica" come, ad esempio in Hermann Boerhaave e, ancor prima, in Robert Boyle. Anzi nel "Discours preli-

*Sezione di Teorie e metodi della scienza
Fondazione Istituto Gramsci, Roma

minaire" dell'opera, ricostruirà il percorso storico della chimica enfatizzando la sua costituzione in scienza autonoma, con propri principi e "rapporti".

Egli inoltre manterrà ben ferma la distinzione fra le due scienze, e fra i relativi studiosi: Pascal, Boyle, Mariotte, Nollet, verranno sempre definiti con l'attributo di "fisici"; mentre Glauber, Becher, Hahn, Krafft, Gellert, con quello di "chimici". Utilizzerà il termine "fisica" quando trattava dei fenomeni propriamente fisici del fuoco e del calore e quello di "chimica" quando questi ultimi erano considerati rispettivamente o associati alle reazioni chimiche (calore) o come componente dei corpi materiali (fuoco).

Scrivendo sulle opere di Bonhius, Barner e Becher li definiva come "chimico-fisici". Il fatto è, come vedremo anche in seguito, che col termine "fisica" si intendevano due cose distinte: 1) filosofia o scienza generale della natura (e in questo significato la chimica ne costituiva una parte); 2) fisica "sperimentale", limitata ad alcuni oggetti particolari.

Il termine composto "chimico-fisico" doveva essere quindi letto, secondo la prima relazione come "chimico, in quanto scienziato naturale". In senso lato "physicien", significava, infatti, "scienziato o filosofo naturale", ed in questa accezione verrà adoperato nella trattazione in generale dei rapporti fra teoria e pratica nella ricerca scientifica, contenuta ancora nel "Discours preliminaire".

2. Che il primo tipo di rapporto fra le due scienze potesse non contenere nessuna intenzione riduzionistica, sta a confermarlo l'esame degli articoli di argomento chimico dell'Encyclopédie di Diderot e D'Alembert.

In essi, G.F. Venel che ne era l'autore, apriva una violenta polemica contro coloro che ritenevano che i fenomeni chimici potessero essere spiegati con una automatica estensione ad essi delle leggi e dell'apparato concettuale della fisica.

Per questo scienziato la chimica doveva essere considerata autonoma, ed essa doveva costituirsi sempre più come tale dotandosi di un proprio apparato teorico che la distinguesse sia dalla fisica che dalla storia naturale. Egli riteneva, infatti, che nel mondo materiale della chimica, dove dominava l'"eterogeneo" e il "plurale", le categorie della "fisica" non erano utilizzabili,

non erano "meccanicamente" (e nel senso pieno di questa parola) trasferibili. Quest'ultima, infatti, aveva come oggetto le qualità esteriori, superficiali dei corpi; prendeva in esame solo i fenomeni implicanti la massa, che in essi restava inalterata, senza nessun cambiamento interno.

La chimica, al contrario, doveva essere considerata come la scienza delle qualità interne, espressione fenomenica e sensibile di sostanze reali presenti all'interno dei corpi materiali esaminati dal punto di vista chimico. Nella valutazione dello statuto epistemologico delle "qualità" vi era una notevole differenza fra la "filosofia" della chimica e quella della fisica. Per quest'ultima, infatti, esse erano considerate "secondarie", relative alla facoltà percepiente del soggetto e dipendenti da quelle cosiddette "primarie", che erano inseparabili dal corpo poichè ne costituivano quella che John Locke chiamava la sua "essenza reale".

Ebbene, proprio all'interno di questa polemica fortemente antiriduzionistica, Venel considerava la chimica come una delle due branche della più generale "fisica dei corpi non organizzati", essendo l'altra la "fisica ordinaria" o "sperimentale", nel cui oggetto venivano compresi i cambiamenti dovuti al passaggio dal "movimento" alla "quiete" e viceversa. Nella chimica andavano invece compresi quei cambiamenti dovuti alle combinazioni e alle decomposizioni ovvero al passaggio dai principi ai composti e viceversa. Solo però dei corpi "non organici", poichè i fenomeni dell'"economia organica", cioè i cambiamenti naturali dovuti al passaggio dallo "stato non organico" a quello "organico", dovevano essere compresi in una disciplina a parte: la "scienza dell'organizzazione".

Tutte queste scienze "locali", insieme alla cosmografia e alla storia naturale erano parti di un unico sapere più ampio, la "scienza generale dei corpi e delle affezioni corporali" anch'essa chiamata "fisica".

3. La chimica era dunque una scienza di "rango" pari alla "fisica sperimentale" nella gerarchia dei saperi elaborata da Venel, ed entrambe erano inserite in due "fisiche" di più larga generalità. Esse erano, le scienze del "laboratorio dell'arte" dove la natura era baconianamente "costretta" a rivelarsi, al contrario della storia naturale e della cosmografia che si limitavano alla

descrizione dei fenomeni che l'uomo non era in grado di riprodurre artificialmente.

Che quella "parità" non fosse comunemente e universalmente accettata sta a dimostrarlo il fatto che, nelle stesse pagine dell'Encyclopédie, Jean D'Alembert all'articolo "Physique" considerava la chimica semplicemente come una branca particolare della "fisica sperimentale" insieme alla idrostatica, alla pneumatica, all'ottica, all'acustica, ecc. Concezione che aveva già espresso alla voce "Expérimental" quando, dopo aver enumerato le differenti discipline afferenti a questa fisica più limitata, relegava la chimica, ed i fenomeni dell'elettricità e del magnetismo, fra le sue parti più confuse ed incerte.

Anche per D'Alembert la "fisica sperimentale", insieme alla "fisica meccanica e corpuscolare", alle scienze "fisico-matematiche" (astronomia, catottrica, diottrica, idrostatica, ecc.), alla meccanica, alla matematica, alla medicina ed alla agricoltura, doveva essere compresa in una più generale "fisica" intesa come "studio della natura".

4. Al di là delle definizioni generali e delle precise collocazioni all'interno dei vari sistemi del sapere, i rapporti fra chimica e fisica rimarranno sempre molto complessi e sempre fortemente condizionati dalle emergenze scientifiche più significative dei due campi. Fra l'una e l'altra esistevano davvero quelle che D'Alembert chiamava "le vie segrete" che, permettendo la reciproca comunicazione, ne rendevano fluidi e mobili i confini.

Certamente, però, il problema della chimica di "distinguersi" era reale ed aveva una precisa motivazione: essa era una scienza "giovane", emersa attraverso un processo intellettuale (e sociale) molto complicato iniziato verso la fine del Cinquecento. Inserita prima nelle finalità e nelle pratiche della medicina; trasformatasi in physis come causa e prodotto della crisi della filosofia scolastica; essa dovette poi salvaguardare la propria esistenza come sapere "autonomo" dalle tendenze riduzionistiche fortemente presenti nei protagonisti principali della nascita e della affermazione, nel XVII secolo, di una "nuova filosofia" ed una "nuova scienza".

Non è casuale allora che, già nel 1610, in un contesto paracelsiano ma ancora innestato su trame teoriche di tipo aristotelico, il chimico Jean Beguin

nel suo Tirocynium chymicum, senta il bisogno di scrivere che "la chimica è un'arte differente dalla fisica e dalla medicina: conseguentemente...La chimica deve avere altri principi, propri ed intrinseci, formalmente costitutivi del suo oggetto".

5. Con l'affermazione della scienza della meccanica e della filosofia corpuscolare si produsse un altro modo di intendere i rapporti fra chimica e fisica. In questo caso, però, non si trattava né della fisica intesa come scienza o studio della natura, né di quella sperimentale che era possibile trovare, per esempio, nell'Essai de physique (1739) di Peter van Musschenbroeck o nelle Leçon de physique expérimentale (1743) dell'abate Jean Antoine Nollet, e che trattava delle leggi del moto, delle forze centrali, della gravità e peso dei corpi, dell'idrostatica, dell'acustica, dell'ottica, ecc.; ma di quella, come dire, ontologica, che faceva asserzioni sulla struttura ultima della materia, delle sue leggi e dei suoi principi. Quella che ancora D'Alembert chiamava, come abbiamo visto, "meccanica e corpuscolare" e che Ve nel collocava nel campo delle aborrite metafisiche di tipo "sistematico". Questa diversa modalità di rapporto consisteva nel considerare i principi di questo ultimo tipo di fisica come fondamento dei fenomeni chimici. Scriveva, ad esempio, Wilhelm Homberg, nei suoi Essays de chimie del 1702, che se col termine "principi" si intendevano le regole o fondamenti di una scienza allora quelli della "chimica sono in generale quelli della fisica", e cioè l'arrangiamento, la figura e il movimento delle particelle primitive della materia. In questo contesto la riduzione era possibile e fu tentata: da Robert Boyle nello Sceptical Chemist (1671) e da Nicolas Hartsoeker nelle Conjectures de physique (1706).

Diversa, invece, sarà la posizione di Nicolas Lemery che nel Cours de chymie del 1675 cercherà di ridefinire lo statuto autonomo della chimica facendo direttamente i conti con l'impatto della nuova fisica corpuscolare.

Da una parte egli riconoscerà il realismo della pratica della chimica e del concetto analitico-sperimentale dell'elemento chimico; dall'altra ricostituirà un primato della "sensibilità" basato sulla sperimentazione concreta che sola poteva indicare qualcosa di certo sulla struttura intima delle particelle implicate nelle reazioni chimiche, poichè solo attraverso di essa poteva

realizzarsi il passaggio dal sensibile all'insensibile per mezzo di una implicita analogia fra mondo macroscopico e quello microscopico.

E' in questo momento che si costituisce la problematica del rapporto tra il mondo fenomenico macroscopico della chimica e quello "sottostante", microscopico, che rappresentava l'autentico scenario delle reazioni chimiche. Affrontata e risolta in modi diversi, ed anche opposti, nel corso dello sviluppo storico della chimica, essa rimarrà, fino ad oggi, una delle permanenze più significative della teoria e dell'epistemologia di questa scienza. Ma su questo argomento ritornerò fra poco.

6. Questa problematica poteva comunque sussistere solo coll'apparire di una nuova filosofia della materia che costringesse a riconsiderare lo statuto scientifico ed epistemologico della intera chimica ed in particolare del concetto di elemento. Ho già accennato ad un periodo in cui la chimica si era costituita in interprete integrale della natura. In questo contesto gli elementi chimici erano essi stessi i componenti ultimi della materia, erano impostasi di sue determinate qualità o proprietà, ed i suoi principi costituenti .

Quest'ultima concezione si basava su una relazione forte fra chimica e medicina alla quale pure ho già accennato. Un presupposto della quale era l'idea che tutto il mondo "subterraneo" fosse assimilabile al vivente: la natura era un "corpo", e come tale era soggetta ai suoi stessi mutamenti e principi: quelli della sua generazione e del suo sviluppo embriologico. L'arte chimica, in questo stesso contesto, era debole: aveva cioè solo la possibilità di estrarre, di separare, di isolare. Era una vera e propria anatomia. La riunione, la ricombinazione avveniva all'interno della prima tecnica, come simultanea combinazione delle "nature" simili mentre le si separava da quelle a loro eterogenee.

La produzione di una sostanza materiale a partire dai suoi componenti era interdetta. L'arte chimica poteva, tutt'al più, come nella alchimia, portare a compimento in tempi più brevi processi di "generazione" che naturalmente erano lunghi ed accidentati.

La "ricomposizione", nel senso moderno della "sintesi", sarà possibile solo quando la chimica ingloberà alcune concezioni più generali del nuovo modo

fisico-meccanico di concepire la natura e quella "logica ordinaria della scienza" che Venel considerava alla base della chimica in quanto scienza.

7. L'istallarsi del problema del rapporto fra macroscopico e microscopico nell'universo teorico della chimica, comporterà, conseguentemente, la necessità di collegare in qualche modo questi due livelli della realtà materiale dei fenomeni chimici.

Tra la fenomenologia sensibile e quella, sconosciuta dell'insensibile, dovevano essere trovati dei principi di corrispondenza che consentissero il passaggio dall'uno all'altro di questi due mondi.

Un primo aspetto riguarderà le forme della loro "legalità" naturale.

Nella chimica cosiddetta "meccanicistica", le leggi dell'urto, dell'idrostatica, della cinematica e i principi della leva, saranno trasportati dal macro al micro-mondo in modo qualitativo, allusivo; tramite una modellistica di tipo geometrico-meccanico per la quale la spiegazione di un fenomeno chimico si riduceva al "concepirne la meccanica"; a ricostruire il processo meccanico e particellare del suo prodursi.

Potremo dire che i due mondi obbedivano entrambi ad un'unica modalità di comportamento: erano ritagliati su un unico modello. L'analogia era la tecnica mentale colla quale questo passaggio veniva effettuato.

Con l'avvento del newtonianesimo, nel modo altamente differenziato secondo il quale fu recepito nella chimica, le cose si complicano notevolmente poiché già nel sensibile le leggi dell'attrazione non erano estensibili a più di due corpi secondo la loro formulazione canonica, e nel micro-mondo le particelle erano pressochè infinite...Non solo. Come abbiamo già visto in Venel, l'attrazione chimica avveniva fra sostanze dissimili, in maniera indipendente dalla loro massa, ma dipendente dalle loro proprietà. Il micro-mondo della chimica allora sarà considerato diverso da quello della fisica, o comunque retto da leggi o molto più complesse di quella dell'inverso del quadrato della distanza, o in cui entravano in maniera determinate altre variabili indipendenti come la figura della particella. Ma anche il micro-mondo della fisica, sarà considerato diverso da quello macroscopico, proprio per il problema dei "tre" o "più" corpi. Sotto il "principato di Newton" la tecnica dell'analogia sarà più debole. Sarà impossibile concepire un per

fetto isomorfismo "legale" fra la fisica celeste, quella terrestre-sensibile, e quella terrestre-insensibile.

Il vasto ed articolato dibattito che coinvolse, per tutto il XVIII secolo, fisici come A.C. Clairaut, G.L. Buffon, J. D'Alembert, e chimici come J. Keill, J. Freind, G.F. Venel, P.J. Macquer, A.F. Fourcroy, L.B. Guyton de Morveau, sta a dimostrare l'importanza e lo spessore teorico del problema. Macro e micro-mondo non erano dunque riducibili l'uno all'altro e questo sia nella fisica che nella chimica dove al problema del numero delle particelle coinvolte si aggiungeva quello della loro irriducibile eterogeneità.

Sandra Tugnoli Pattaro (+)

LE RICERCHE CALORIMETRICHE DI LAVOISIER:
PRINCIPI EPISTEMOLOGICI E INDAGINE EMPIRICA

1. Premessa.

Le ricerche più importanti di Lavoisier sul calore furono quelle che egli intraprese fra il 1781 e il 1783 insieme con P.-S. de Laplace, rese pubbliche, anzitutto, nel celebre Mémoire sur la chaleur, letto all'Académie des sciences il 18 giugno 1783. A questa memoria seguirono altre, che approfondirono o arricchirono i dati sperimentali attinti, ma poco aggiunsero alle basilari acquisizioni di carattere sia scientifico sia teorico che già il Mémoire del 1783 conteneva.

Si tratta di memoria fondamentale perché la teoria del calore che vi viene presentata, ancorché in parte presupponesse una sostanza ipostatica (il calorico, che non esiste), per la sua particolare configurazione, diversamente da altre interpretazioni sostanzialistiche del calore (in primis quella del flōgisto), che l'avevano preceduta, segnava una svolta negli studi sul calore.

Contro la valutazione in genere negativa che viene fatta dagli storici della scienza della teoria del calorico di Lavoisier (si pensi a Enriques, a Daumas, a Elkana, ecc.), le considerazioni che seguono intendono, al contrario, contribuire a formulare in proposito un giudizio complessivamente positivo, che può essere sostenuto a due livelli: come tesi debole o come tesi forte. La tesi debole consiste nel sostenere che il calorico quanto meno non ha costituito un ostacolo al progresso

(+) Dipartimento di Filosofia, Università di Bologna.

scientifico successivo; la tesi forte consiste nel vedere se la teoria del calore lavoisieriana, non solo non abbia rappresentato un ostacolo, ma abbia anche svolto un fecondo ruolo di stimolo rispetto alle successive ricerche, che pur del calorico avrebbero decretato il definitivo abbandono.

La tesi debole poggia soprattutto sul fatto che la concezione sostanzialistica del calore fu sempre presentata da Lavoisier come ipotesi, come congettura. La tesi forte si basa sui contenuti metodologici e concettuali della teoria di Lavoisier, contenuti che costituirono patrimonio scientifico acquisito anche dopo la dimostrazione che il calore non è una sostanza, bensì una particolare forma di energia dovuta al moto delle molecole dei corpi, ossia è energia cinetica molecolare. Non a caso, le ricerche sul calore svolte nei circa settant'anni che intercorrono fra l'opera di Lavoisier e la moderna concezione del calore, nonché l'enunciazione delle prime due leggi della termodinamica mostrano che molti degli scienziati che a tale programma lavorarono (si pensi a J. Fourier, a N.-L.-S. Carnot, ecc.) si mossero entro un orizzonte fluidista e raggiunsero risultati determinanti proprio seguendo le linee metodologiche inaugurate in questo settore d'indagine da Lavoisier e Laplace.

2. Un dibattito secolare: fluidismo o meccanicismo?

Già nell'antichità si possono rintracciare le origini delle due ipotesi che fino alla metà dell'Ottocento si contesero il primato circa la spiegazione della natura del calore: quella sostanzialistica o fluidistica, e quella meccanicistica o dinamica. Esse sono riconducibili a due alternative concezioni della materia, denominabili, rispettivamente, "qualitativistica" (risalente ad Aristotele) e "quantitativistica" (facente capo all'atomismo democriteo), nonché, al loro interno, al dibattito sulla natura del fuoco e alla distinzione fra qualità primarie e qualità secondarie.

Per lungo tempo, si può dire dall'antichità a Lavoisier, il calore è stato connesso e spesso identificato col fuoco. Esso, pertanto, ha sempre suscitato interesse in alchimisti, fisici e chimici per almeno due ragioni: una teorica, una pratica.

La ragione teorica risiedeva nel fatto che i sostenitori della concezione tradizionale denominabile "qualitativistica" della materia (che fino a Lavoisier ebbero il sopravvento) avevano sempre posto il fuoco fra gli elementi costitutivi, di numero limitato e con determinazioni precipuamente qualitative, della composizione dei corpi: si pensi alla teoria empedocleo-aristotelica dei quattro elementi (aria, acqua, terra, fuoco); alla dottrina del tria prima di Paracelso (dove il fuoco assume il nome di 'zolfo'); fino al sistema flogistico di Becher e Stahl, combattuto da Lavoisier (in cui 'flogisto' designava il principio dell'infiammabilità e, nelle sue versioni francesi contemporanee a Lavoisier, veniva senz'altro identificato col fuoco aristotelico).

La ragione pratica consisteva nel fatto che il fuoco, questa volta inteso non come principio costitutivo dei corpi, bensì quale lo esperiamo quotidianamente, rappresentava il principale strumento di cui potevano avvalersi i chimici per l'analisi delle sostanze, finché ulteriori mezzi di risoluzione materiale (dall'elettricità alle odierne sofisticate tecniche di decomposizione chimica) non vennero introdotti per il medesimo scopo.

Secondo l'interpretazione sostanzialistica o fluidistica della tradizione qualitativistica aristotelica, il calore è una qualità intrinseca dei corpi. Il caldo è l'opposto del freddo. Esso riunisce le cose omogenee (cioè di ugual natura o specie) e separa quelle eterogenee. Dalla combinazione del caldo col secco -secondo Aristotele- scaturiva l'elemento fuoco, da quella del caldo con l'umido l'elemento acqua.

L'ipotesi esplicativa meccanicistica (o -come si dirà dopo Clausius- dinamica) del calore appartiene, invece, alla concezione quantitativistica della materia. Questa sosteneva che non si dà un numero finito di elementi quali costituenti qualitativi dei corpi. Elementi dei corpi sono gli atomi, di numero infinito e differenziatisi fra loro non per qualità o proprietà caratterizzanti e intrinseche (giacché -sotto questo profilo- la materia è omogenea), bensì soltanto per determinazioni quantitative (figura, estensione, movimento, ecc.), cui le determinazioni qualitative sono riducibili non essendo altro che manifestazioni. Essi chiamarono le determinazioni qualitative "qualità secondarie" e quelle quantitative "qualità primarie". Il calore rientrava fra le prime ed era, in particolare, una sensazione relativa risultante dal moto incessante degli atomi.

Pur parlando entrambe di qualità o affezioni dei corpi, le due concezioni sono profondamente diverse, come rivelano la teoria della materia che le sottende e la basilare distinzione, stabilita dalla prospettiva quantitativistica, fra qualità primarie e qualità secondarie.

La situazione teorica del dibattito rimase il larga misura immutata fino al Settecento. Si registrano soltanto tre contributi rilevanti, che appartengono alla tradizione atomistica e della scienza moderna galileiana. I primi due si debbono allo stesso Galileo e alla sua scuola. Essi erano: 1) una prima analisi concettuale del termine 'calore', e 2) la costruzione di uno strumento atto a misurare l'intensità o i gradi di calore, cioè il termometro. Mancava, per altro, ancora la distinzione fra "temperatura" e "capacità termica". 3) il terzo contributo importante fu la legge dei gas ideali di Boyle-Mariotte.

Si trattò, comunque, di contributi che costituivano premesse necessarie, ma non sufficienti per una compiuta trattazione dei fenomeni termici. Mancavano ulteriore adeguata strumentazione, nonché esperienze specifiche, rigorose, sistematiche e soprattutto quantificate, che consentissero di definire in modo preciso concetti fondamentali per poter enunciare ulteriori leggi specificamente vertenti sul calore.

A tale proposito sono significative le voci Chaleur (1753) dell'Encyclopédie, scritte da d'Alembert e da Venel.

La voce Chaleur, per la fisica, di d'Alembert attesta chiaramente il carattere ancora speculativo che rivestiva il problema, riproponendo varianti delle due antitetiche interpretazioni tradizionali del calore.

Il quesito intorno a cui erano attestati gli sforzi di fisici e chimici era ancora: "il calore è una proprietà particolare di un certo corpo, immutabile, chiamato fuoco? o può essere prodotto meccanicamente in altri corpi, alterandone le parti?"; ovvero, "il fuoco è una materia particolare o è la materia dei corpi messo in movimento?".

In favore della prima soluzione erano i fluidisti, che, in genere, sostenevano una concezione qualitativistica della mate-

ria. Essi consideravano il calore (al pari -per esempio- della luce) una qualità, una proprietà dell'elemento fuoco, di cui divideva le caratteristiche, costituendone uno degli effetti più evidenti.

Si noti, per altro, che i fluidisti convenivano con i meccanicisti che il calore fosse effetto del movimento particellare dei corpi, ma esso non era un effetto del movimento puramente meccanico delle particelle. Erano i corpuscoli del fuoco-elemento (o flogisto) che, movendosi, riscaldavano i corpi. La trasmissione del calore veniva spiegata col trasferimento dei corpuscoli dell'elemento fluido fuoco o flogisto da un corpo all'altro. Usando un termine moderno, potremmo dire che si trattava di una sorta di "convezione" di materia ignea.

I meccanicisti, invece, abbandonando anche ogni riferimento agli ignicoli galileiani, erano giunti a considerare il calore una proprietà che si poteva produrre meccanicamente nei corpi, dovuta al mero movimento meccanico risultato delle vibrazioni particellari.

Nella voce Chaleur per la chimica della medesima Encyclopédie, il flogistico Venel rinviava significativamente a quella Feu, dove, per altro, del calore si elencavano generiche esperienze per stabilirne i "gradi", concludendo circa l'"inutilità di [sue] misurazioni fisiche".

3. Nuova impostazione dello studio del calore nel "Mémoire".

Anche Lavoisier e Laplace esordiscono nel Mémoire affrontando il tradizionale quesito: che cos'è il calore? Ma essi ne esauriscono la risposta in poche battute.

Il famoso passo che presenta il problema è ritenuto rispecchiare altresì la divergenza di vedute dei due autori in proposito, all'epoca: "i fisici sono divisi riguardo alla natura del calore. Molti di loro lo considerano un fluido diffuso in tutta la natura e dal quale i corpi sono più o meno pervasi. [...] Altri fisici [invece] pensano che il calore sia il risultato dei movimenti impercettibili delle molecole della materia".

La seconda ipotesi era sostenuta a quel tempo da Laplace (che, comunque, in seguito adottò il concetto lavoisieriano di "calorico"), mentre Lavoisier si era espresso, fin dal 1772, per la prima. Il calore era -a parere di Lavoisier- un "fluido", la "materia del fuoco"; per designarlo con termine che non inducesse a confusioni, nel 1787 introdusse il neologismo 'calorico'. Questo compare nell'elenco delle sostanze semplici o elementi del Traité (1789), appunto per indicare la causa (ipotetica) che provoca la sensazione (effetto) di calore. Sono proprio le ricerche calorimetriche condotte insieme con Laplace a convincere Lavoisier della rilevanza del calore (calorico) nelle reazioni chimiche e della sua presenza in tutta la natura, inducendolo a ribadire, nelle pagine iniziali dell'opus magnum del 1789, l'interpretazione sostanzialistica, ancorché in termini mai apodittici, bensì sempre di feconda ipotesi esplicativa: "è difficile non pensare -egli scrive nel Traité- che non sia una sostanza reale e materiale, un fluido sottilissimo, che s'insinua fra le molecole dei corpi allontanandole; e, anche supponendo che l'esistenza di questo fluido sia un'ipotesi, si vedrà nel seguito che essa spiega in maniera assai felice [semplice] i fenomeni della natura"; in ogni caso, "non siamo obbligati a supporre che il calorico sia una materia reale"; basta concepirlo quale "causa

repulsiva qualsiasi che separa le molecole della materia e di cui si possono così considerare gli effetti in modo astratto e matematico".

La posizione di Lavoisier nel Traité è coerente con quanto asserito alcuni anni prima nel Mémoire, dove, insieme con Laplace, dichiarava apertamente di "non prendere partito" in favore dell'una o dell'altra interpretazione della natura del calore, registrandosi fenomeni che paiono confermare quella meccanicistica e fenomeni che, invece, si spiegano più semplicemente con quella sostanzialistica. Lavoisier e Laplace ipotizzavano che entrambe potessero essere "vere". L'unica scelta che si sentivano di operare riguardava l'assunzione di due principi comuni a entrambe e quindi da esse indipendenti. Essi erano: 1) "la quantità di calore libero rimane sempre la medesima nel semplice miscuglio dei corpi" (principio inferito da quello più generale della conservazione delle forze vive); 2) "ogni variazione di calore -sia reale, sia apparente- subita da un sistema di corpi nel passare a un nuovo stato si riproduce in ordine inverso, allorché il sistema torna allo stato primitivo".

Agnostici circa il problema della natura del calore, cioè della sua essenza, Lavoisier e Laplace intendevano occuparsi del come, cioè degli effetti che il calore provoca nei corpi. Ciò che, a loro parere, rilevava ed era scientificamente conoscibile era il fatto che il calore risulta suscettibile di aumento e diminuzione, quindi è misurabile, quindi appare sottoponibile al calcolo.

Una volta registrati gli "effetti" principali del calore (consistenti nel dilatare i corpi, nel renderli fluidi, nel convertirli in vapore), si trattava di scegliere fra essi uno facile da misurare e "proporzionale alla sua causa".

Reimpostato in tal modo il problema dello studio del calore, col privarlo delle connotazioni metafisiche che lo avevano caratterizzato in precedenza e col fonderlo, invece, sulle basi sperimentali proprie della moderna metodologia galileiano-newtoniana, Lavoisier e Laplace si preoccuparono di stabilire se vi fossero tecniche atte a procedere a siffatta misurazione e se, per il loro tramite, si potesse pervenire a osservazioni tali da consentire di stabilire generalizzazioni corroborate cui ricondurre i fenomeni termici.

4. Il calorimetro a ghiaccio.

Nonostante che il termometro fosse invalso da oltre un secolo, le tecniche di misurazione del calore e soprattutto di determinazione dei calori specifici dei corpi erano molto arretrate.

Le uniche ricerche che Lavoisier e Laplace menzionano in proposito come particolarmente significative sono quelle del miscuglio, effettuate dal ginevrino J.-A. de Luc, relativamente all'effetto di dilatazione dei fluidi, soprattutto del mercurio a opera del calore. Si trattava, però, di tecnica rudimentale e con limiti, fra i quali il più consistente era quello di non consentire di determinare il calore sviluppato nei processi di combustione e respirazione, laddove proprio questi -a parere di Lavoisier e Laplace- "costituiscono la parte più interessante della teoria del calore".

I limiti riscontrati nella tecnica del miscuglio e il vuoto nomologico connesso inevitabilmente con la mancanza di stru-

menti precisi e specifici per condurre esperienze rigorose in ducono Lavoisier e Laplace a inventare allo scopo un nuovo mezzo di misurazione del calore. Tale mezzo fu il calorimetro a ghiaccio, la cui idea iniziale si deve a Laplace e il cui nome a Lavoisier.

Sfruttando l'idea di Laplace della sfera di ghiaccio, essi fecero costruire appositamente due celebri calorimetri o "macchine termiche", l'uno destinato agli esperimenti in cui non occorreva rinnovare l'aria interna, l'altro destinato a quelli in cui il rinnovo dell'aria era indispensabile, come nel caso dello studio dei processi di combustione e respirazione.

L'idea che sottende al calorimetro consiste nell'immaginare in un'atmosfera, la cui temperatura sia di poco superiore a 0° , una sfera di ghiaccio concava, a temperatura di 0° , entro la quale sia situato un corpo riscaldato a un grado qualunque. Poiché l'interno della sfera è perfettamente isolato dall'esterno, il calore sprigionato dal corpo posto all'interno della sfera si arresta alla superficie interna di questa, sciogliendone via via diversi strati di ghiaccio, finché la temperatura del corpo non risulta anch'essa di 0° . Se, a questo punto, si raccoglie l'acqua contenuta nella cavità della sfera, tale acqua avrà un peso esattamente proporzionale al (ossia esprimerà l'"esatta misura" del) calore perduto dal corpo nel passare dalla sua temperatura iniziale a quella del ghiaccio fondente (0°). In particolare, "detta quantità di acqua, divisa per il prodotto della massa del corpo e del numero di gradi di cui la sua temperatura iniziale superava lo zero, sarà proporzionale al calore specifico del corpo dato".

Gli esperimenti condotti con il calorimetro consentirono a Lavoisier e Laplace di fissare nella seguente equazione la regola per la determinazione dei calori specifici dei corpi, avvalendosi delle operazioni calorimetriche:

$$\text{calore specifico} = \frac{\text{quantità di acqua fusa}}{\text{massa del corpo} \cdot \text{temperatura cui il corpo è stato previamente portato}}$$

Poiché, tuttavia, la reiterazione degli esperimenti può dar luogo a risultati quantitativi leggermente diversi, essi stipularono convenzionalmente di assumere quale valore numerico esprime il calore specifico di un corpo la media dei valori ottenuti nei singoli esperimenti.

A proposito della "nuova" tecnica di misurazione del calore inventata da Lavoisier e Laplace si può notare che: a) consente di attingere risultati quantificabili rigorosamente. Appare significativo che i valori dei calori specifici dei corpi così stabiliti siano con buona approssimazione vicini a quelli attualmente fissati (per esempio, il calore specifico del mercurio, fissato da Lavoisier-Laplace in 0,029, non è lontano dal valore attuale di 0,03). b) essa risulta applicabile a "tutti i fenomeni" termici, essendo, in particolare, utilizzabile anche per la misurazione del calore sviluppato nei processi di combustione e di respirazione. Basta, infatti, in questi casi "bruciare i cor

pi combustibili all'interno della sfera o, parimenti, lasciarvi respirare gli animali".

5. Considerazioni conclusive.

Fra le conseguenze più rimarchevoli delle ricerche sul calore di Lavoisier figurano: la fondazione della calorimetria; il rafforzamento della teoria dell'ossidazione; il nuovo impulso dato agli studi di chimica fisiologica.

Per motivi di spazio, ci si limiterà qui a ricordare i tratti salienti della prima di esse, la quale -per altro- basterebbe da sola a suffragare la valutazione positiva dell'opera di Lavoisier anche in questo settore di ricerca.

Nel Mémoire viene, anzitutto, chiaramente enunciata la basilare distinzione fra capacità termica (detta "capacità di calore"), intesa come "quantità di calore" di un corpo, e il funtore temperatura, nel senso d'intensità o gradi di calore, confusi fin dalla scoperta del termometro.

La definizione operativa di "capacità termica" e "calore specifico" stabilita, sulla base degli esperimenti effettuati, è la seguente: "dati due corpi di egual massa, posti alla medesima temperatura, la quantità di calore necessaria per innalzare di un grado la loro temperatura può non essere la stessa per entrambi; e, se si prende come unità quella atta a innalzare di un grado la temperatura di una libbra di acqua comune, si vede facilmente che tutte le altre quantità di calore, relative a corpi diversi, possono venir espresse in termini di siffatta unità". Il significato di questa definizione appare meglio precisato dall'uso fatto dei termini suddetti nelle descrizioni degli esperimenti effettuati da parte di Lavoisier e Laplace, dalle quali risultano correttamente impiegati il concetto di "capacità termica", come quantità di calore che la massa di un corpo assorbe o cede nel riscaldarsi o raffreddarsi di un grado di temperatura, e, ancor più esplicitamente, quello di "calore specifico", come quantità di calore che l'unità di massa di un corpo assorbe o cede nel riscaldarsi o raffreddarsi di un grado di temperatura.

Inoltre, se combiniamo la definizione e i significati dei termini suddetti con la regola metodologica d'uso stabilita da Lavoisier e Laplace per la determinazione dei calori specifici mediante il calorimetro, è possibile constatare la presenza degli elementi che concorrono all'enunciazione dell'equazione fondamentale della calorimetria: $Q=c.m.t^{\circ}$ oppure $Q=C.t^{\circ}$, donde $c=\frac{Q}{m.t^{\circ}}$, dove 'c' indica il calore specifico di un corpo, 'm' la sua massa, 't°' i gradi di cui la massa di quel corpo è stata riscaldata, 'C' la sua capacità termica, 'Q' la quantità di calore necessaria per riscaldare di t° la massa m di un corpo avente calore specifico c.

Invero, se prescindiamo dalle successive precisazioni del concetto -per esempio- di "massa" in quanto distinto da quello di "peso", e se sostituiamo le odierne unità di misura a quelle usate da Lavoisier e Laplace, possiamo considerare l'equazione moderna $c=\frac{Q}{m.t^{\circ}}$ espressione sintetica e semplificata di quella

di Lavoisier e Laplace relativa al calore specifico, riferita nel paragrafo precedente.

Nota bibliografica

- E. BELLONE, I modelli e la concezione del mondo nella fisica moderna da Laplace a Bohr, Feltrinelli, Milano, 1973.
- M. DAUMAS, Lavoisier théoricien et expérimentateur, Presses Universitaires de France, Paris, 1955.
- Y. ELKANA, La scoperta della conservazione dell'energia, con prefazione di I.-B. Cohen, tr.it., Feltrinelli, Milano, 1977.
- F. ENRIQUES, Problemi della scienza, ristampa anastatica della 2a edizione, Zanichelli, Bologna, 1985.
- A.-L. LAVOISIER e P.-S. de LAPLACE, Mémoire sur la chaleur (1783), in A.-L. LAVOISIER, Oeuvres, a cura del Ministre de l'Instruction Publique et des Cultes, ristampa anastatica della 1a edizione, Johnson Reprint Corporation, New York, 1965, II, pp. 283-333.
- A.-L. LAVOISIER, Traité élémentaire de chimie (1789), in A.-L. LAVOISIER, Oeuvres, cit., I, pp. 1-407, 681-702.
- G. TABARRONI, Argomenti di storia della fisica, Lezioni per il Corso annuale di perfezionamento in fisica a indirizzo di dattico, Istituto di Fisica dell'Università di Modena, anni accademici 1970-71 e 1971-72.
- S. TUGNOLI PATTARO, La teoria del flogisto. Alle origini della rivoluzione chimica, Clueb, Bologna, 1983.
- S. TUGNOLI PATTARO, Dalla chimica del flogisto alle teorie lavoisieriane dell'ossidazione e del calore, Clueb, Bologna, 1984.

VIRGILIO GIORMANI (*)

LE VICENDE DELLA CATTEDRA DI CHIMICA
A PADOVA DAL 1726 AL 1749

La prima cattedra di chimica in Italia fu istituita il 30 novembre 1726 all'Università di Padova, ma venne attivata soltanto il 16 agosto 1749.

L'antico sistema universitario basato sulla lettura e il commento, funzionava bene con le discipline a contenuto teorico, ma poco poteva servire con le nuove materie quali la fisica, la chimica e la storia naturale, per le quali erano necessarie osservazioni ed esperimenti e - in definitiva - dei laboratori attrezzati. Quando Luigi Ferdinando Marsigli tentò - nel secondo decennio del settecento - di riformare in tal senso l'Università di Bologna, dovette fare i conti con l'insormontabile ostacolo del ferreo corporativismo dei professori.⁽¹⁾ Egli riuscì invece a creare nel 1714 una nuova struttura, l'Istituto delle Scienze quale organo extrauniversitario. Per non interferire con l'università, le lezioni dell'Istituto venivano effettuate in orari diversi da quelle universitarie e dovevano sempre essere accompagnate da esperimenti, per i quali erano previsti appositi laboratori con la necessaria dotazione. Quanto veniva realizzandosi a Bologna, fu portato a conoscenza dei Riformatori allo Studio di Padova tramite il Giornale de' Letterati d'Italia⁽²⁾, ed uno dei fondatori del giornale, Scipione Maffei, (sempre nel 1714) riferì loro in una riunione privata quanto si poteva fare - a suo avviso - anche a Padova, ripetendolo poi per iscritto nel 1715 sotto forma del noto Parere sul riordinamento dello Studio patavino. Il Maffei proponeva la soppressione dei doppioni e delle triplicazioni di cattedre ritenute inutili e - per quanto riguarda la chimica - diceva testualmente: "Manca ancora un professore

(*) Centro di Studi sui Biopolimeri
Istituto di Chimica Organica
dell'Università di Padova

di chimica, che se si aggiungesse insieme con un laboratorio, molto illustrerebbe quest'università. Sanno i dotti quante notizie e quante verità si debbano a quest'arte; e d'altra parte, se è stata sempre ammessa una lezione per istruire i chirurghi, perchè non dovrà ammettersene anche un'altra per ammaestrare gli speciali, l'ignoranza de' quali nella conoscenza e nelle preparazioni cagiona spesso danno?"⁽³⁾

Il Maffei pensava quindi ad una cattedra di chimica avente carattere applicativo, per i farmacisti. Un indirizzo più prettamente chimico-fisico veniva proposto invece dal Poleni quando - il 13 aprile 1719 - i Riformatori chiesero il suo parere sull'istituzione della nuova cattedra di fisica sperimentale. Il Poleni riteneva necessari alcuni strumenti per studiare la struttura della materia secondo i dettami della chimica⁽⁴⁾.

Sia il Maffei che il Poleni facevano presente che già Domenico Guglielmini aveva chiesto - nei primi anni del settecento - una accademia di fisica sperimentale in cui vi fossero "molti lettori e molti studenti"; una accademia, cioè una struttura extrauniversitaria che però suscitò vivaci opposizioni sia a Padova che a Venezia.

Invece il laboratorio attrezzato anche con strumenti chimici chiesto dal Poleni era pensato come facente parte dell'università. Aveva però un grave inconveniente: l'altissimo costo, e pertanto non fu nemmeno preso in considerazione.

Della cattedra di chimica non si sentì più parlare a Padova fino al settembre del 1726, allorchè il professor Bartolomeo Lavagnoli - che dal 1718 occupava la seconda cattedra di medicina pratica straordinaria - viene avvertito dal suo protettore, il Riformatore Giovanni Pietro Pasqualigo, che si pensa a lui per tale cattedra. Nella sua lettera di ringraziamento il Lavagnoli mette subito in chiaro che la nuova cattedra deve essere dichiarata primaria⁽⁵⁾. Un bel salto invero dalla sua modesta cattedra che era situata al quattordicesimo posto!

Queste graduatorie delle cattedre servivano per stabilire con quale ordine i professori sfilassero nella processione di s. Tommaso, patrono dell'università artista, con quale ordine si ponessero a sedere nelle riunioni accademiche e apponessero la loro firma sui diplomi di laurea, tutte cose - come ognuno vede - della massima importanza. Il porre la firma sul diploma di laurea significava prender parte alla divisione delle tasse di laurea, ricevendo le cosiddette sportule, riservate - a seconda del tipo di laurea - soltanto a sei o ad otto professori.

Se il candidato non aveva problemi di denaro poteva laurearsi nel Sacro Collegio, con una cerimonia molto solenne che si svolgeva al duomo e che era molto costosa. All'esame di laurea - detto Recita generale - presenziavano i quattro titolari delle prime cattedre ordinarie, ossia di medicina teorica, medicina pratica, filosofia ed anatomia, oltre a due estratti a sorte tra tutti gli altri professori: sei quindi in tutto partecipavano alla suddivisione degli utili⁽⁶⁾.

Se il candidato non poteva permettersi il lusso del Sacro Collegio, poteva ripiegare sul Collegio Veneto, che conferiva una

laurea altrettanto valida, però con minore apparato e minor spesa, e questo era il caso più frequente. Il Collegio Veneto era composto dai già visti titolari delle quattro prime cattedre ordinarie e dai loro concorrenti ossia dai titolari delle quattro seconde cattedre ordinarie. Venivano detti concorrenti perchè facevano lezione alla stessa ora e sulla stessa materia dei primari ordinari. In definitiva partecipavano in otto alla suddivisione degli utili. Nel caso che qualcuna di queste otto cattedre non fosse coperta - ad esempio nelle more per sostituire il cattedratico andato in pensione o defunto, e la cosa poteva durare anche parecchi anni - oppure se qualcuno dei cattedratici fosse risultato assente per malattia o per altri incarichi altrove, entravano al loro posto le cattedre immediatamente successive, ossia le straordinarie primarie e se il caso lo avesse richiesto, le straordinarie seconde e via via tutte le altre di minor importanza, seguendo l'ordine di precedenza stabilito nel Rotulo dell'anno accademico in corso.

Se alla cattedra di chimica di nuova istituzione fosse stata data la parità con le quattro prime cattedre ordinarie, si sarebbe creata in definitiva una quinta cattedra ordinaria,⁽⁸⁾ con pericolosa "confusione"⁽⁷⁾ e una levata di scudi "universale"⁽⁸⁾. Si proponeva - in alternativa - di porla subito dopo la cattedra di anatomia del Morgagni, approfittando del fatto che il titolare della anatomia seconda aveva chiesto il pensionamento e già da tempo era stato deciso di farla tacere definitivamente, quando questo si fosse verificato⁽⁷⁾. In tal caso la chimica - quale ultima delle seconde cattedre ordinarie - si sarebbe trovata all'ottavo posto. Certamente l'ottavo non era il quinto, comunque era sempre una di quelle otto cattedre che si sarebbero divisi gli utili delle lauree in Collegio Veneto.

Il suggerimento non teneva però conto delle vivaci proteste che tutte le cattedre straordinarie avrebbero elevato qualora avessero dovuto cedere la precedenza al Lavagnoli. Pertanto - onde evitare ogni possibile ricorso - si era fatto un altro tipo di ragionamento: lo studio delle proprietà farmacologiche dei semplici, ossia di tutti i prodotti naturali grezzi (non solo vegetali, ma anche minerali ed animali), era effettuato da due cattedre, la lettura dei semplici, avente programma più esteso e l'ostensione dei semplici, con un programma più limitato. Nella loro trattazione i due professori dei semplici usavano dei criteri chimici e d'altra parte la cattedra di chimica avrebbe di necessità usato anch'essa dei criteri di tipo chimico nello studio delle proprietà farmacologiche dei semplici: appariva abbastanza logico che la chimica venisse posta immediatamente dopo le due cattedre dei semplici e pertanto al 20° posto⁽⁹⁾. Così sarebbero stati tutti soddisfatti, ad eccezione naturalmente del Lavagnoli. Ora Giovanni Pietro Pasqualigo - uno dei tre Riformatori in carica che proteggeva il Lavagnoli - era ben conscio delle difficoltà che avrebbe incontrato se avesse insistito nel proporlo per una cattedra primaria. Era questo un caso che avrebbe richiesto in Senato una maggioranza dei 4/5 e ogni professore contrario al Lavagnoli disponeva in genere di protezione, oltre che dai Riformatori, anche tra

i patrizi del senato. Pertanto il Pasqualigo ritenne opportuno non rischiare una bocciatura e dopo aver suggerito l'abolizione di ben cinque cattedre inutili - cosa che avrebbe fatto risparmiare parecchio denaro alle casse dello stato - si limitò a proporre al senato solo l'istituzione della cattedra di chimica, asserendo che sarebbe stata di ben poca spesa⁽¹⁰⁾. Così il decreto passò con estrema facilità il 30 novembre 1726, avendosi 103 voti favorevoli, 4 contrari e 3 astenuti⁽¹¹⁾. La prima cattedra universitaria di chimica era stata istituita nel lontano 1609 a Marburg per Johannes Hartmann⁽¹²⁾. In Italia essa veniva istituita per la prima volta all'Università di Padova nel 1726, però per la sua effettiva attivazione occorsero altri 23 anni.

I Riformatori cominciarono intanto a documentarsi per sapere in cosa consistesse un corso di chimica e chiesero il parere di alcuni professori. Ad esempio, Alessandro Knips Macoppe, di medicina teorica ordinaria seconda, che era stato a Montpellier poteva così ricordare il "professore [di chimica in quell'università] che con le proprie mani graduava il fuoco et andava filosofando sopra le mutazioni che succedevano in quella materia racchiusa nei vasi". Il corso di chimica non doveva limitare a "semplici ragionamenti", ma a "fatti" e a "laboriose operazioni"⁽¹³⁾. Con lui concordava Antonio Vallisnieri senior di medicina teorica ordinaria prima, asserendo che poco si può capire di chimica se non si vedono gli esperimenti, senza dei quali gli studenti avrebbero tratto ben poco profitto dal corso, "imperocchè basterebbe loro leggere un libro di chimica, senza incomodarsi di venire [a lezione]"⁽¹⁴⁾. Come era il caso dell'anatomia e della botanica, la chimica non si poteva apprendere "sulla sola voce [del docente senza] vedere [degli esperimenti]"⁽¹⁵⁾. Ho già trattato questo tema in un poster al congresso di Grado⁽¹⁶⁾ e quindi non posso dilungarmi. Mi permetterò di ricordare come doveva essere il professore di chimica sempre secondo l'opinione del Vallisnieri: "prudentissimo, esertissimo, sincero, chiaro, cauto, non misterioso, non oscuro, non visionario, non vanaglorioso, non appassionato, nè troppo credulo, nè amante del mirabile, come per lo più è la setta dei chimici⁽¹⁵⁾, che sovra umane forze inalzar si vorrebbe e indarno sempre lo tenta"⁽¹⁵⁾.

Abbiamo lasciato intanto il Lavagnoli sempre fermo al suo modesto quattordicesimo posto: la morte del collega Navarra - avvenuta il 10 febbraio 1727 - lo faceva scattare al tredicesimo e il primo novembre dello stesso anno il trasferimento ad altra cattedra del collega Macoppe lasciava libera la medicina teorica ordinaria seconda alla quale passava il Lavagnoli, arrivando così al suo agognato quinto posto, senza bisogno della cattedra di chimica⁽¹⁷⁾. Nella sua Prolusione del 24 aprile 1728 con la quale il Lavagnoli apriva il suo nuovo corso, egli si proponeva di trattare per prima cosa tutte quelle discipline che sono così necessarie alla medicina da non potersi definire buon medico chi non le conosca a fondo. La prima di esse è la chimica e a lezione avrebbe trattato di cosa essa consista, a cosa tenda e quanto possa giovare alla medicina. Avrebbe esposto brevemente la storia della chimica, dividendola in due parti, dalla sua origine

fino al '500 e dal '500 in avanti, ossia la vecchia e la nuova chimica, con i suoi inventori, cultori, libri pubblicati, natura e scopo di essa. La Prolusione terminava trattando appunto l'origine della chimica e i suoi inventori. Dopo la chimica, sarebbe passato alla filosofia, alla storia naturale, alla matematica, all'astronomia, all'anatomia e da ultimo avrebbe trattato la sua nuova disciplina, ossia la medicina teorica.

Il Lavagnoli aveva intenzione di pubblicare un libro sull'argomento, ossia sull'uso proprio ed improprio delle varie discipline in medicina e nel 1732 ne pubblicò la prima parte (De usu chymiae), dedicandola ai Riformatori Carlo Ruzzini, Alvise Pisani e Giovanni Pietro Pasqualigo, e usando quale prefazione la Prolusione dell'aprile 1728⁽¹⁸⁾. Da questo libro possiamo trarre la definizione che il Lavagnoli dà della chimica quale arte di separare e riunire i corpi mediante il fuoco per lo più, o con altri idonei mezzi, in modo da scoprirne i principi e le proprietà e preparare da essi dei rimedi che siano di vantaggio alla salute dell'uomo⁽¹⁹⁾.

Intanto i Riformatori iniziano le loro ricerche all'estero, incaricando nel 1733 le rappresentanze diplomatiche della Repubblica Veneta a Milano, Napoli e Parigi di trovare un professore adatto alla cattedra di chimica a Padova. Da Napoli un possibile candidato, tale Giuseppe Mosca, giustifica l'alto stipendio che pretende, tirando in ballo "la gran fatica che intraprender deve e'l gran discapito della salute, che si fa in trattando i metalli"⁽²⁰⁾. Da Parigi sembra che nessuno "nella chimica ... si distingua", poichè in Francia "il sommo orrore che se ne ha per li veleni, e per la paura che [si] dispergano le sostanze per attendere all'"alchimia", ha fatto sì che quest'arte abbia collezionato tutta una serie di "proibizioni" da parte dell'autorità. Anche se ai tempi di Luigi XIV è stata fondata una cattedra di chimica, ben "pochi vi si applicano". L'ambasciatore veneto che ha avuto queste informazioni dall'attuale professore di chimica Louis Lemery, ha anche ricevuto l'indicazione - quale "soggetto capace" - del professor Bourdelin, che guadagna 6000 franchi l'anno a Parigi e per venire a Padova ne pretende 10.000. Pur se questo candidato è il nipote del famoso chimico Claude Bourdelin, la sua pretesa sembra "poco ragionevole" all'ambasciatore, che sospende le sue ricerche, nella considerazione che "i francesi ... sono troppo prevenuti per il loro paese, per lasciarlo senza condizioni di gran profitto"⁽²¹⁾.

Dopo queste informazioni deludenti i Riformatori cessano le loro ricerche all'estero per coprire la cattedra di chimica, mentre troveranno nel 1739 per la cattedra di teologia e nel 1743 per quella di filosofia, dei soggetti capaci e non così avidi⁽²²⁾.

Il 10 agosto 1744 muore il Macoppe, liberando la cattedra di medicina pratica ordinaria prima e ricominciano le ricerche all'estero, che però non portano a buoni risultati. A Roma, per esempio, sembra che vi sia "scarsezza ... di soggetti di simil rango", dato che "il Pontefice stesso dovendo sostituire al di lui medico morto mesi sono, è stato in necessità di far staccare da Bologna il signor dottor

Laurenti, che in ora occupa tal carica"⁽²³⁾. Questo Laurenti è quel Marco Antonio Laurenti, professore di medicina teorica all'Università di Bologna e primario all'ospedale. E' anche professore di chimica dal 1714 all'Istituto delle Scienze sempre a Bologna fino al 1734, anno in cui è stato sostituito da Jacopo Bartolomeo Beccari. Bologna infatti ha preso la mano a Padova e nel 1737 la chimica - sempre nella persona del Beccari - entra anche all'università⁽²⁴⁾.

Intanto, non avendo trovato alcun candidato all'estero per sostituire il Macoppe, i Riformatori pensano di trasferirvi il Lavagnoli: in un secondo tempo si orienterebbero invece a dargli come secondo incarico anche il corso di chimica. Il Lavagnoli nella sua risposta del 28 novembre 1748, ringrazia per esser stato ritenuto "capace d'intraprendere ... un nuovo gravoso incarico in età ormai canuta [era già sui 68 anni]". "Medicina chimica teorico-pratica" sarebbe stato il titolo del nuovo corso, ossia l'applicazione della chimica alla medicina e questo, per quanto "gravoso ... e improporzionato alle forze sue", era perfettamente collegabile con la sua cattedra di medicina teorica seconda, come aveva già spiegato nella sua Prolusione del 1728, pubblicando poi, nel 1732, il suo libro sull'uso della chimica nella medicina (teorica). Risultava invece affatto diverso da quanto avrebbe dovuto insegnare se avesse accettato la cattedra già del Macoppe, ossia la medicina pratica prima. Il Lavagnoli - che avrebbe potuto così passare dal suo quinto posto addirittura al secondo posto in graduatoria - preferisce restare nella sua vecchia cattedra, aggiungendosi la chimica come secondo incarico. Confida però che l'autorità "vorrà prendersi un generoso pensiero dell'onore suo accrescendo in lui il coraggio et animare i novelli studi [della chimica]"⁽²⁵⁾. Si aspettava quindi un aumento di stipendio in occasione del suo nuovo contratto e un qualche particolare "onore" e li ottenne entrambi.

I Riformatori - il 23 novembre 1749 - manifestavano la loro intenzione di "conoscere per via di esperimento qual dilettezza vi fosse nella scolaresca per la chimica". "E perchè diletto appunto prender ne possa la gioventù", sembrava del tutto naturale rivolgersi al Lavagnoli che, col suo libro, aveva fatto vedere quale e quanta fosse la sua competenza in materia. Al Senato si chiedeva di concedere al Lavagnoli un normalissimo aumento di 200 fiorini in occasione del nuovo contratto quadriennale; considerando poi che egli avrebbe tenuto anche un corso biennale di chimica (con un'ora di insegnamento alla settimana, nella mattina della domenica), senza per questo ridurre il numero delle sue lezioni di medicina teorica, "per benemeranza ... del nuovo peso straordinario", i Riformatori chiedevano che egli fosse riconfermato nella sua cattedra di medicina teorica ordinaria seconda ma "con la parità del primo luogo" e le relative "prerogative et onorificenze"⁽²⁶⁾. Le quali cose, non costando assolutamente nulla alle casse dello stato, non richiedevano per l'approvazione quella difficilissima maggioranza dei 4/5 che aveva dissuaso i Riformatori nel 1726, ma solo quella dei 2/3 e così - con 69 voti favorevoli, 24 contrari e 5 astenuti - il 16 agosto 1749 il Senato attivava

finalmente a Padova quella cattedra di chimica che aveva istituito ben
23 anni prima. ⁽²⁷⁾.

Bibliografie e note

- (1) B. DOOLEY, "Giornalismo, università e organizzazione della scienza: tentativi di formare una accademia scientifica veneta all'inizio del settecento", *Archivio Veneto*, s.V, 120 (1983), p. 25-27.
- (2) "Giornale de' Letterati d'Italia", 17 (1714), p. 148-169.
- (3) B. BRUGI, "Un parere di Scipione Maffei intorno allo Studio di Padova sui principi del settecento", *Atti del r. Istituto Veneto di Scienze Lettere ed Arti*, 1909-1910, 69(2), p. 681.
- (4) Agostino Gadaldini, segretario dei Riformatori a Giovanni Poleni, Venezia 13 aprile 1719. "Biblioteca Marciana di Venezia", ms. It. cl. IV, 592 (=5555), c. 211; la risposta del Poleni, del 23 aprile è a c. 2-Sv. Il Poleni otterrà la cattedra e il laboratorio di fisica sperimentale solo nell'a.a. 1739-1740.
- (5) Bartolomeo Lavagnoli [ad Agostino Gadaldini?], Padova 29 settembre 1726. "Archivio di Stato di Venezia (ASV)", Riformatori, busta 442. Dalla lettera si evince che il Lavagnoli aveva ricevuto la notizia che si pensava a lui per la nuova cattedra, presumibilmente dallo stesso Gadaldini, con lettera da Venezia del 25 settembre, oltre che dal Pasqualigo.
- (6) "Biblioteca Universitaria di Padova (BUP)", ms. 2224: Carte relative allo Studio di Padova, c. 277rv.
- (7) Bartolomeo Sellari, cancelliere dell'università legista [ad Agostino Gadaldini?], Padova 16 novembre 1726. ASV, Riformatori, b. 442.
- (8) BUP, ms. 2224: Carte, c. 277v.
- (9) BUP, ms. 2224: Carte, c. 277r.
- (10) Scrittura dei Riformatori Carlo Ruzzini, Andrea Soranzo e Giovanni Pietro Pasqualigo del 23 novembre 1726. ASV, Senato Terra, filza ad diem (ottobre-novembre 1726).
- (11) Ivi. Copia del decreto in "Archivio antico dell'Università di Padova (AAUP)", ms. 518: Decreti, Terminazioni, Lettere (1721-1727), 30 novembre 1726 in Pregadi.
- (12) K. HUFBAUER, "The formation of the German Chemical Community (1720-1795)". Berkeley-Los Angeles 1982, p. 258-259.
- (13) Alessandro Knips Macoppe ad Agostino Gadaldini, Padova 13 febbraio 1727. ASV, Riformatori, b. 442;
- (14) Antonio Vallisneri senior ad Agostino Gadaldini, Padova 14 febbraio 1727. ASV, Riformatori, b. 442.
- (15) Antonio Vallisneri ad Agostino Gadaldini, Padova 15 febbraio 1727. ASV, Riformatori, b. 422.
- (16) V. GIORMANI, "L'insegnamento della chimica a Padova dal 1670 al 1749", "Atti del XV Congresso Nazionale della Società Chimica Italiana, Grado 16-21 settembre 1984", p. 610.
- (17) I Riformatori avrebbero potuto sopprimere la cattedra di medicina pratica straordinaria prima del Navarra, non appena essa si fosse resa vacante (Decreto del Senato 30 novembre 1726). Invece, alla morte del

Navarra, soppressero il secondo luogo del Lavagnoli, promuovendolo al primo, ma senza aumento di stipendio. Il 1° novembre 1727 il Macoppe passò dalla medicina teorica ordinaria seconda alla medicina pratica ordinaria prima e il Lavagnoli passò alla cattedra lasciata libera dal Macoppe, sempre senza aumento di stipendio.

(18) BARTHOLOMAEI LAVAGNOLI: "De usu pravo et recto disciplinarum optimarum in medicina. Pars I. De usu chymiae", Patavii, 1732, p. 3,4,6,8.

(19) Ivi, p. 138.

(20) Cesare Vignola, residente veneto a Napoli ai Riformatori, Napoli 2 giugno 1733. ASV, Riformatori, filza 206.

(21) Alvise Mocenigo 4°, ambasciatore veneto a Parigi ai Riformatori, Parigi 5 luglio 1733. ASV, Riformatori, f. 206.

(22) ASV, Riformatori, f. 211 e 212.

(23) Il medico di Benedetto XIV è Antonio Leprotti, morto il 13 gennaio 1746 (G. TIRABOSCHI: "Biblioteca Modenese", Modena 1783,3, p. 89). Al suo posto, nello stesso anno, subentra il Laurenti (G. MARINI: "Degli architetti pontifici", Roma 1784, p. XLVIII). Il Laurenti (1668-1772), al quale si riferisce la lettera ai Riformatori dell'ambasciatore veneto a Roma del 31 dicembre 1746 (ASV, Riformatori, f. 214), è professore di logica all'Università di Bologna dal 1711 al 1714, anno in cui passa alla medicina teorica e professore di chimica all'Istituto delle Scienze fin dalla sua fondazione. Il 13 marzo 1714 - quando si inaugura solennemente l'Istituto - "si sta in procinto di fabbricare ... l'elaboratorio chimico" ("Giornale de' Letterati d'Italia", 17, 1714, p. 161), che sarà pronto solo nel 1724 (M. CAVAZZA, "La 'Casa di Salomone' realizzata?", "I Materiali dell'Istituto delle Scienze", Bologna 1979, p. 49). Nel 1733, "la chimica non è ancora in funzione, con strumenti appesi alle pareti e fornelli intatti" (G. DRAGONI, V. PALLOTTI, "Strumenti, didattica e ricerca: la fisica sperimentale nell'Istituto delle Scienze", "I Materiali", p. 221); esistono anche delle proteste al riguardo, che arrivano al senato bolognese il 27 maggio 1733.

(24) Il Beccari (1682-1766), professore di medicina pratica ordinaria all'Università di Bologna e professore di fisica all'Istituto delle Scienze fin dalla fondazione, passa al posto del Laurenti, sempre all'Istituto, il 18 giugno 1734. Nell'a.a. 1737-38 occupa la prima cattedra di chimica italiana all'università di Bologna (lettura "Ad chymicam", istituita con decreto 16 novembre 1737). Sul Beccari vedi la voce di M. CRESPI - A. GAUDIANO, "Dizionario Biografico degli Italiani", Roma 1965, 7, p. 433.

(25) Bartolomeo Lavagnoli al segretario dei Riformatori Michiel Angelo Marino, Padova 28 novembre 1748. ASV, Riformatori, filza 215.

(26) Terminazione dei Riformatori Giovanni Emo, Barbon Morosini e Marco Foscarini, Venezia 23 febbraio 1749. AAUP, ms. 521: Decreti, Terminazioni e Lettere (1744-1752).

(27) ASV, Senato Terra, filza ad diem (1749 agosto prima).

CARLO FIORENTINI

LA TEORIA DELL'AFFINITA' CHIMICA IN BERTHOLLET

Berthollet, nelle prime pagine dell' "Essai de statique chimique", chiarisce la propria posizione nei confronti della tradizione newtoniana di quantificazione delle forze a breve raggio, che aveva avuto gli esponenti più significativi nella seconda metà del settecento in Francia, con Buffon, Macquer e Guyton de Morveau.

Per Berthollet, i fenomeni chimici sono dovuti alla mutua attrazione delle molecole dei corpi, alla quale è stato attribuito il nome di affinità, per distinguerla dall'attrazione astronomica. E' probabile che l'affinità non differisca nella sua origine dall'attrazione generale, ma al contrario di questa i cui effetti possono essere facilmente calcolati, gli effetti dell'attrazione chimica sono talmente modificati dalle condizioni particolari che possono essere spiegati solo con l'osservazione e non dedotti da un principio generale.

Berthollet pensa che la chimica per acquistare il carattere delle "vere scienze" debba essere sottomessa alle leggi determinate dalla meccanica, ma, rifiutando le proposte di calcolo delle forze chimiche basate sulle affinità elettive, ritiene che sarà possibile la quantificazione in chimica soltanto quando nuove esperienze saranno state effettuate e teorie particolari formulate(I)

insegnante di chimica presso l'istituto tecnico per geometri "Brunelleschi", Empoli (Fi)

Nonostante la sua adesione al Newmonianesimo, la complessità dell'azione chimica, da lui indicata, contribuì alla crisi, agli inizi del XIX secolo, del progetto riduzionista ormai secolare, della speranza di Newton di unificazione delle forze:

"Volesse il cielo che fosse lecito dedurre i restanti fenomeni della natura dai principi della meccanica col medesimo genere di argomentazione. Infatti molte cose mi spingono a sospettare che essi tutti possano dipendere da certe forze per effetto delle quali le particelle dei corpi, per cause non ancora conosciute o si urtano fra di loro e si connettono secondo figure regolari o si respingono e recedono l'una dall'altra".(2)

La "tavola dei rapporti" di Geoffroy del 1718 costituisce il primo importante esempio di utilizzo delle idee newtoniane sulle forze a breve raggio approfondite nella Querj 3I dell'"Ottica". Non si parla chiaramente di attrazioni, ma di rapporti, per il clima di ostilità in Francia, nei confronti del concetto newtoniano di "attrazione", assimilabile alle qualità occulte, alle quali si era opposto il meccanicismo seicentesco. La problematica delle affinità rimase centrale per tutto il secolo e molte furono le tavole di affinità pubblicate.(3)

Il trattato delle "affinità chimiche o affinità elettive" di Bergman, pubblicato nel 1775, rappresenta l'opera più significativa sulla teoria delle affinità e punto di riferimento costante per i chimici nei trenta anni successivi.

Bergman si chiede se l'ordine delle attrazioni é costante, discute delle apparenti irregolarità dovute alle attrazioni doppie, alla solubilità, alla quantità delle sostanze, ma é disposto a riconoscere "nell'intensità più o meno grande del calore la sola condizione esterna che può diminuire o cambiare totalmente le affinità dei corpi che si sottomettono alle esperienze".(4)

Le tavole di Bergman sono molto più ampie delle precedenti, comprendono ben 59 colonne e per la prima volta vi é la distinzione nell'ordine delle affinità tra la via umida a temperatura ambiente e la via secca ad alte temperature.(5)

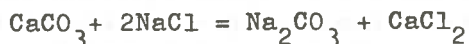
La spiegazione delle tavole é semplice: in ogni colonna sono elencate le sostanze che hanno affinità in ordine decrescente con la prima sostanza della colonna; nella I° colonna la barite si combina con l'acido solforico liberando le altre basi combinate con l'acido.

Berthollet, fino a metà degli anni novanta, aveva una concezione delle affinità simile a quella di Bergman, ma alcune osservazioni effettuate in quegli anni incominciarono ad

insinuare dei dubbi. Durante la Rivoluzione Francese, essendo supervisore della raccolta di salnitro, poté constatare che la dissoluzione del sale veniva effettuata facilmente rinnovando continuamente l'acqua, mentre l'acqua che già ne conteneva, benché non satura, poteva scioglierne ulteriori quantità molto lentamente.

Inoltre, responsabile del controllo della fabbricazione di prodotti, come la soda di cui la Francia era priva, Berthollet osservò numerose reazioni di doppio scambio tra sali. Poté confrontare con la realtà dei fatti la teoria delle affinità elettive di Bergman e rendersi conto di numerosi errori. Seguendo le tavole di Bergman, la barite era ritenuta la base con maggiore affinità non solo per l'acido solforico, ma anche per gli altri acidi quali il cloridrico. Durante la Rivoluzione Francese mancava la soda e si pensò di fabbricarla facendo reagire il sal marino con la barite, ma la reazione non avveniva.

Un'altra importante osservazione venne effettuata nel 1799 durante la spedizione in Egitto con Napoleone. Visitando i famosi laghi di natron, rimase impressionato dalla formazione di Na_2CO_3 per una reazione opposta a quella che avveniva normalmente.



Nella memoria "Osservazioni sul natron", letta nel febbraio del 1799, all'Istituto d'Egitto, Berthollet attribuisce l'inversione del senso della reazione al cambiamento di temperatura e concentrazione che si verifica passando dalle condizioni ambientali del laboratorio alle condizioni naturali dei laghi di natron.

Al ritorno dall'Egitto, Berthollet poté di nuovo dedicarsi a tempo pieno alle sue ricerche e ai suoi studi, dopo la lunga parentesi di quasi 10 anni, determinata dagli sconvolgimenti della Rivoluzione Francese. Nel 1803, con la pubblicazione della sua opera fondamentale "Essai de Statique Chimique, un'ampia rielaborazione delle "Ricerche sulle leggi dell'affinità" del 1799, Berthollet riformulò completamente la teoria dell'affinità.

Berthollet distingue preliminarmente i due tipi fondamentali di affinità, quella che tiene unite le particelle di una stessa sostanza e quella che determina l'unione di sostanze diverse. Il primo tipo di affinità, indicata col nome di forza di coesione, è una forza opposta a tutte quelle che cercano di fare entrare in combinazione le particelle, che essa tende al contrario a riunire. L'affinità del secondo tipo che determina l'unione di sostanze diverse, la combinazione chimica, viene indicata semplicemente come affinità chimica.

Tra le affinità di una sostanza ve ne é a volte una che é dominante. Nel caso degli acidi e delle basi l'affinità dominante consiste nella tendenza che hanno a combinarsi, saturandosi vicendevolmente.

"Gli acidi e le basi mostrano al più alto grado queste proprietà antagoniste che sono la fonte principale dei fenomeni chimici; la loro azione reciproca merita dunque di fissare particolarmente l'attenzione. Considero dapprima, come attributo generale, questa proprietà correlativa degli acidi e degli alcali di saturarsi mutualmente, indipendentemente dalle caratteristiche particolari a ciascuno di essi!" (6)

Per Berthollet "Bergman é fra tutti coloro che si sono occupati di questo argomento, colui che ha ottenuto maggiore successo: la sua opera sulle affinità elettive é raccomandabile non solo per le vedute che essa contiene sulla natura delle affinità chimiche,..... ma ancora per il gran numero di fatti particolari che essa contiene. Tutta la dottrina di Bergman é fondata sulla supposizione che l'affinità elettiva sia una forza costante; di modo che una sostanza che ne caccia un'altra dalla sua combinazione, non può più essere spostata da questa nuova combinazione da quella che essa ha eliminato. Si é talmente riguardata l'affinità elettiva come una forza costante, che celebri chimici hanno tentato di esprimere l'affinità delle diverse sostanze con dei numeri, che paragonati tra loro, dovevano rappresentare le forze, indipendentemente dalle proporzioni nelle quali le sostanze reagivano".(7)

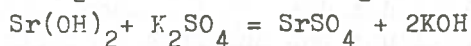
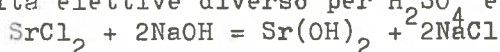
Berthollet si propone "di dimostrare che le affinità elettive, non agiscono come forze assolute a causa delle quali una sostanza sarebbe spostata da un'altra in una combinazione; ma che in tutte le combinazioni e decomposizioni che sono dovute alle affinità elettive, si produce una ripartizione nei composti tra le sostanze di azione contraria, o inversa, e che le proporzioni di questa ripartizione sono determinate non solo dall'energia dell'affinità di queste sostanze, ma anche dalla quantità colla quale esse agiscono, di modo che la quantità può supplire alla forza dell'affinità per produrre uno stesso grado di saturazione".(8)

Nella reazione di un acido A con un sale BC, si ha la ripartizione della base B fra i due acidi A e C in relazione all'affinità ed alla quantità dei due acidi, si ha una reazione di equilibrio:



In modo simile si comportano le basi. Berthollet constata nella reazione tra $SrCl_2$ e NaOH o KOH, un andamento dipendente dalla concentrazione di $SrCl_2$; se il sale é concentrato si forma un precipitato di $Sr(OH)_2$, se il sale é diluito non si produce alcun precipitato. Considerando il caso in cui $SrCl_2$ é concentrato, Berthollet osserva che si

dovrebbe concludere che NaOH e KOH hanno più affinità per HCl del Sr(OH)₂. Ma, aggiunge Berthollet, essendo Sr(OH)₂ capace di decomporre K₂SO₄ e Na₂SO₄, bisogna ammettere un ordine di affinità elettive diverso per H₂SO₄ e HCl. (9)



Molte reazioni decorrono in modo completo e sembrano non influenzate dal principio fondamentale dell'azione di massa; per Berthollet le modifiche che si verificano dipendono dalla tendenza che le sostanze hanno di sottrarsi all'ambiente di reazione e causa di due effetti con caratteristiche opposte, la coesione e la volatilità. Molti errori presenti nelle tavole di affinità di Bergman e degli altri chimici erano dovute all'attribuzione di una affinità superiore alle sostanze più insolubili. (10)

Per esempio la solubilità di Na₂SO₄ diminuisce rapidamente con l'abbassamento della temperatura verso 0 °C, mentre la solubilità di NaCl poco; una temperatura appena al di sotto di 0 °C determina la separazione dei due sali per la precipitazione di Na₂SO₄. Al contrario in vicinanza della temperatura di ebollizione dell'acqua si ottiene un precipitato di NaCl, perché la sua solubilità aumenta meno di quella del Na₂SO₄. (11)

In assenza di acqua e ad alte temperature le reazioni possono decorrere in modo opposto a quello ordinario.

"Riscaldando in un crogiolo di platino, una miscela di CaCl₂ e di BaSO₄, si ottiene un liquido che ha l'apparenza dell'acqua; dopo il raffreddamento si ha una massa composta di CaSO₄ e BaCl₂, che si possono separare in gran parte con un lavaggio veloce; ma con l'ebollizione CaSO₄ verrebbe decomposto". (12)

Berthollet, pur ricordando che alcuni chimici avevano effettuato la distinzione tra la via umida e la via secca, sottolinea l'originalità delle sue considerazioni.

"I chimici avevano distinto, per la verità, le affinità che si esercitano per via umida e quelle che si esercitano per via secca, ma senza indicare le cause che facevano variare gli effetti di una forza che consideravano come costante; ed essi confondevano quelli che sono dovuti allo stato differente di liquefazione ed alla volatilità accresciuta per l'azione del calore". (13)

Berthollet, sviluppando successivamente le considerazioni sull'effetto della volatilità, sostiene che è a causa di questo effetto e non di una maggiore affinità, che gli acidi più fissi decompongono i sali composti di una base fissa

ed un acido volatile, in particolare quando si aumenta l'elasticità con il calore; é per questo motivo che H_2SO_4 si decompone per mezzo del calore in cloruri e in nitrati.² Inoltre dalla distillazione di una soluzione di acido ossalico e di NaCl si ottiene un distillato contenente in maggiore quantità HCl; ma quando la volatilità dei due acidi é poco differente, la più forte affinità dell'uno può superare l'effetto dell'elasticità; difatti ripetendo l'esperienza con l'acido acetico, solo questo passa nel distillato. (I4)

Variando la forza di coesione e l'elasticità con il calore, si può produrre, dopo ottenuto una combinazione, per la preponderanza della prima, quella opposta aumentando l'elasticità; infatti mescolando una soluzione di $(NH_4)_2CO_3$ e di $CaCl_2$, $CaCO_3$ che é insolubile, precipita; ma sottoponendo la miscela al calore si ottiene $(NH_4)_2CO_3$ che sublima. (I5)

Berthollet, pur riconoscendo l'importanza dei contributi dati dai vari chimici, in particolare la sistematizzazione data all'argomento da Bergman, pensa che vi siano ormai le conoscenze per una riformulazione, che tenga conto della complessità dell'azione chimica, delle molteplici forze che determinano l'andamento delle reazioni chimiche, e che rappresenti un passo in avanti nella costruzione di una teoria generale.

E' estremamente significativa, per avere un'idea dell'accoglienza ricevuta dalla teoria dell'affinità di Berthollet, l'affermazione di H. Davy:

"Riguardando questa forza come arbitraria nei suoi effetti e come continuamente tendente a produrre disposizioni differenti, la chimica sarebbe senza guida e senza combinazioni certe; ma fortunatamente per i progressi della scienza, la cosa é diversa: i cangiamenti del ciclo degli avvenimenti terrestri, siccome la disposizione dei cieli o il sistema dei movimenti planetari, portano il carattere dell'uniformità e della semplicità". (I6)

Pfaff, che fu uno dei pochi chimici ad esaminare attentamente la teoria di Berthollet, ritenne sulla base di alcune esperienze di invalidare il "principio veramente fondamentale", della ripartizione in funzione della massa chimica.

Nella prima di queste esperienze Pfaff, facendo reagire il tartrato di calcio con la quantità stechiometrica di H_2SO_4 , constatò la sostituzione completa dell'acido tartarico da parte del H_2SO_4 . Questo risultato, per il chimico tedesco, non può essere spiegato con l'insolubilità del $CaSO_4$, essendo il tartrato di calcio maggiormente insolubile, ma con il principio delle affinità elettive. Inoltre la quantità di H_2SO_4 necessaria é quella sufficiente per neutralizzare la

calce e non una grande quantità in eccesso come previsto dal principio della ripartizione in funzione della massa chimica (I7) Berthollet, in risposta alle osservazioni di Pfaff, rileva la differenza tra la solubilità dei sali in acqua e negli acidi. Il tartrato di calcio, più insolubile in acqua del CaSO_4 , è talmente solubile negli acidi che anche un piccolo eccesso di acido tartarico lo scioglie; al contrario il CaSO_4 rimane insolubile anche negli acidi. (I8)

Davy, nonostante la chiarezza di questa risposta, era talmente legato alla concezione tradizionale, da considerare le esperienze di Pfaff "molto decisive" nel confutare la teoria di Berthollet.

Le considerazioni di Berthollet sulla irreversibilità delle reazioni nelle quali si forma un composto insolubile o una sostanza volatile, furono subito accettate dai chimici della prima metà dell'Ottocento come leggi "sicure e feconde" (I9) e vennero indicate come "leggi di Berthollet".

Ma l'insieme della teoria dell'affinità, il principio fondamentale della ripartizione in funzione della massa, non vennero ripresi che mezzo secolo dopo la loro apparizione. Molti chimici ritennero di poter estendere le critiche, rivolte alle posizioni di Berthollet nel dibattito sulle proporzioni costanti, alla sua teoria in generale, per lo stretto legame che veniva individuato tra i due aspetti; l'identificazione fu anche possibile per la mancanza di chiarezza in alcune parti dell'"Essai".

Inoltre negli stessi anni si svilupparono altre teorie più immediatamente produttive, la teoria atomica e la teoria elettrochimica, e successivamente dagli anni 30 in poi la chimica organica polarizzò l'attenzione dei chimici.

Ma la terza causa consiste indubbiamente nell'aspetto anticipatore della teoria di Berthollet, che metteva definitivamente da parte la semplicità e la certezza delle trasformazioni chimiche, prospettate dalla teoria della affinità elettive. Solo nella seconda metà dell'Ottocento, quando ormai la chimica aveva raggiunto un grande sviluppo e il numero dei chimici di professione era aumentato in modo significativo, alcuni chimici, quali Williamson, Malaguti, Berthelot, Guldberg e Waage, riferendosi direttamente all'intuizione di Berthollet della "legge di azione di massa", ne verificarono la correttezza e l'importanza per un'adeguata comprensione delle reazioni chimiche. Le reazioni che si rivelarono più adatte ad essere studiate, per la lentezza con cui viene raggiunto l'equilibrio chimico, furono le reazioni organiche e le reazioni nelle quali è presente un precipitato.

Berthelot e Péan de Saint-Gilles, negli anni 1862-63, osservarono che le reazioni tra acidi e basi non sono generalmente adatte per lo studio delle reazioni di equilibrio, perché

sono veloci e quasi sempre complete. Proposero in alternativa lo studio delle reazioni organiche, come per esempio la reazione di esterificazione.(20)

Guldberg e Waage fecero reagire Na_2SO_4 solubile e BaCO_3 insolubile ottenendo un sale solubile Na_2CO_3 ed uno insolubile BaSO_4 ; dopo aver mantenuto per lungo tempo i quattro sali nell'ambiente di reazione li separarono per filtrazione e ne determinarono le quantità, senza alterare l'equilibrio raggiunto, essendo in questo caso la reazione di doppio scambio estremamente lenta. Finalmente nel 1867 i due chimici norvegesi formularono la legge di "azione di massa". Ostwald osservò che, con la definizione quantitativa dell'equilibrio chimico da parte di Guldberg e Waage, per la prima volta veniva smentita l'affermazione di Kant, che la chimica non è una scienza perché non era stata trattata matematicamente.(21)

Bibliografia e note

- (1) Claude Luis Berthollet: "Essai de Statique Chimique", vol. I, Paris 1803, p. 1-5.
- (2) Isaac Newton: "Philosophie naturalis principia mathematica, London 1687; trad. it., Torino 1965, p. 57.
- (3) A.M.Duncan ha pubblicato un elenco di 19 tavole di affinità proposte durante il XVIII secolo, Annals of Science, t.XVIII, I, p.177-184, II, p.217-233.
- (4) Torbern Bergman: "Disquisitio de attractionibus electivis", Upsal 1775; trad.fr., Paris 1788, p.12.
- (5) Già Baumé nel 1763 aveva indicato la necessità di distinguere tra l'ordine dei corpi per la via umida e la via secca, "Manuel de Chymie", Paris 1763.
- (6) C.L.Berthollet: "Essai", vol.I, p.15. Questo modo di definire l'acidità rappresenta una differenziazione dalla teoria dell'acidità di Lavoisier basata sull'ossigeno.
- (7),(8) C.L.Berthollet: "Recherches sur les lois de l'affinité", Mém.Inst., 3 (1^o Série), 1801, p.1-96; trad.it.in Supplemento di enciclopedia chimica, Torino 1909-1910, p.358.
- (9) C.L.Berthollet: "Essai", vol.I, p.92.
- (10) " " " p.98.
- (11) " " " p.130
- (12),(13) " " " p.133
- (14) " " " p.271
- (15) " " " p.273
- (16) Humphry Davy: "Elements of Chemical Philosophy, Philadelphia 1812; trad.it. pag.64.
- (17) C.H.Pfaff: "Expériences et observations", Annales de Chimie 77, 266-269 (1811).
- (18) C.L.Berthollet: "Notes", Annales de Chimie, 77, 290 (1811).

(19) J.B.Dumas: "Lecons sur la Philosophie Chimique",
Paris 1836; trad. it. p.374.

(20) Marcellin Berthelot e Péan de Saint Gilles: "Recherches
sur les Affinités, Ann.Chim. et Phys., 3^oSer., 65, 385-422 (1862),
68, 225-359 (1863).

(21) Wilhelm Ostwald: "L'evolution d'une science. La Chimie",
Paris 1909, p.215.

Giulia Levi ^(x)

CHE DIRE DI PROUST :
UNA LEGGE O UN CHIMICO?

Tra i difetti dei libri di testo di scuola superiore, uno dei peggiori è forse la non sufficiente informazione cronologica, per cui gli studenti sono indotti a collocare le scoperte scientifiche al di fuori del tempo storico, come se, ad es., Boyle e Gay-Lussac fossero stati grandi amici. Avulso dal suo contesto storico-sociale lo scienziato viene così identificato con l'enunciato della legge chimica o fisica che porta il suo nome, mentre tutto il resto della sua opera rimane pressochè sconosciuto. Scopo di questo intervento è appunto inquadrare l'informazione scientifica in un contesto storico-filosofico, prendendo come esempio il caso di Joseph-Louis Proust, cui, forse in particolare, è toccato questo destino di spersonalizzazione e annullamento della dimensione storica.

Dunque Proust, secondogenito di un farmacista di Angers, nacque il 26 settembre 1754 (e non '55 come talvolta è riportato). Dopo i primi studi, proseguì come apprendista di suo padre, ma presto volle andare a Parigi per continuare la sua specializzazione, e lì divenne allievo e poi amico di Martin Rouelle, del quale proseguì le ricerche.

Dopo un brillante concorso divenne nel 1776 capofarmacista all'ospedale della Salpêtrière a Parigi, ma alcune fonti riferiscono che si rivelò un funzionario deplorabile (1), poichè trascurava il suo lavoro per condurre esperimenti di chimica facendo uso abusivo dei medicinali più costosi. D'altra parte in quell'epoca la ricerca era ancora un'attività

(x) Civico Istituto Professionale "F. Balbis", Torino.

privata e gli scienziati traevano il loro reddito dalle attività più svariate, come insegnanti o funzionari amministrativi, dedicandosi alla ricerca come amatori (2).

Soltanto due anni dopo andò in Spagna, chiamato come professore di chimica presso il Real Seminario Bascongado di Vergara, che da poco era stato creato da una delle più illuminate associazioni scientifico-culturali spagnole, (la Sociedad Economica de Amigos del Pais) con lo scopo di favorire il progresso collettivo dei Paesi baschi in particolare per quanto riguardava l'industria mineraria e la metallurgia del ferro.

Probabilmente la decisione di Proust di lasciare la Francia fu influenzata dalla precaria situazione in cui versava la corporazione dei farmacisti-speziali (3). Infatti le antiche professioni della chirurgia e della farmacia avevano cominciato il passaggio da mestieri a discipline nel XVIII secolo; in seguito furono istituiti i collegi, in modo che la preparazione dei giovani alla pratica della professione fosse il risultato di una conoscenza impartita da un'istituzione e non dell'apprendistato con un maestro. Lo Stato aveva autorizzato pertanto la separazione delle corporazioni fra chirurghi e barbieri e fra farmacisti e speziali. Tuttavia la chirurgia per prima ebbe diritto al riconoscimento di arte liberale, probabilmente per la presenza nel suo ambito di medici di fama quali La Peyronie, Quesnay e Vica d'Azyr. I farmacisti invece non ottennero tanto presto una condizione di parità con la medicina e solo più tardi la corona stabilì di separare le professioni della farmacia e della spezieria e di elevare la prima a collegio (4).

In ogni caso Proust doveva ritenere di non avere molte possibilità di carriera e accettò l'invito della società basca (5). Lì ottenne l'autorizzazione reale per l'insegnamento di fisica sperimentale, chimica, mineralogia e metallurgia, ma vi rimase solo poco tempo e ritornò in Francia nel giugno 1780. Riprese il suo incarico alla Salpêtrière, ma anche questa volta tralasciò il lavoro per tenere dei corsi presso il Musée o Lycée de Monsieur (poi Lycée du Palais Royal), fondato nel 1781 dal suo amico Pilatre de Rozier, scienziato e studioso di aerostatica. Il Musée (6) era un'istituzione per la divulgazione della scienza che si valeva della collaborazione di professori qualificati in diversi rami del sapere scientifico. Per quanto riguarda Proust i pareri sono discordanti riguardo alle sue capacità di insegnante e conferenziere e si può ritenere che a volte trascurasse i propri doveri (7). Egli abbandonò il Musée nel 1784 in seguito alle critiche sul suo insegnamento e nel 1785, richiamato dal re di Spagna Carlo III, accettò di ritornare prima a Madrid, poi alla scuola di artiglieria di Segovia e infine di nuovo a Madrid.

A questo proposito è utile sottolineare che in Spagna, come nelle altre unità politiche dell'Europa continentale, non esisteva alcun gruppo sociale numeroso e potente che avesse interesse alla istituzionalizzazione della scienza come valore sociale. Soltanto la possibilità di utilizzazione tecnologica della scienza, soprattutto nella tecnologia militare, rendeva i sovrani assoluti particolarmente bendisposti verso la creazione di accademie e istituzioni (spesso composte da stranieri) che promuovessero lo sviluppo della scienza (8). Appunto Carlo III aveva promosso in quegli anni varie istituzioni scientifiche fra cui il Museo di

Storia Naturale presso cui fu poi installato il laboratorio di Proust, con molta cura e senza economie, tanto che alcuni strumenti erano di platin. Non era comunque chiamando scienziati dall'estero che si poteva compiere una rivoluzione nello spirito scientifico spagnolo, bensì for - mando dall'interno una nuova generazione di studiosi aperta alla moderna mentalità scientifica che si andava diffondendo. Va notato però che la cattedra di chimica del laboratorio reale di Madrid fu la prima ad adot - tare ufficialmente la nuova nomenclatura chimica, a pochi mesi dalla pub - blicazione dell'opera di Lavoisier, Berthollet e Fourcroy (1787) (9).

Testimonianze spagnole contemporanee e successive a questo periodo mostrano come l'ambiente da cui Proust fu accolto gli sia stato sempre favorevole, ma non sia mai riuscito a coinvolgerlo del tutto; anzi egli rimase sempre piuttosto estraneo e distaccato. Durante il suo primo sog - giorno a Vergara egli fu impegnato soprattutto nella preparazione delle lezioni e trascurò il suo lavoro di chimico, godendo tra l'altro di otto mesi di vacanza all'anno. Durante la sua seconda e più lunga permanenza invece fu molto impegnato come analista e poco si curò della sua attiv - ità si adi insegnante che di ricercatore. Ci è rimasta tuttavia una sua "In - tro - duzione all'insegnamento della chimica" in cui rivela una mentalità didattica moderna, attribuendo la dovuta importanza alla parte sper - imentale: "un professore che cercasse di sostituire alla parte sper - imentale della chimica un eccesso di teoria indurrebbe nello spirito /dei suoi al - lievi/ il terribile dubbio sulla sua mancanza di capacità a questo ri - guardo... Come si accusavano gli antichi filosofi di non saper praticare le virtù che insegnavano, così a lui si potrebbe rimproverare di non ave - re mai messo in pratica gli esperimenti di cui parla" (9).

Proust acquisì una perfetta conoscenza dello spagnolo e fu redat - to - re di alcune riviste scientifiche spagnole, quali gli Anales del Real La - boratorio de Quimica de Segovia e gli Anales de Ciencias Naturales; tutta - via egli vi pubblicò solo saltuariamente note di carattere esclusivamente analitico (non vi scrisse nulla fra l'altro negli anni dal 1799 al 1804).

I giornali spagnoli non ottennero niente che riguardasse le sue vi - sioni teoriche, la legge delle proporzioni definite, o la polemica con Berthollet, nonostante che proprio in Spagna stesse conducendo tutte le a - nalisi che lo indussero ad elaborare la legge che porta il suo nome; egli preferì invece inviare i suoi scritti al Journal de Physique e agli Anna - les de Chimie. Il primo, il cui titolo completo era "Observations et mé - moires sur la physique, sur l'histoire naturelle et sur les arts", era me - glio conosciuto come giornale dell'abate Rozier e 'usciva' con periodici - tà mensile dal 1771, dando la possibilità di diffondere il sapere scienti - fico con una rapidità molto maggiore di quanto fosse avvenuto prima di al - lora. Non era comunque una rivista specializzata, poichè il termine "phy - sique" era interpretato secondo l'antico significato di scienza empiri - ca. Il secondo giornale era invece, dal 1789, un primo abbozzo di rivista specializzata, nel cui primo gruppo di redazione figuravano tra gli altri Lavoisier, Berthollet, Monge, de Morveau (10).

Proprio sul Journal nel 1794, comparve un articolo di Proust dal ti - to - lo "Recherches sur le bleu de Prusse", ripreso poi dagli Annales de Chi - mie nel 1797 (11), in cui egli stabilì che esistevano due solfati di fer -

ro contenenti rispettivamente il metallo ossidato al 27% e al 48% e che non esistevano gradi di ossidazione del ferro intermedi fra questi due valori; solo questi due solfati e solo i 2 ossidi corrispondenti esistono come veri composti, in tutti gli altri casi si tratta di miscela dei due composti ossidati al grado minimo e al grado massimo. I colori dei composti, come vedremo in parecchi scritti successivi, sono determinanti per la loro caratterizzazione. I due solfati si distinguono nettamente per il loro comportamento chimico: unicamente il solfato ferrico rosso forma il blu di Prussia, mentre il solfato ferroso verde dà con lo stesso reattivo un precipitato bianco, che solo dopo un'esposizione all'aria, può trasformarsi in blu di Prussia.

Nel 1799 Proust rese noti, sempre sugli Annales de Chimie (12) i risultati di una serie di prove sui composti ossigenati del rame, sia naturali che preparati in laboratorio, e stabilì che qualunque fosse la provenienza o il modo di sintesi della sostanza, il rame si univa all'ossigeno solo in un rapporto semplice e costante (100 parti di rame per 25 di ossigeno), dando l'ossido nero di rame (CuO). Da questa constatazione Proust passò all'asserzione generale che tutte le sostanze, per un principio di ordine naturale, si combinano tra loro in proporzioni definite e costanti; e proprio questa estrapolazione, ingiustificata sulla base di un solo esempio, è considerata assurda da Kapoor, nel suo illuminante articolo di Chymia del 1965 (13). In realtà Kapoor non considera le prime prove fatte sul blu di Prussia, nè il fatto che ormai da più di 10 anni Proust stesse esaminando e analizzando centinaia di campioni di minerali per conto del governo spagnolo: l'interesse di Proust sugli ossidi e poi sui solfuri metallici era certamente stimolato anche dalla sua vicenda professionale. Infatti Proust fu soprattutto un accurato e ingegnoso sperimentatore, conscio della necessità di una maggior precisione nelle tecniche sperimentali, tanto da dolersi che fra tanti chimici contemporanei ci fossero tanto pochi analisti validi (14). Dobbiamo a lui, ad esempio, lo sviluppo dell'uso dell'idrogeno solforato per precipitare i metalli pesanti dalle soluzioni dei loro sali, metodo che è diventato parte integrante dei procedimenti analitici (15). Vedremo inoltre che in seguito egli rimproverò a Berthollet di non aver condotto accuratamente le proprie indagini sperimentali.

Un altro aspetto, secondario ma non trascurabile, dell'attività sperimentale di Proust furono ricerche di chimica organica e tecnologica. Per tutte valga l'esempio del glucosio che già nel 1799 egli era riuscito ad isolare dal miele e dall'uva e che aveva suggerito di utilizzare in sostituzione dello zucchero di canna proveniente dalle Indie Occidentali. Il suo lavoro fu pubblicato all'epoca in cui l'importazione di zucchero in Francia era stata bloccata dalla Gran Bretagna; pertanto questa idea attirò l'attenzione del governo napoleonico che nel 1810 gli offrì 100.000 franchi per collaborare all'istituzione di una fabbrica per la produzione di glucosio. Ma egli rifiutò.

Tornando alle proporzioni definite, è interessante leggere una citazione originale di Proust (12), che rappresenta insieme il fondamento ideologico della sua teoria e una sorta di credo filosofico dell'uomo di scienza: "Si deve ammettere l'esistenza di una mano invisibile che usa

la bilancia nella formazione dei composti e attribuisce le loro proprietà secondo la sua volontà; si deve concludere che la natura agisce nelle profondità della terra allo stesso modo che sulla sua superficie o nelle mani dell'uomo. Queste proporzioni, questi attributi costanti che caratterizzano i veri composti dell'arte o quelli della natura, in breve questo pondus naturae non è in potere del chimico più di quanto lo sia la legge dell'affinità che presiede a tutte queste combinazioni". Non si tratta di una concezione finalistica o romanticamente totalizzante come Kapoor vuole intendere, ma è piuttosto un'espressione allegorica che dimostra in Proust un rigoroso senso dei limiti della scienza e di una razionalità superiore regolatrice del mondo.

Nel 1801 Proust pubblicò un articolo dal titolo "Alcuni composti metallici dello zolfo" (16), in cui prendeva in considerazione soprattutto la composizione delle piriti. In seguito a prove di riscaldamento e distillazione potè stabilire che le piriti erano solfuri di ferro, ma non seppe spiegare perchè trovava il ferro combinato con lo zolfo in due diverse proporzioni; dapprincipio parlò di un generico eccesso di zolfo che poteva essere semplicemente asportato per mezzo del calore, poi in un successivo articolo del 1802 (17). Concluse che esistono due proporzioni distinte nelle quali il metallo si può combinare con lo zolfo, così come con l'ossigeno: una delle proporzioni è ovviamente maggiore dell'altra, ma entrambe sono ugualmente fisse e il composto corrispondente possiede caratteristiche chimico-fisiche ben definite.

La polemica ebbe inizio nel 1803, quando Berthollet pubblicò l'Essai de statique chimique, continuando una linea di pensiero iniziata con les Recherches sur les lois de l'affinité. Secondo la sua opinione le reazioni chimiche sono generalmente incomplete, pertanto una sostanza si ripartisce fra altre due in un rapporto variabile, dipendente da alcuni fattori, quali l'affinità reciproca, la massa e le condizioni ambientali, e quindi la composizione di un composto non è costante, ma varia, sebbene talvolta entro limiti prefissati. Solo in casi particolari si ottengono composti di composizione costante, quando ad esempio il processo è accompagnato da una rilevante condensazione o da una neutralizzazione acido-base.

La critica di Proust a Berthollet si articola in due punti, metodologico e sperimentale, che troviamo espressi con chiarezza nella nota pubblicata sul Journal nel 1804 (18) dal titolo "Sur les oxidations métalliques". Dal punto di vista metodologico le critiche erano essenzialmente due: innanzitutto egli richiama la necessità di una maggior correlazione tra teoria ed esperimento; se ad esempio la condensazione era un fattore così importante perchè le sostanze si combinassero in rapporto costante, allora Berthollet avrebbe dovuto suggerire un metodo sperimentale per misurare i differenti gradi di condensazione subiti dalle sostanze combinate in proporzioni definite. Inoltre Berthollet era troppo teorico, volendo ricercare le cause ultime della combinazione fra le sostanze chimiche, mentre una tale conoscenza avrebbe costituito unicamente un corollario dei fatti sperimentali, ai quali Proust si vuole attenere strettamente (19).

Più difficile fu per Proust invece stabilire un criterio valido per

distinguere i veri composti dalle soluzioni. Per Berthollet non esisteva alcuna differenza, poichè negli uni e nelle altre agivano forze dello stesso tipo, anche se nelle soluzioni si mostravano in modo più debole. Proust sentiva che una differenza c'era, ma non seppe fornire una distinzione più precisa (20). Egli aveva però dalla sua parte la sicurezza dell'intuizione e della pratica sperimentale.

La disputa perse progressivamente interesse verso il 1808, quando molti chimici contemporanei optarono per le teorie di Proust. Rifutando la legge delle proporzioni indefinite di Berthollet, essi però accantonano anche la formulazione corretta della legge di azione di massa, che in realtà non era incompatibile nè con la legge delle proporzioni costanti nè con la teoria atomica. Ci furono comunque anche parecchie prese di posizione in favore di Berthollet (per es. Fischer) o quanto meno delle posizioni di compromesso (Thomas Thomson - 1807 -, poi Gay Lussac - 1809 e Davy - 1812 -) (21).

Intanto Proust era ritornato in Francia nel 1806, forse per sistemare questioni di eredità col fratello. Nel 1808 Napoleone invase la Spagna e durante i disordini successivi il laboratorio di Proust fu saccheggiato; egli non tornò più in Spagna, ma si stabilì a Craon, dove visse in condizioni economiche disagiate, nonostante che ricevesse ancora parte delle rendite che gli erano state assegnate in Spagna; fu perciò costretto a vendere le sue ricche collezioni di minerali. Poi, rimasto vedovo, ritornò ad Angers dove rilevò la farmacia del fratello. Per quanto rimanesse al di fuori dalle istituzioni scientifiche francesi, fu inghiottito di alti riconoscimenti, quali l'elezione nel 1816 e membro dell'Institut de France (per decreto speciale poichè non era residente a Parigi), e poi la nomina a cavaliere della Legion d'Onore nel 1819. Nel 1820 gli fu garantita una pensione da parte del re Luigi XVIII. Morì nel 1826. Sul Nicholson's Journal del 1804 era apposto un articolo di Thomas Thomson, sul quale si legge un giudizio che vale la pena di trascrivere.

"Nessun chimico moderno ha operato con tale successo in questo campo come Proust. Gli dobbiamo l'analisi degli ossidi di zinco, ferro, stagno, rame, antimonio e arsenico. Le sue dissertazioni hanno tutte il carattere dell'originalità, e rivelano tanta abilità e franchezza che conquista non sempre la fiducia del lettore. Se a volte egli spinge un po' troppo in là le sue conseguenze, supplisce a questo con l'originalità delle sue vedute e con la nuova luce che egli lancia su ogni argomento che affronta".

Lavoro condotto nell'ambito del "Progetto di aggiornamento professionale per l'accesso diretto alle fonti di storia della chimica", contributo di ricerca CNR n. 84.00168.03.

Bibliografia

- (1) M. Bouvet, la découverte de la loi des proportions définies par l'apothicaire français J. L. Proust, Parigi 1938.
- (2) J. Ben-David Scienza e società, Bologna 1971.
- (3) C. Gillispie Scienza e potere in Francia alla fine dell'ancien régime, Bologna, 1983.
- (4) Il ministro Turgot (ministro delle finanze di Luigi XVI) aveva invitato i funzionari della Compagnia dei farmacisti a elaborare proposte per una nuova organizzazione della professione della farmacia, prima che uscisse il suo editto che sopprimeva tutte le corporazioni nel 1776; il ministero successivo riconobbe che la farmacia era diversa dagli altri mestieri e non la fece rientrare nel decreto che ripristinava le corporazioni (cfr. Gillispie cit.).
- (5) Negli stessi anni lo spagnolo Angulo era ammesso come membro presso l'Académie de Dijon (1777).
- (6) C. Gillispie, op. cit.
- (7) Dictionary of Scientific Biography, vol. XI, pp. 166-171.
- (8) J. Ben-David, op. cit.; Cfr. anche C. Gillispie, op. cit.
- (9) J.R. Momelo, L'oeuvre de Proust en Espagne, Revue Scientifique - 6 maggio 1916.
- (10) C. Gillispie, op. cit.
- (11) J. phys., 1794, 45, 334-341; Ann. chim. 23 (1797), 85.
- (12) Ann. chim., 1799, 32, 26.
- (13) S. Kapoor, Berthollet, Proust and proportions, Chymia 10 (1965), 53-110.
- (14) Cfr. Partington, A History of Chemistry, Vol. III, London, 1964, p. 641: J. Phys. 1802, 56, 200.
- (15) Cfr. Farber, Great Chemists, New York, 1961, p. 330.
- (16) J. Phys. 1801, 53, 89-97.
- (17) J. Phys. 1802, 54, 89-95.
- (18) J. Phys. 1804, 59, 321 segg.
- (19) Ib., 325.
- (20) J. Phys. 1806, 63, 364.
- (21) Cfr. Partington, op. cit., p. 652.

Gaetano Di Modica *

UN CONCORSO DI CHIMICA TINTORIA DEL 1790

Un interesse ufficiale per le Scienze Chimiche in Piemonte si può datare intorno alla seconda metà del secolo XVII°; nel 1683 Vittorio Amedeo II° di Savoia fonda a Chambéry una "Académie Chimique Ducale Royale de Savoie" che nel 1699 prende il nome di "Université Chimique Royale". Compare il termine "chimica" anche se l'istituzione, diretta da una strana figura di medico-alchimista, un certo Capponay, appare legata ancora a criteri e concezioni alchimistiche. La "Chimica" a Torino non avrà la sua cattedra universitaria che nel 1801, con Napoleone (Vittorio Amedeo III° aveva dato parere negativo alla creazione della cattedra di Chimica, considerata "perniciosa"), cattedra degnamente occupata da G. Antonio Giobert, seguace e diffusore in Piemonte e in Italia della nuova chimica di Lavoisier. Purtuttavia la "chimica" nella seconda metà del XVIII° secolo è ampiamente rappresentata nei volumi delle "Miscellanea Philosophica-mathematica" della "Società Privata Taurinense" fondata nel 1757 da Lagrange, Cigna e Saluzzo. La Società Privata viene trasformata da Vittorio Amedeo III° nel 1783 nella "Reale Accademia delle Scienze di Torino" nei cui Rendiconti circa la metà delle note pubblicate è di carattere chimico.

L'Accademia delle Scienze di Torino racchiude in se gran parte della vita culturale dello Stato Sabauda; nata nel segno dell'Encyclopédie di Diderot, D'Alambert, Voltaire e sullo sfondo dell'Illuminismo, risponde alle esigenze degli intellettuali torinesi alla ricerca di spazi di cultura autonomi, che sono più facilmente reperiti nel settore scientifico che in quello umanistico-letterario più soggetto ai rigori della censura statale ed ecclesiastica.

* Istituto di Chimica Organica Industriale dell'Università di Torino

Nel suo motto "Veritas et Utilitas" si configura l'aspetto bifronte dell'attività accademica: da un lato la "Veritas" con le implicazioni di ricerca della verità scientifica, filosofica, storico-politica nei filoni di una scienza intesa come strumento di riforma e di trasformazione, di apertura al nuovo e al progresso; dall'altro l'"Utilitas" che, nel rispetto dei doveri dello studioso verso lo Stato, si estrinseca nelle funzioni di studio e di controllo delle possibilità applicative dei ritrovati scientifici rispondenti alle necessità emergenti di una Società in piena trasformazione.

E' in questo aspetto dell'attività dell'Accademia delle Scienze che si colloca il concorso di Chimica Tintoria del 1790.

Perchè e quali le determinanti dell'interesse per un settore così specialistico? Regione di transito e di frontiera il Piemonte nella sua situazione economica appare legato, sin dal basso Medioevo, più a modelli dell'Europa centro-occidentale che in quelli bizantini e mediterranei del resto dell'Italia. Le attività industriali più importanti sono la mineraria e la tessile. Le industrie tessili prevalenti sono quelle del lino, della canapa e della lana, le prime due gravitanti nella zona di Chieri (la Karreo Potentia dei Romani), l'ultima già nel biellese importata, pare, dalla confraternita degli Umiliati. Dal XVI° al XVIII° secolo, a seguito della introduzione della cultura del baco da seta, si determina una particolare attenzione verso questa fibra, che, anche a seguito di interventi di tipo protezionistico statale verso il settore tessile (finanziamenti, privilegi di fabbricazione, commesse militari, creazione di una "Compagnia Reale del Piemonte per le opere e i negozi di seta"), si sviluppa notevolmente tanto da arrivare all'ingente numero di 7.000 addetti ai filatoi nella prima metà del '700 e a un volume di seta lavorata di 650.000 libbre all'anno. Nel settore lino, canapa, cotone, a Chieri e Vercelli, lavorano oltre 1500 telai. Nasce una classe di imprenditori che passano da lavorazioni domestiche di tipo artigianale a quelle di tipo manifatturiero, in cui sono rappresentati non solo elementi della borghesia emergente, ma anche delle classi nobili alla ricerca di nuovi cespiti in alternativa o in integrazione di quelli agricoli.

Nella tecnologia tessile, di tipo prevalentemente meccanico, la chimica interviene nella cosiddetta fase del "finissaggio", il cui aspetto più vistoso è la "colorazione" per tintura o stampa del manufatto tessile che, all'epoca (mancano ancora circa 60 anni alla realizzazione del primo colorante di sintesi), è affidata all'impiego di coloranti naturali. Tra questi uno dei più utilizzati l'indaco, colorante azzurro estratto originariamente dall'Indigofera tinctoria, originaria dell'India, una leguminosa di cui all'epoca si conoscono 25 speci, e da numerose altre piante di habitat più vicino al nostro, tra cui il guado, Isatis tinctoria, di cui si conoscono 7 speci. Già gli egiziani tingevano in azzurro impiegando l'indaco e pare che il nome stesso del colorante derivi dal nome egizio "t-inkon" con cui veniva indicata la pianta che cresceva spontanea a ovest della Tebaide, attraverso un errore etimologico di trascrizione di autori greci e romani. Nel 1760 un Pietro Arduino, professore di agricoltura all'Università di Padova, nel suo testo "Memorie di osservazioni e esperienze sopra la cultura e gli usi di piante che servir possono alla tintura", cita

l'impiego del guado coltivato a Vicenza, che sembrerebbe migliore di quello coltivato in Lombardia, per le tinture in azzurro chiaro.

Il problema della tintura in azzurro si pone quindi in termini moderni, e cioè sostituire una materia prima di importazione "quando questa droga per guerra o per altre cause venisse meno" (come si legge nei verbali dell'Accademia). D'altro canto qualche anno prima una stessa necessità aveva spinto il re di Prussia a finanziare le ricerche sulla produzione di zucchero dalla barbabietola in alternativa a quello delle Antille.

L'Accademia, nella sua proiezione alla "Utilitas" viene incaricata del problema; nella adunanza del 21 febbraio 1791 una "Deputazione per le Tinture", nelle persone degli Accademici Morozzo, Presidente, Felice di San Martino, Segretario, Saluzzo, Balbo, Dana, Bonvicino, Fontana, Vasco e Giobert, propone un premio di f.1.000 (la dotazione annuale dell'Accademia concessa da Vittorio Amedeo era di 18.000 lire) a chi risponda al quesito:

"Indicare il più facile ed economico mezzo per trarre dal guado, o da qualsivoglia altra pianta nostrale, una fecola azzurra, cosicchè essa si possa con vantaggio sostituire all'indaco negli usi tintori"

La Deputazione si mette al lavoro e nella seduta del 5 giugno 1791 Felice di San Martino espone il programma di lavoro: assegnazione di un fondo per attrezzare un laboratorio chimico e per trasferire presso le tintorie dello Stato Sabauda, compilare un elenco dei testi e delle pubblicazioni sull'argomento e deciderne il relativo acquisto, redigere un indice delle "droghe" atte alla tintura, raccogliere notizie botaniche sul guado e l'Indigofera, verificare lo "stato della legislazione" relativo alle tinture, verificare lo "stato dell'arte" negli altri paesi e nello Stato Sabauda e confrontarli e finalmente "per rendere il lavoro degno di un corpo scientifico, fondare quanto da noi sarà proposto sopra i più certi principi della fisica e della chimica, che come madre dell'arte tintoria si deve considerare, e nel tempo stesso estendere i confini della scienza". Mirabile esempio di fusione di "Veritas" e "Utilitas"!

Viene definita, in base ai consumi dell'epoca una scala di interesse verso le fibre disponibili: la lana in primis, poi la seta e infine il cotone, mentre nei coloranti viene prima l'azzurro poi il nero poi gli altri.

La Deputazione inizia una serie di visite a manifatture e tintorie a Torino, Biella, Chieri, Rivoli, Avigliana, Pinerolo, Savigliano e Fossano. In un verbale delle riunioni della Deputazione si trovano i dati completi dei telai esistenti. Nella sola provincia di Biella ne sono elencati 748 suddivisi nei paesi vicini al capoluogo (inizio di una capillarizzazione di imprese mantenuta ancora ai giorni nostri). Nel censimento compaiono nomi destinati a continuare nel tempo (gli Zegna di Trivero, i Bona di Sordevolo).

Non tutti gli operatori del settore si dimostrano aperti e la Deputazione lamenta che molte tintorie "tengono celate le pratiche dell'arte" mentre in altre i responsabili si dimostrano molto più accessibili e disponibili sia a illustrare le proprie tecniche, sia a mettere a disposizione i propri locali e le attrezzature per esperimenti. Il Segretario commenta:

"La tintura è un arte che senza la scienza non può farsi grande, e la scienza da se sola nulla può operare; onde soltanto dalla riunione dei nostri studi colle osservazioni pratiche dei tintori si può sperare la buona riuscita del nostro lavoro"

Due casi di notevole apertura vengono citati nelle relazioni: un Sig. Benissone di Chieri, coltivatore di guado in Chieri e Ceresole, ove, nelle annate favorevoli, si possono ricavare 70 rubbi di guado per giornata piemontese di terreno*. Altro benemerito un Sig. Arduino di Pinerolo, proprietario di una manifattura di lana, diremo oggi a ciclo completo, dal vello al manufatto tinto, oltre che in azzurro, anche in verde di Sassonia e in rosso di Garanza.

Grandi eventi incalzano; si è iniziato per il Piemonte un periodo quanto mai travagliato che durerà nella fase più infelice sino al periodo di stabilizzazione napoleonica, al 1800. Gli archivi stessi dell'Accademia forse vengono dispersi e molti dati relativi al concorso paiono mancanti; non si trovano ad esempio indicazioni di partecipazione al concorso, mentre in alcune relazioni della solita Deputazione si riporta lo stato di avanzamento dei lavori eseguiti dall'Accademia per il "desiderio di corrispondere degnamente al suo Re che le appoggiò il perfezionamento di quest'arte e la brama del pubblico vantaggio". Frase illuminante della necessità di compromesso ben presente nella filosofia accademica tra il rispetto del potere dominante e le esigenze della nuova società.

Interessanti gli studi dell'Abate Vasco sulla preparazione dell'indaco dall'indigofera e dal guado, sulle sue valutazioni analitiche e merceologiche, sulle tecniche usate per la tintura; notevole il catalogo "delle droghe e delle sostanze che servono alle tinture" dove si riportano per ordine alfabetico il nome italiano, latino, francese e piemontese di qualche centinaio di piante, nonché i loro caratteri, i principi costituenti, l'uso e i prezzi. E ancora i dati analitici sulle acque usate per le tinture ricavati dal Bonvicino e gli studi sui coloranti dei fiori di Giobert (in particolare sul Safranone di Sardegna).

Il Piemonte è in fermento: moti studenteschi movimentano la vita cittadina, il Sud Piemonte è percorso dalle armate francesi, muore Vittorio Amedeo III° e Carlo Emanuele si appresta all'esilio. Citazioni di rendiconti di lavoro della Deputazione appaiono citati nei verbali dell'Accademia senza che peraltro si possa risalire ai rendiconti stessi.

Dal verbale della riunione dell'Accademia del 17 gennaio 1793:

"Il Conte San Martino legge una lettera del Sig. Morina di Napoli sulla preparazione del guado per concorrere al premio proposto dall'Accademia il 21 febbraio 1791".

Questa lettera viene esaminata favorevolmente, vengono richieste precisazioni. Dal verbale del 31 maggio 1793 appare che il Sig. Morina ha inviato un campione di guado. Poi silenzio sulle vicende del concorso sino al verbale della seduta di giovedì 25 febbraio 1796 in cui si legge:

* il rubbo equivaleva a g9225, la giornata piemontese a circa un terzo di ettaro. (da "Istruzioni elementari sopra il vicendevole rapporto tra le nuove misure metriche e pesi adottati del governo francese e le antiche misure e pesi del Piemonte" del geometra Giuseppe Carmagnola (1806)

"Giovedì 25 febbraio 1796 radunossi la R.le Accademia, e vi intervennero i signori: Conte Morozzo, Abate di Caluso, Conte Balbo, Professore Benchienati, Serenotti, Cav. Napione, Giobert, Professore Vassalli, Prof. Ignazio Michelotti, Dottor Bellardi, Rossi. Lettosi il ragguaglio della adunanza precedente, si comunicò quello della sessione tenutasi a 15 del corrente mese dalla Deputazione sopra l'arte tintoria. Risultando da esso che la Deputazione, previo conveniente esame, era di unanime parere, che la memoria del Sig. Morina accennata nell'antecedente adunanza, fosse meritevole del premio di lire mille proposto con programma de' 21 febbraio 1791, l'Accademia passò a deliberazione, e si uniformò al detto parere con aggiudicare quel premio al medesimo Sig. Morina, e determinare che la premiata memoria venga stampata ad istruzione pubblica: incaricò quindi il Segretario aggiunto di annunziare al pubblico, per mezzo della solita gazzetta, questo giudizio, ed il Segretario della Deputazione Conte San Martino d'informarne con lettera l'Autore abitante in Napoli, incitandolo a mandare quelle aggiunte che la successiva sperienza gli avrà suggerito, e qu' piani e disegni che nelle sue private lettere si è offerto di comunicare all'Accademia.

Morozzo

l'Abate di Caluso"

Si chiude così ufficialmente questo capitolo della storia della tintoria inserito in un più vasto e turbolento scenario storico da cui doveva emergere, insieme alle nuove idee, il mondo nuovo della proto-industria tessile piemontese.

A. TURCHI^(*)

LE ORIGINI DELLA STEREOCHIMICA: LA TRADIZIONE
CRISTALLOGRAFICA FRANCESE E L'OPERA DI J.A. LE BEL

Joseph Achille Le Bel scriveva nel 1890, a proposito del suo lavoro fondamentale del 1874 (1) sulla dissimmetria molecolare: "...ho messo la più grande cura, in tutte le mie dimostrazioni, ad evitare di appoggiarmi sull'ipotesi preliminare che i composti di formula CR^4 abbiano la forma di un tetraedro regolare. Io ho stabilito: 1°) che il carbonio unito a quattro radicali differenti (carbonio asimmetrico) dà luogo al potere rotatorio purché i quattro radicali abbiano posizioni fisse e non situate in un piano; 2°) che la condizione necessaria e sufficiente affinché il potere rotatorio sparisca è che le molecole posseggano in un dato momento un piano di simmetria. Questi due principi sono stati stabiliti appoggiandosi soltanto sulla esistenza di quattro radicali uniti ad un legame mobile al carbonio, sull'influenza che un sistema asimmetrico esercita sulla luce polarizzata e nulla sulla eguaglianza delle valenze del carbonio, né sull'ipotesi del tetraedro regolare."(2). Altre volte (3)(4) Le Bel intervenne per correggere autori come Colson e Guye che avevano identificato la sua ipotesi con quella di van't Hoff, sottolineando puntigliosamente la differenza tra il carattere astratto, generale e geometrico della sua argomentazione e la specificità della ipotesi configurazione del carbonio tetraedrico. Questa impostazione differente determinò alcune diversità tra i due autori sulle previsioni teoriche relative ad al-

(*) Insegnante comandato presso il Laboratorio di Didattica delle Scienze della Facoltà di Scienze Matematiche, Fisiche e Naturali dell'Università "La Sapienza" di Roma.

cune configurazioni molecolari; è noto, ad esempio, che Le Bel e van't Hoff non ebbero inizialmente le stesse idee riguardo alla configurazione degli idrocarburi caratterizzati da doppio legame^(*). Recentemente alcuni studi (8)(9) hanno messo in rilievo tali differenze. Voglio qui illustrare qualche aspetto dei presupposti teorici e della particolare tradizione cristallografica a cui si deve risalire per meglio comprendere la genesi delle idee di Le Bel e la loro diversità rispetto alla contemporanea (10) impostazione teorica del lavoro di van't Hoff. Per far questo accennerò al complesso rapporto che si sviluppò, nella prima metà dell'800, tra diverse discipline, quali la cristallografia, la chimica e la fisica della luce.

Nel 1820 John Friedrich Herschel trovò (11) una correlazione fra l'inclinazione delle facce oblique del quarzo plagiédrico e il senso di rotazione del piano di luce polarizzata. Il quarzo plagiédrico era stato individuato per la prima volta da René Just Haüy (12) che lo considerava una eccezione alla sua legge della simmetria. Fu Gabriel Delafosse (13) a dimostrare che la plagiédria doveva essere intesa come una caratteristica non accidentale dei cristalli. In tal modo una proprietà strutturale veniva direttamente correlata alla azione fisica della luce polarizzata. A tale caratteristica strutturale il cristallografo Christian Samuel Weiss dette il nome di emiedria (14). L'ipotesi che, nel caso del quarzo, il potere ottico fosse da connettere alla struttura cristallina venne confermata da altri lavori dello stesso Herschel e di Jean Baptiste Biot (15), i quali dimostrarono che il quarzo fuso o dissolto con la potassa non mostrava attività ottica. Biot riuscì anche a stabilire (16) che, in altri casi, la attività ottica non era una proprietà caratteristica solo dello stato cristallino: infatti alcune essenze, come quelle delle trementine e alcuni composti organici mostravano di essere otticamente attivi in soluzione e allo stato di vapore. Biot ne derivò che in questi casi il potere rotatorio doveva essere considerato una caratteristica molecolare delle sostanze. Ma se la correlazione tra emiedria cristallina e deviazione del piano di polarizzazione poteva considerarsi, nella prima metà dell'800, un fatto acquisito, l'idea di considerare il potere rotatorio come una proprietà generale della materia era oggetto di opinioni differenti e contrastanti. G. Gerhardt sosteneva (17) che canfora naturale e canfora artificiale, che differivano solo per il fatto che la prima era otticamente attiva, dovevano essere comunque considerate la stessa sostanza in quanto ai chimici si dovevano "richiedere differenze chimiche per distinguere fra due corpi" e che perciò coloro che attribuivano "grande importanza al potere rotatorio sarebbero rimasti fortemente delusi se avessero guardato al futuro della Chimica". Un bersaglio evidente di Gerhardt era Biot, il quale, all'opposto, riteneva che la luce polarizzata fosse di grande utilità nello studio di alcuni casi di isomeria. Biot era convinto che l'uso della luce polariz

(*) La teoria del carbonio tetraédrico aveva come conseguenza immediata la planarità del doppio legame, mentre per i principi generali di simmetria, stabiliti da Le Bel, era possibile definire la planarità solo se i derivati etilenici non si fossero mostrati otticamente attivi (5). Solo dopo alcuni studi Le Bel concordò con van't Hoff sulla planarità dell'acido fumarico e maleico (6) e su quella dei derivati etilenici (7).

zata nello studio della "meccanica chimica" si dimostrava superiore alla analisi chimica in quanto in grado di seguire le trasformazioni mentre avvenivano e di "interrogare" le sostanze anche quando non reagivano. Queste idee contrastanti di Biot e Gerhardt sono un buon esempio del ricorrente dibattito sulla preminenza tra prove fisiche (non distruttive) e prove chimiche (distruttive), che ha caratterizzato nell'800 l'evoluzione del pensiero chimico. Biot dimostrò (18) che il potere ottico era funzione solo della specie chimica e dello spessore del liquido attraversato dal raggio luminoso e ne derivò che l'attività ottica doveva essere considerata come una proprietà specifica della materia. Sulla base di questa ipotesi Biot giunse a distinguere diverse trementine (19) solo sulla base del loro diverso potere rotatorio. Secondo Biot l'attività ottica delle soluzioni "...non sarà che il prodotto meccanico di un'azione esercitata dagli elementi geometrici della massa liquida. Tale dissimetria (.....) non può che risultare da un potere molecolare proprio dei gruppi materiali figurati che costituiscono questa massa" (20). Biot dimostrò (21) inoltre che le soluzioni, sottoposte a diverse perturbazioni (agitazione, condensazione, ecc.), non mutavano il loro potere rotatorio. Da ciò ne derivò che l'interazione fra la vibrazione della luce e le molecole non poteva essere imputata ai movimenti molecolari ma soltanto alla forma geometrica delle molecole. Questo aspetto è particolarmente interessante perché anticipa un connotato della stereochimica che venne spesso criticato dopo il 1874: la raffigurazione statica della costituzione molecolare (*). Il punto di vista di Biot era probabilmente mutuato dalla cristallografia e nella sua impostazione è implicito il criterio analogico secondo il quale, se la dissimetria cristallina è responsabile del potere ottico dei cristalli, così quella molecolare lo è del potere ottico delle soluzioni. Utilizzando questo punto di vista Biot, nel 1838, congetturò (23) che l'acido tartarico e paratartarico, i quali mostravano identità di comportamento chimico ma che possedevano proprietà fisiche diverse (tra cui il potere rotatorio), dovevano essere caratterizzati da "costituzioni molecolari differenti" che erano "rese visibili dal passaggio della luce polarizzata". Anche se Biot si mostrò incerto se attribuire tali diversità ad "arrangiamenti diversi degli atomi tra loro" (24), il suo punto di vista geometrico influenzò notevolmente le idee di L. Pasteur che rappresentarono il brillante risultato del fecondo e complesso rapporto che si era sviluppato dai primi decenni dell'800 tra cristallografia e chimica.

Nel 1822 Elhard Mitscherlich, allievo di Berzelius, propose (25) una ipotesi fortemente innovativa riguardo al rapporto tra tipi cristallini e costituzione molecolare. Nei suoi lavori sull'isomorfismo Mitscherlich mise in evidenza che cristalli di sostanze diverse, ma caratterizzate dagli stessi rapporti di composizione, risultavano tra loro isomor-

(*) M. Berthelot, ad esempio, obiettava (22) a van't Hoff quanto fosse difficile immaginare che le "vibrazioni degli atomi di luce" in movimento fossero influenzate da una struttura di tipo statico.

fi e appartenevano allo stesso sistema cristallino. L'ipotesi di Mitscherlich era destinata a scontrarsi con la classica impostazione cristallografica di Haüy per il quale (26) le strutture cristalline erano il prodotto della forma delle molecole integranti e quindi caratteristiche delle sostanze (27)(*). La regola dell'isomorfismo di Mitscherlich aveva implicitamente introdotto un nuovo modo di immaginare le nuove forme molecolari, che non fu immediatamente percepito perché troppo in anticipo rispetto allo sviluppo della teoria strutturale. Se si ammetteva che le strutture cristalline fossero una immagine delle forme molecolari, dalla regola dell'isomorfismo discendeva che queste ultime erano definite più dal tipo di composizione che caratterizzava la sostanza che non dalla natura degli atomi della molecola. In altre parole, la sostituzione di un atomo con un altro atomo non implicava necessariamente la modificazione dello scheletro strutturale, che poteva considerarsi comune a molecole di sostanze caratterizzate da uguale composizione. A quanto ci risulta deduzioni di questo tipo non furono mai esplicitate chiaramente ma immagini e modelli coerenti ad esse furono più volte utilizzati ed ebbero, ad esempio, notevole importanza nelle relazioni genealogiche stabilite da Pasteur tra i derivati degli acidi tartarici e paratartarici. Un particolare esempio ci viene da un articolo di August Laurent (29) in cui lo studioso francese tentò di dimostrare, nell'ambito della sua teoria della sostituzione, che alcuni corpi, in cui il cloro veniva scambiato con l'idrogeno, conservavano il tipo cristallino. Nell'articolo Laurent mostrò di utilizzare l'idea che la persistenza della struttura cristallina dovesse riflettere la persistenza dello scheletro molecolare ed ipotizzò analoghi arrangiamenti molecolari per minerali tra loro isomorfi. Non sappiamo quale valore euristico Laurent attribuisse a tali formule in quanto più volte si era dimostrato scettico (30) sulla possibilità di individuare le reali strutture molecolari, ma è comunque notevole il fatto che anche in uno scienziato notoriamente cauto sulle questioni teoriche funzionassero le "suggestioni analogiche" offerte dalla cristallografia.

Nei lavori di Pasteur, allievo di Delafosse, sugli acidi tartarici (31)(32) vennero a confluire e trovarono una sintesi originale, teorie e motivazioni culturali diverse, a volte in contrasto tra loro: la ipotesi della cristallografia classica di Haüy, ripresa da Biot, sulla correlazione tra forme molecolari e forme cristalline; la regola dell'isomorfismo di Mitscherlich; l'utilizzazione della luce polarizzata nelle differenze isomeriche; alcuni aspetti della teoria della sostituzione di Laurent con cui Pasteur aveva per qualche tempo lavorato nel laboratorio di Dumas. Il nucleo iniziale del pensiero di Pasteur sulle dissimmetrie molecolari può essere ricercato nel suo articolo sul dimorfismo (33). La pole

(*) Nella polemica vi fu una forzatura in quanto Haüy nel suo "Traité de Mineralogie" aveva individuato un numero molto ristretto (28) di molecole integranti che non poteva essere messo quindi in corrispondenza biunivoca con le sostanze.

mica sul dimorfismo aveva impegnato per lungo tempo, su fronti opposti, cristallografi e chimici. Un esempio di tale polemica era il caso della calcite e della aragonite, minerali cristallograficamente distinti ma che mostravano una assoluta identità chimica. Haüy utilizzava questo esempio per dimostrare la superiorità della cristallografia sulla analisi chimica rispetto alla capacità di distinguere le sostanze. Nel suo articolo Pasteur mise in rilievo (34) che il grande cristallografo non aveva mai negato la possibilità che due minerali, caratterizzati da strutture cristalline diverse, potessero avere la medesima composizione, ma soltanto che essi non potevano essere formati dalla stessa sostanza. Pasteur si dichiarò d'accordo con Haüy e, cercando di conciliare questa posizione con le risultanze della analisi chimica, postulò l'esistenza di una particolare isomeria, relativa all'arrangiamento degli atomi, che avrebbe implicato solo differenze di tipo fisico e cristallografico ma non di tipo chimico. Questo "errore" di Pasteur si dimostrò ricco di proficue conseguenze e che gli permise di formulare, poco tempo dopo, l'idea di una distinzione puramente geometrica tra le molecole di acido tartarico e quelle di acido paratartrico. Il primo lavoro di Pasteur sugli acidi tartarici prese spunto da una nota di Mitscherlich (35) in cui si asseriva che il tartrato e il paratartrato doppio di sodio e di ammonio, che differivano tra loro nel fatto che il primo risultava otticamente attivo, dovevano essere caratterizzati da atomi della stessa natura e dello stesso numero, con lo stesso arrangiamento e distanza. Pasteur individuò una contraddizione (36) tra tale affermazione e la definizione di specie chimica, come riportata, ad esempio, da Chevreul (*). Pasteur che, in accordo con Biot, considerava il potere rotatorio come una caratteristica essenziale delle sostanze, riteneva che a differenze di ordine macroscopico dovessero corrispondere differenze di ordine microscopico. E' noto che Pasteur, ricercando le cause della "anomalìa" del paratartrato doppio di sodio di ammonio, riuscì a separare questo sale nei suoi due componenti a emiedria cristallina opposta, dotati di opposto potere rotatorio. La correlazione fra emiedria cristallina e verso della rotazione del piano di polarizzazione, stabilita da Herschel quasi trent'anni prima, trovò dunque una brillante conferma ed estensione nei lavori di Pasteur sugli acidi tartarici. Uno degli aspetti teorici più significativi del lavoro di Pasteur fu quello di avere immediatamente considerato i due paratartrati (destro e sinistro) come oggetti chimici distinti, benché fosse impossibile trovare tra loro la più piccola differenza, tranne che per quel che riguardava il verso del potere rotatorio. Si potrebbe dire che in questo frangente in Pasteur prevalessse il punto di vista cristallografico, per il quale la correlazione tra struttura cristallina e costituzione molecolare aveva valore preminente rispetto alla caratterizza

(*) "Nei corpi composti la specie è una collezione di oggetti identici per natura, proporzione e arrangiamento degli elementi (37).

zione chimica delle sostanze^(*).

In lavori successivi (38)(39) Pasteur individuò altre sostanze otticamente attive (asparagina, acido malico, derivati della morfina, ecc.) caratterizzate da cristalli emiedrici e speculari tra loro. Anche se in un suo lavoro (40) Pasteur aveva notato il perfetto isomorfismo tra la forma attiva e non attiva dell'alcool amilico, la correlazione tra emiedria e potere rotatorio fu da lui considerata una legge pressoché generale (41). Pasteur si mostrò invece assai cauto nel pronunciarsi sul tipo di isomeria che caratterizzava i due paratartrati antipodi ottici e si limitò ad asserzioni di tipo congetturale in cui mostrò di far riferimento al ragionamento di tipo analogico che già abbiamo individuato in Biot. Pasteur ipotizzò (42) che le molecole degli antipodi ottici avessero la forma di due tetraedri irregolari, emiedrici e non sovrapponibili; in altri casi pensò a forme di tipo elicoidale. E' probabile che Pasteur ritenesse che se l'unica differenza tra i due tartrati stava nella caratterizzazione emiedrica dei loro cristalli, allora l'unica differenza molecolare doveva consistere nel diverso arrangiamento dissimmetrico degli atomi. Si può dunque ritenere che Pasteur immaginasse gli assembramenti atomici come il corrispettivo, in scala microscopica, delle figure cristalline, attribuendo loro gli stessi principi di sovrapponibilità utilizzati per i cristalli. E' possibile notare, nel modello proposto da Pasteur, ancora l'influenza della scuola cristallografica di Haüy, sebbene in un contesto concettuale molto più avanzato. E' da sottolineare come nell'attribuzione di particolari figure spaziali alle molecole, fatta da Pasteur e successivamente da molti altri chimici, abbiano funzionato più meccanismi di pensiero e suggestioni di tipo intuitivo e analogico che rigorose tesi dimostrative. Questa carenza epistemologica fu più volte messa in evidenza e duramente criticata da molti chimici (organici e analitici soprattutto) dediti all'analisi "concreta" della reattività chimica^(**).

Tra il 1854, anno in cui Pasteur realizzò i suoi ultimi lavori importanti sulla dissimetria, e il 1874, furono numerosi i lavori sulle caratteristiche degli acidi tartarici, soprattutto ad opera di V. Dessaignes e di M.E. Jungfleisch, i quali concentrarono (44)(45) i propri lavori soprattutto sulle reciproche trasformazioni dei quattro acidi tartarici noti. Non altrettanto indagato fu il rapporto costitutivo tra acido destro e levo racemico: il modo in cui il potere rotatorio fosse connesso alla costituzione molecolare rappresentava ancora una questione oscura. Mentre Pasteur aveva dimostrato (46) che l'acido tartarico poteva facilmente perdere il potere rotatorio per semplice riscaldamento in quanto si trasformava nel suo isomero inattivo, diversi lavori avevano mostrato che per successive trasformazioni di tale acido si poteva ottenere una serie di deri-

(*) In altri casi Pasteur "privilegiò" il punto di vista chimico. Nel lavoro già citato stabilì in nome della loro stretta somiglianza chimica, che le differenze cristallografiche riscontrate tra i vari tartrati e paratartrati potessero essere trascurate e considerate come modificazioni di una forma primitiva comune (31).

(**) E' celebre, a questo proposito, l'invettiva di A.W.H. Kolbe nei confronti di van't Hoff (43).

vati, tutti otticamente attivi. Il fatto che drastiche modificazioni non incidessero sulle proprietà ottiche quanto una semplice trasformazione isomerica, avvalorava l'idea che il potere rotatorio fosse legato ad una caratterizzazione geometrica, in una certa misura indipendente dalla composizione molecolare.

Questi aspetti geometrici, resi ormai del tutto indipendenti dal loro riferimento cristallografico, si presentano in una accezione del tutto nuova nel lavoro fondamentale di Le Bel del 1874 (1). Le Bel propose un modello fortemente idealizzato e astratto: considerò gli atomi come punti materiali e immaginò le figure che rappresentavano le molecole per mezzo di linee che collegavano tra loro i punti. Nelle operazioni di simmetria compiute su queste figure, Le Bel considerava che la sovrapposizione avesse luogo solo quando portava a coincidere quei punti materiali che rappresentavano atomi o radicali monovalenti uguali. In altre parole Le Bel distingueva i punti materiali sulla base della loro funzione chimica. Questo connotato chimico esulava da una rappresentazione puramente geometrica per la quale non avrebbe senso la distinzione fra diversi punti materiali, ma solo quella relativa alle loro diverse reciproche posizioni nello spazio. Questo modello era fortemente innovativo rispetto alle congetture di Pasteur. Le Bel, che pur riconosceva in lui il suo punto di riferimento iniziale, scriveva nel 1892, per rispondere a diverse critiche che negavano l'originalità della sua teoria e di quella di van't Hoff rispetto a Pasteur "Pasteur si è accontentato di affermare che il potere rotatorio è dovuto alla costituzione dissimmetrica della molecola; van't Hoff e io, sviluppando certe idee, abbiamo mostrato che questa dissimmetria è dovuta alla presenza di quattro radicali monovalenti differenti uniti ad un medesimo carbonio chiamato asimmetrico" (47). In effetti, se facciamo riferimento alla congettura di Pasteur sulla disposizione a "tetraedro irregolare" si può comprendere quanto tale irregolarità, condizione geometrica necessaria per la non sovrapposibilità, non abbia ragione di sussistere nel modello proposto da Le Bel.

Le Bel, servendosi dell'attività ottica come indice della dissimmetria molecolare, riuscì ad individuare le configurazioni di un certo numero di sostanze organiche e a chiarire problemi fino ad allora irrisolti. Stabili ad esempio (48) che l'acido mesotartarico, modificazione inattiva dell'acido tartarico, non era costituito da una miscela racemica, come quello paratartarico, ma era caratterizzato da una molecola simmetrica rispetto al piano perpendicolare al legame carbonio-carbonio. Solo in questo quadro teorico generale, Le Bel è "...costretto ad ammettere che i quattro atomi A occupano i vertici di un tetraedro regolare dove i piani di simmetria sono identici a quelli della molecola totale MA_4 ..." (49). Per Le Bel la configurazione tetraedrica era soltanto una delle possibili forme geometriche in grado di rappresentare la molecola e non la condizione necessaria per spiegare la dissimmetria molecolare. Le Bel sosteneva (50) che l'ipotesi del tetraedro non poteva essere generalizzata dal momento che i cristalli di alcuni derivati del metano, come lo ioduro di metile, non mostravano di essere cubi perfetti come si doveva prevedere in base alla configurazione tetraedrica. Con questa osservazione Le Bel dimostrò quanto fosse ancora presente in lui il convincimento cristallografico di una diretta correlazione fra forme cristalline e forme molecolari.

Le Bel era anche poco incline (51) ad ammettere che nelle reazioni di sostituzione i legami fra gli atomi conservassero la loro direzione indipendentemente dal tipo di sostituito, come riteneva da tempo la maggior parte dei chimici organici. Ciò implicava che per Le Bel, in linea di principio, non era legittimo stabilire la configurazione del metano, in modo genealogico, partendo dalle configurazioni dei suoi derivati otticamente attivi. Le Bel volle prescindere, nello studio delle forme molecolari, dalle ipotesi relative alla conservazione delle strutture nelle trasformazioni chimiche e oggi possiamo più compiutamente apprezzare il suo tentativo di studiare le molecole come sistemi in equilibrio, dipendenti dalle interazioni di tutti gli atomi tra loro, sui quali effettuare quelle considerazioni di simmetria necessarie alla assegnazione delle configurazioni.

Referenze bibliografiche

- (1) J.A. Le Bel, Bull. Soc. Chim., nouvelle sèrie, 22, 337 (1874)
- (2) J.A. Le Bel, Bull. Soc. Chim., 3^{me} sèrie, 3, pp. 788-789 (1890)
- (3) J.A. Le Bel, Bull. Soc. Chim., 3^{me} sèrie, 7, 314 (1892)
- (4) J.A. Le Bel, Bull. Soc. Chim., 3^{me} sèrie, 7, 613 (1892)
- (5) J.A. Le Bel, op. cit. (1) p.344
- (6) J.A. Le Bel, Bull. Soc. Chim., nouvelle sèrie, 37, 300 (1882)
- (7) J.A. Le Bel, Bull. Soc. Chim., 3^{me} sèrie, 11, 292 (1894)
- (8) H.A.M. Snelders "J.A. Le Bel's Stereochemical Ideas Compared with Those of J.H. van't Hoff (1874)" in "van't Hoff-Le Bel Centennial", pp. 66-73, O.B. Ramsey Ed., Washington, 1975
- (9) L. Paoloni "Confronto sui punti di viste di J.H. van't Hoff e J.A. Le Bel sulla attività ottica come proprietà" in "Atti del III Congresso Nazionale di Storia della Fisica- Palermo 11-16 ottobre 1982", Palermo, Centro Stampa Facoltà di Ingegneria, 1983
- (10) J.H. van't Hoff, Arch. Neerl. Sc. Exact. Nat., 9, 445 (1874)
- (11) J.F.W. Herschel, Trans. Cambridge Phil. Soc., 1, 45 (1820); anche in J.F.W. Herschel "Traité de la lumière", vol.II, pp. 205-206, Paris, De Maulher, 1829-1833
- (12) R.J. Haüy "Traité de Mineralogie", Tomo I, p.193, Paris 1801
- (13) v. L. Pasteur "Oeuvres", vol.I, p. 322, Paris, Masson et C^{ie} Ed, 1922
- (14) C.S. Weiss, Ann. Chim. Phys. 21, 337 (1822)
- (15) J.B. Biot, Compt. Rend., 8, 683 (1839)

- (16) J.B. Biot. Ann. Chim. Phys., 9, 372 (1818); 10, 63 (1819)
- (17) v. N.W. Fisher "Wislicenus and Lactic Acid: The Chemical Background to van't Hoff Hypothesis" in op. cit. (8) pp.33-34
- (18) J.B. Biot, Ann. Chim. Phys., 10, 5 (1844)
- (19) ibid. p.11
- (20) ibid. p. 8
- (21) ibid. pp. 15-17
- (22) M. Berthelot, Bull. Soc. Chim., nouvelle sèrie, 23, 338 (1875)
- (23) J.B. Biot, Ann. Chim. Phys, 69, p. 27 (1838)
- (24) ibid. p.24
- (25) E. Mitscherlich, Ann. Chim. Phys. 19, 350 (1822)
- (26) R.J. Haüy "Traité de Minéralogie", vol I, pp. 5 e segg., Paris, Chez Louis Libraire, 1801
- (27) ibid. pp. 156 e segg.
- (28) ibid. pp. 30 e segg.
- (29) A. Laurent, Compt. Rend., 20, 357 (1845)
- (30) v. T.H. Levere "Arrangement and Structure: A Distinction and a Difference" in op. cit. (8) pp. 20-22
- (31) L. Pasteur, Ann. Chim. Phys., 3^{me} sèrie 24, 442 (1848)
- (32) L. Pasteur, Ann. Chim. Phys., 3^{me} sèrie, 28, 56 (1850)
- (33) L. Pasteur, Ann. Chim. Phys., 23, 267 (1848)
- (34) ibid. nota p. 268
- (35) La nota di Mitscherlich è riportata da Biot in Compt. Rend. 19, 720 (1844)
- (36) L. Pasteur, Compt. Rend., 26, 535 (1848)
- (37) in L. Pasteur op. cit. (13) p. 323
- (38) L. Pasteur, Ann. Chim. Phys., 3^{me} sèrie, 31, 67 (1851)
- (39) L. Pasteur, Ann. Chim. Phys., 3^{me} sèrie, 38, 437 (1853)
- (40) L. Pasteur, Compt. Rend. 41, p.300 (1855)
- (41) v. G.B. Kauffmann, R.D. Myers, Journ. Chem. Educ. 52, p.779 (1975)
- (42) L. Pasteur op. cit. (13) P. 338
- (43) v. J.I. Solov'ev "L'evoluzione del pensiero chimico", pp. 249-251, Milano, Mondadori, 1976
- (44) V. Dessaignes, Bull. Soc. Chim., nouvelle sèrie, 3, 34 (1865)

- (45) M.E. Jungfleisch, Bull. Soc. Chim. nouvelle sèrie, 19, 99 (1873)
- (46) L. Pasteur, Compt. Rend. 37, 162 (1853)
- (47) J.A. Le Bel op. cit. (4) p. 614
- (48) J.A. Le Bel op. cit. (1) pp. 340-341
- (49) ibid. p. 339
- (50) J.A. Le Bel op.cit. (4) p. 614
- (51) J.A. Le Bel op.cit. (2) p. 790

E. TORRACCA*

LE DENSITA' GASSOSE "ANOMALE" E LA TEORIA ATOMICO-MOLECOLARE

Un punto di riferimento per lo studio della dissociazione gassosa può essere, quasi naturalmente, l'insieme dei lavori di Sainte-Claire Deville che per primo ha introdotto il termine dissociazione in un significato diverso da quello di decomposizione. Poichè Deville ha dato una prima definizione nel 1857 (1) e un'altra, più circostanziata, nel '63(2), potrebbe sembrare che la questione sia stata completamente chiarita più o meno in quel periodo. Leggendo però quest'ultimo articolo, si può constatare che Deville non è d'accordo sul fatto che il cloruro di ammonio venisse considerato dissociato, nonostante le convincenti esperienze di Pebal (3) e di Wanklyn e Robinson (4); il suo punto di vista è difeso con argomentazioni sottili e convincenti e in particolare sembra molto interessato ad assegnare a questa sostanza un valore del volume equivalente pari ad otto (Deville, come tutti i chimici dell'epoca, usava questa grandezza che fa riferimento ad una forma modificata della legge dei volumi di Gay-Lussac per caratterizzare le sostanze allo stato di vapore; vedi più avanti per maggiori dettagli). Estendendo l'indagine ad altri casi controversi di dissociazione, si può constatare che, di nuovo, intorno agli anni '80 personaggi del calibro di Wurtz, Berthelot, Saint-Claire Deville discutevano molto animatamente sulla dissociazione dell'idrato di cloralio.

Leggendo questi articoli risulta chiaro perchè è stata attribuita tanta importanza a certe dissociazioni: la posta in gioco non era stabilire soltanto se una sostanza fosse o meno dissociata, ma accettare o rifiutare il principio di Avogadro e quindi la teoria atomico-molecolare nel suo complesso. Se fossero riusciti a dimostrare che l'idrato di cloralio o il cloruro di ammonio passavano allo stato di vapore inalterati, gli anti-molecolari avrebbero avuto in mano una prova della non validità del principio. Questi dati rappresentavano quindi in un certo modo la "falsificazione" della teoria, una conseguenza della quale era l'impossibilità di avere un volume equivalente pari ad otto.

* Dipartimento di Chimica, Università "La Sapienza", Roma

Più di venti anni dopo che Cannizzaro aveva messo ordine nella faccenda riguardante il problema delle formule e dei pesi atomici, alcuni grossi calibri della Chimica non accettavano quella teoria che ormai era utilizzata non solo nella discussione dei dati della ricerca, ma anche nell'insegnamento. Vediamo allora in maggiore dettaglio alcuni punti di questa disputa nella quale si sono fronteggiate posizioni epistemologiche molto diverse che potrebbero essere ritrovate in quanto scriveva Deville nel 1877 (5): "La regola (νόμος o norma) si è dunque stabilita, non si sa come e si è sostituita, nello spirito di un gran numero, ad un'ipotesi della quale si è dimenticato lo scarso valore scientifico." E' proprio sul significato da attribuire a questi termini, regola, ipotesi, valore scientifico che si è articolata tutta la disputa.

La valutazione dei volumi equivalenti.

La legge di Gay-Lussac dei volumi di combinazione (6) è forse la prima relazione generale che ha permesso un collegamento tra proprietà chimiche e proprietà fisiche delle sostanze. La ricerca di questa correlazione appare evidente se si considera il modo in cui era stata "manipolata" dai chimici dell'ottocento. La forma nella quale veniva utilizzata era: "i rapporti tra le densità sono proporzionali ai rapporti tra i pesi equivalenti" oppure "il rapporto tra peso equivalente e densità è un multiplo di 7,22". Queste espressioni della legge, insolite per noi, derivano immediatamente dalla definizione di densità quando si consideri una massa pari alla massa di combinazione. Infatti,

$$d = \frac{m}{V} = \frac{PE}{V_e}$$

$$\frac{d_2}{d_1} = \frac{PE_2}{PE_1} \frac{V_1}{V_2}$$

$$\frac{V_2}{V_1} = \frac{PE_2}{PE_1} \frac{d_1}{d_2}$$

questo rapporto volumetrico, per la legge di Gay-Lussac, deve corrispondere sempre ad un rapporto fra numeri interi e ciò pone un vincolo ai valori che possono assumere densità e peso equivalente. Così, ad esempio, confrontando idrogeno e ossigeno, si può stabilire che (le densità sono riferite a quella dell'aria, com'era in uso in quel periodo):

$$\frac{V_2}{V_1} = \frac{8}{1} \frac{0,0692}{1,107} = \frac{1}{2}$$

Questo valore indica che un volume di ossigeno equivale chimicamente a due volumi di idrogeno. Prendendo come riferimento due volumi di idrogeno, si assegnava il valore uno al volume equivalente dell'ossigeno, il valore due al cloro, il valore quattro all'acido cloridrico, etc. La conoscenza del volume equivalente permette il calcolo del peso equivalente

mediante l'espressione

$$PE = \frac{V_E d}{0,1384} = 7,22 V_E d$$

dove 0,1384 è due volte la densità dell'idrogeno rispetto all'aria e d è la densità del vapore.

La conoscenza del peso equivalente di una sostanza era essenziale per assegnarle una formula. Per orientarsi nella letteratura dell'epoca in cui si parla di pesi equivalenti di alcoli, esteri, o altri composti organici, si tenga presente che il peso equivalente così ottenuto risulta essere legato al nostro peso molecolare dalla relazione

$$PE = PM \left(\frac{V_E}{4} \right)$$

I pesi equivalenti in molti casi (il valore $V_E = 4$ è molto frequente) coincidono con i nostri pesi molecolari e le formule relative differiscono solo per l'indice assegnato al carbonio e all'ossigeno per i quali i pesi equivalenti sono la metà dei pesi atomici. In altri casi gli indici coincidono e le differenze consistono in ciò che si intende indicare: in un caso sono numeri relativi di equivalenti, nell'altro di atomi per molecola.

I valori del volume equivalente più comunemente riscontrati erano due e quattro; in alcuni casi si trovavano valori uguali ad uno o ad otto. Per chi accettava il principio di Avogadro la corrispondenza tra due volumi di idrogeno e, ad esempio, quattro volumi di acido cloridrico indicava che per quest'ultimo il numero di molecole era doppio e quindi che ognuna conteneva la metà degli atomi rispetto a quella dell'idrogeno. Poichè questo era considerato biatomico (e Cannizzaro lo aveva dimostrato) era chiaro che non si potevano avere valore superiori a quattro. Un valore pari ad otto non poteva che essere dovuto al raddoppio del volume come effetto di un processo di dissociazione (7).

Al contrario, la posizione degli oppositori era di considerare il dato empirico per quello che era (una caratteristica del corpo in esame) e di utilizzare i valori dei volumi equivalenti solamente per controllarne l'aderenza alla legge di Gay-Lussac. Si limitavano, in altre parole, a constatare che ogni nuovo valore rientrava in quella regola empirica generale che imponeva valori interi per i volumi equivalenti. Un valore pari a tre o sei che, ad esempio, sarebbe stato considerato impossibile dai fautori delle teorie molecolari perchè corrispondeva a numeri non interi di atomi nelle molecole, sarebbe stato visto con sospetto dagli antimolecolari solo perchè non si era mai verificato. Un volume equivalente pari ad otto poteva invece essere accettato perchè erano molti i casi nei quali era stato trovato questo valore. Il punto di vista è nettamente diverso. Di fronte al problema di trovare un corrispondente microscopico al volume, il principio di Avogadro sancisce che un'uguaglianza volumetrica corrisponde ad un'uguaglianza numerica tra entità microscopiche e quindi una variazione di volume viene ad essere considerata una misura di variazioni nella complessità molecolare.

Se non si vuole accettare questa corrispondenza perchè "troppo arbitraria", si è costretti a ripiegare su regolarità osservate empiricamente sui corpi macroscopici. Questa è la "bella legge di Gay-Lussac", che informa però solamente sul fatto che i rapporti tra i volumi di combinazione sono sempre espressi da rapporti tra numeri interi.

Prima di entrare nei dettagli della polemica tra fautori e detrattori della teoria atomico molecolare, risulta interessante prendere in esame il contributo fornito da A. Cahours, che essendo meno implicato nella disputa e più nella comprensione del fenomeno della dissociazione introduce innovazioni metodologiche importanti.

Il contributo di Cahours.

Come già visto, un valore dispari o frazionario del volume equivalente era meritevole di una indagine approfondita, indipendentemente dal punto di vista adottato. Nell'intento di controllare i valori anomali trovati da Dumas per l'acido acetico (e da Amand Bineau per l'acido formico e solforico: volume equivalente uguale a tre) Cahours introduce un elemento nuovo nella metodologia delle misure di densità dei vapori: un esame dell'andamento della densità al variare della temperatura. Dopo aver eseguito controlli di purezza sull'acido acetico, Cahours (8) nell'ipotesi che la temperatura a cui le misure erano state effettuate (145°) fosse troppo vicina a quella di ebollizione e quindi che il comportamento del gas fosse lontano dalla idealità, effettua misure a 219° e a 231°. La densità diminuisce e il volume equivalente assume un valore regolare pari a quattro.

Nell'anno successivo (9) effettua lo stesso tipo di indagine per il pentacloruro di fosforo per il quale Mitscherlich aveva trovato un valore pari a sei. La densità decresce da 4,99 a 190° a 3,67 a 288°. Questo valore si mantiene costante per i quaranta gradi successivi e corrisponde ad un volume equivalente pari ad otto. Cahours fa l'ipotesi che il vapore sia una miscela di tricloruro e cloro, i volumi dei quali sono pari a quattro. Questa ipotesi viene ripresa in maniera più completa in un lavoro del 1847 (10) e sostenuta, oltre che dal buon accordo tra densità calcolata e trovata, con argomenti basati sul comportamento chimico. Cahours cita le reazioni del pentacloruro con acqua e con acido solfidrico nelle quali il pentacloruro perde sempre due atomi di cloro e i prodotti ottenuti (ossicloruro e tricloruro) non presentano un comportamento anomalo (segue lui stesso misure tra circa 150° e 300° C). Questo comportamento suggerisce che due atomi di cloro siano sostituibili o allontanabili con relativa facilità. E' singolare che Cahours, pur avanzando l'ipotesi della dissociazione in maniera convincente per quanto riguarda la situazione ad alta temperatura, non attribuisca ad una dissociazione incompleta la variazione di densità con la temperatura. "Pur non essendo oggi possibile trovare una causa plausibile di questo comportamento le misure di densità vanno effettuate facendo variare la temperatura fino a che non si ottenga un valore costante".

Va notato, comunque che Cannizzaro nel lavoro del 1857 (7) considera la dissociazione come una scoperta di Deville, quest'ultimo la considera una scoperta di Grove (riuscì nel 1847 a decomporre parzialmente l'acqua mediante un filo di platino percorso da corrente) mentre sembra che la priorità spetti se mai proprio a Cahours (1845).

Un'altra importante innovazione metodologica viene introdotta nel lavoro sull'acido acetico e derivati del 1863 (11) nel quale cerca di mettere in relazione il comportamento anomalo con la costituzione molecolare. Cahours trova che se si sostituisce l'idrogeno che non appartiene al gruppo metile, il comportamento anomalo sparisce. I composti esaminati sono acetato di metile, di etile, di amile e l'anidride acetica. Sostituendo invece l'idrogeno del gruppo metile, l'anomalia rimane anche se meno marcata e così pure se si sostituisce l'ossigeno che non fa parte del radicale con lo zolfo (acido tioacetico). E' quindi l'idrogeno metallico", conclude Cahours, l'elemento responsabile dell'anomalia. Dati di questo tipo verranno utilizzati circa sessanta anni dopo per sostenere le prime ipotesi sul legame idrogeno elaborate da Huggins e Latimer e Rodebush, della scuola di G.N. Lewis.

La dissociazione del cloruro di ammonio e la diffusione.

E' chiaro che, per quanto riguardava la spiegazione dei valori maggiori di quattro del volume equivalente mediante l'ipotesi della dissociazione, mancavano prove sperimentali dirette. Era infatti considerata una regola generale (con poche eccezioni) che quando due sostanze si combinavano in un rapporto 1:1 in volume non si osservava contrazione di volume. Non era possibile quindi distinguere tra un miscuglio e l'eventuale composto sulla base delle variazioni di volume.

Fu proprio Deville, con il suo "tubo caldo-freddo" che riuscì a dimostrare che il calore, senza alcun intervento di tipo chimico, è in grado di decomporre parzialmente i corpi. Il dispositivo utilizzato gli permetteva infatti di isolare i prodotti ottenuti ad alta temperatura facendoli condensare sulle pareti del tubo centrale nel quale correva acqua fredda. La sua definizione di dissociazione è molto precisa: "Ho proposto di chiamare dissociazione questo fenomeno ("la decomposizione spon-tanea dei corpi sotto l'influenza del calore") tutte le volte che si produce parzialmente e a una temperatura inferiore a quella che corrisponde alla distruzione assoluta del composto o piuttosto alla riduzione com-pleta nei suoi elementi" (sottolineature nel testo ref. 2 pag. 730). Poco più avanti Deville dice "... chiamo tensione di dissociazione la quantità di un corpo che si decompone nel proprio vapore" (sottolineatura mia). E ancora, a proposito della dissociazione di CO_2 in CO e O_2 la cui prova era stata ottenuta disperdendo i due prodotti in una gran massa di gas inerte: "fortunatamente per il rigore della mia dimostrazione, questo gas può essere la stessa anidride carbonica" (sottolineatura mia; ref. 2 pag. 730).

Ho voluto mettere in evidenza in maniera dettagliata la concezione di Deville perchè è su questa che si fondano le sue argomentazioni contro l'ipotesi della dissociazione del cloruro di ammonio. E' chiaro infatti che per Deville la dissociazione deve essere caratterizzata dalla coesistenza dei prodotti della decomposizione e della sostanza originale e che da questo punto di vista il cloruro di ammonio effettivamente non è dissociato. Così diviene comprensibile la sua posizione sei anni dopo che Cannizzaro e Kopp(12) indipendentemente l'uno dall'altro avevano spiegato con l'ipotesi della dissociazione i valori troppo alti dei volumi equivalenti. Ciò che aveva reso necessaria la puntualizzazione di Deville era il lavoro di Pebal (3) che aveva dato la prima dimostrazione sperimentale della dissociazione del cloruro di ammonio ricorrendo alla diversa velocità di diffusione dei due prodotti per separarli. Qualche settimana prima di questo articolo di Deville, Wanklyn e Robinson avevano dimostrato la dissociazione del pentacloruro di fosforo e dell'acido solforico monoidrato ricorrendo ancora alla diffusione ma eliminando il tampone di amianto che poteva favorire cataliticamente le decomposizioni (4). La spiegazione data da Deville a tutti questi fatti è che l'agente decomponente è la diffusione stessa: è sufficiente che una piccolissima parte del vapore sia decomposta dal calore per raccogliere e mettere in evidenza i prodotti attraverso un continuo spostamento (come diremmo oggi) dalla posizione di equilibrio dovuta alla diversa velocità di diffusione. A ulteriore conforto della validità dei suoi argomenti Deville realizzò un esperimento nel quale fa combinare ammoniaca e acido cloridrico facendoli arrivare attraverso due tubi sul bulbo di un termometro ad aria posto all'interno di un recipiente tenuto a 350°C. Il termometro registra un aumento di temperatura di circa 50°. Se i gas si combinano a 350°, non è possibile che il cloruro di ammonio non sia stabile a quella temperatura, conclude Deville: "Questo esperimento fa vedere come si debba essere prudenti prima di rifiutare come inammissibili i risultati dell'esperienza perchè in disaccordo con le teorie atomistiche, eccellenti senza dubbio per muoversi nelle vie nuove della scienza, ma che la storia dei loro cambiamenti ci deve far considerare essenzialmente transitorie" (ref. 2 pag. 733).

La risposta di Wanklyn e Robinson non tarda: se un miscuglio qualsiasi di gas si comporta in quel modo per diffusione e i vapori del cloruro di ammonio si comportano nello stesso modo, è evidente che si ha a che fare con un miscuglio. Si ripromettono di dimostrare che i vapori "normali" non si decompongono per diffusione e contestano i risultati di Deville dovuti, essi dicono, al fatto che i gas si trovavano ad una temperatura molto inferiore a quella del forno e questo spiegherebbe perchè ha avuto luogo la combinazione (13).

I risultati dell'esperimento di Deville vengono ancora discussi due anni dopo da Wurtz (14) che si chiede se lo sviluppo di calore debba essere considerato sempre come prova di una combinazione chimica. Egli cita i risultati di Favre sugli effetti termici che accompagnano il mescolamento di soluzioni anche diluite attribuiti giustamente a "attrazione molecolare differente dall'affinità" e si domanda se analoghe considera-

zioni non potrebbero essere applicate al mescolamento di gas. E' chiaro che la questione rimane per il momento in sospeso e sono necessari nuovi fatti per riaccendere la discussione.

La dissociazione dell'idrato di cloralio e il principio di Avogadro.

La nuova, ancora accesissima polemica è ripresa nel 1877 da Sainte-Claire Deville che prende lo spunto da un articolo di Troost (15) su un nuovo metodo per stabilire l'equivalente in volume delle sostanze vaporizzabili. L'obiettivo, è chiaro, è ancora quello di determinare le formule delle sostanze fondandosi esclusivamente su dati empirici: se si trova un metodo nuovo per determinare gli equivalenti dubbi, tutta la questione si sposta a favore dei fautori del dato empirico "non manipolato". Tutti sono d'accordo sul fatto che per distinguere un miscuglio da un composto è necessario utilizzare un metodo fisico e Troost sembra averne trovato uno, alternativo alla diffusione che aveva generato tante polemiche. Il suo metodo si basa sull'uso di un sale idrato per accertare se l'idrato di cloralio (otto volumi) sia dissociato o meno. Il suo ragionamento è semplice: si prende un sale idrato la cui tensione di vapore sia stata determinata alla temperatura alla quale si fa la misura di densità e dei risultati inferiore alla pressione parziale dell'acqua nell'ipotesi di una dissociazione. Se il sale cede acqua e la pressione aumenta, questo indica che nel vapore non c'era acqua e quindi che l'idrato di cloralio non era dissociato. Il sale utilizzato, per la cronaca, era ossalato di potassio e i risultati gli danno ragione anche se l'esperimento è realizzato in condizioni limite (53 mm. per l'ossalato e 59 per l'acqua assumendo un comportamento da gas perfetto).

Poche settimane dopo Wurtz (16) dimostra che gli esperimenti di Troost, ripetuti in condizioni più controllate (in particolare eliminando l'acqua di imbibizione dal sale e utilizzando un'apparecchiatura dal volume più grande) confermano la dissociazione dell'idrato di cloralio. La risposta di Deville non tarda; egli si dichiara molto contento dell'opportunità di discutere di "una questione che non credeva più litigiosa" e sposta il tema della disputa a ciò che è effettivamente in gioco: il significato da attribuire alle formule e il modo per ottenerle. Rileva che, se non altro, la notazione atomica introduce un elemento di complicazione in Chimica minerale (formule con indici diversi da uno) e fa notare che, relativamente ai valori del volume equivalente di ozono (frazionario), zolfo e fosforo (variabile con la temperatura), questi, anziché essere interpretati come una misura di una diversa complessità molecolare (O_3 contro O_2 ; $S_6 \rightarrow S_2$; $P_4 \rightarrow P_2$), possono essere messi in relazione con i calori di reazione di questi corpi. In altre parole queste sostanze si trovano in uno stato energetico, non strutturale diverso (17).

La risposta di Wurtz (18) affronta un altro problema che divide i due campi: quello della possibilità per atomi uguali di unirsi tra loro. Già Cannizzaro (7) constatava che "ripugnava sin oggi ai chimici supporre che l'ammoniaca e un acido potessero restare mischiati allo stato gassoso senza combinarsi"; analoga ripugnanza si manifestava considerando invece che corpi antagonisti, corpi uguali: diversità di affinità nulla, nessuna combinazione.

Wurtz cita le reazioni tra idruro di rame e acido cloridrico, acqua ossigenata e ossido di argento e i composti azoici e diazoici e tutti i composti della chimica organica per dimostrare che un elemento può combinarsi con se stesso. L'interpretazione fornita da Berthelot (19) è di nuovo di tipo energetico: l'idruro di rame sviluppa calore decomponendosi negli elementi; questa è la causa della reazione, non la combinazione di atomi uguali; analogamente per le altre reazioni: sono processi esotermici ed è questa la spiegazione corretta del decorso delle reazioni. Berthelot critica poi che i fautori della teoria atomica fondino le loro convinzioni sulla legge di Dulong e Petit che presenta alcune vistose eccezioni e si fonda su quantità, i calori specifici, che non sono costanti al variare della temperatura. Al contrario si devono cercare relazioni tra proprietà osservabili sperimentalmente, come nella legge di Gay-Lussac: "si può pesare un gas, si può misurare un peso equivalente", mentre "non vediamo le molecole e non abbiamo alcun mezzo conosciuto per contarle". Berthelot si augura che il futuro metta a posto le cose: "noi vedremo sparire dalle teorie scientifiche queste ipotesi astruse sulle atomicità latenti, su le molecole distese, sul vero luogo degli atomi nello spazio, sulle atomicità che si saturano reciprocamente" e "invece di spiegare i fenomeni chimici con esseri immaginari, l'idrossile, il carbonile, il solforile, il carbossile, vedremo ricomparire l'acqua, l'acido formico, l'acido solforico, l'acido carbonico, soli corpi esistenti realmente" (ref. 20 pag. 1273-1274).

Conclusioni

L'esame di questa disputa sulla dissociazione di alcune sostanze come prova della validità o meno delle teorie atomico-molecolari dimostra in maniera chiara che non è sul piano empirico che una tesi può prevalere sull'altra. L'interpretazione che viene fornita di ogni dato è infatti opposta, ma in perfetto accordo con il sistema teorico corrispondente. La coerenza interna dei due sistemi è paragonabile e il punto di vista dei fautori degli equivalenti non può essere criticato più che tanto: il principio di Avogadro non è dimostrabile e il metterlo a fondamento di tutto il sistema di rappresentazioni utilizzato dalla Chimica (formule) implica un'opzione teorica molto forte. D'altra parte, come diceva Berthelot, "la storia della nostra scienza prova che le sue grandi scoperte, comprese le più moderne, sono state fatte indifferentemente dai partigiani della notazione equivalente e dai partigiani della notazione atomica" e la disputa appare articolata su una questione di metodo. Da una parte l'utilizzazione di un principio generale che permette di razionalizzare un gran numero di fatti sperimentali e la cui attendibilità viene valutata analizzando la coerenza delle sue conseguenze (ad esempio, la dissociazione o in generale il trovare un responsabile materiale di tutte le apparenti deviazioni dal principio). Dall'altra un voler "attenersi ai fatti", una ricerca di relazioni "determinate tra due ordini di proprietà osservabili"

l'uso di una notazione che indichi solamente i risultati dell'esperienza.

Ritornando al problema della dissociazione del cloruro di ammonio, ci si può domandare se è stata mai fatta una prova che avrebbe potuto soddisfare Deville e Berthelot. Secondo me l'unica prova diretta nel senso che attribuivano questi scienziati al termine si può trovare negli esperimenti che Baker realizzò dal 1894 al 1898 per chiarire il ruolo dell'acqua nelle reazioni chimiche. Baker trovò che gran parte delle reazioni in cui è coinvolto un gas non avvengono se il gas è stato essiccato a fondo e l'ambiente è mantenuto anidro. Così trovò che acido cloridrico e ammoniaca non si combinano se perfettamente secchi e che il cloruro di ammonio può passare allo stato di vapore senza decomporre (21). Non appena si introducono minutissime tracce di acqua nel sistema, la reazione procede normalmente e il volume o la pressione raddoppiano istantaneamente. Cosa avrebbero potuto dire Deville e Berthelot di fronte a questa evidenza? Forse sarebbero riusciti a trovare altri argomenti.

BIBLIOGRAFIA.

- (1) H. SAINTE-CLAIRE DEVILLE: "De la dissociation ou decomposition spontanée des corps sous l'influence de la chaleur" Comptes rendus 45 857-861 (1857).
- (2) H. SAINTE-CLAIRE DEVILLE: "De la dissociation de l'acide carbonique et des densités des vapeurs" Comptes rendus 56 729-733 (1863).
- (3) L. PEBAL: "Preuve expérimentale en faveur de la dissociation du sel ammoniac en acide chlorhydrique et en ammoniaque, au moment du passage à l'état de vapeur" Ann. Chim. Phys. 67 93-96 (1862).
- (4) J.-A. WANKLYN, J. ROBINSON "Sur la diffusion des vapeurs, comme moyen de distinguer entre les densités de vapeur apparentes et les densités de vapeur réelles" Comptes rendus 56 547-549 (1863).
- (5) H. SAINTE-CLAIRE DEVILLE nota all'articolo di Troost (ref.15) Comptes rendus 84 711-713 (1877) (la citazione è a pag. 713).
- (6) J. -L. GAY-LUSSAC: "Sur la combinaison des substances gazeuse les unes avec les autres" Mém. Soc. Arcueil 2 207-234 (1809).
- (7) S. CANNIZZARO: commento all'articolo di Deville (ref. 1) Nuovo Cimento 6 428-430 (1857).
- (8) A. CAHOURS: "Recherches sur la densité de vapeur de l'acide acétique à diverses températures" Comptes rendus 19 771-773 (1844).
- (9) A. CAHOURS: "Recherches sur la densité de vapeur du perchlore de phosphore" Comptes rendus 21 625-629 (1845).
- (10) A. CAHOURS: "Sur la constitution du perchlore de phosphore et de ses dérivés" Ann.Chim.Phys. 20 369-378 (1847).
- (11) A.CAHOURS: "Recherches sur les densités de vapeur anormales" Comptes rendus 56 900-906 (1863).
- (12) S. CANNIZZARO: "Sulla spiegazione di alcune insolite condensazioni di vapori" Nuovo Cimento 7 375-378(1858) in questo articolo C. rivendica la priorità per quanto riguarda l'ipotesi della dissociazione come spiegazione dei valori troppo alti dei volumi equivalenti. Successivamente chiarisce (N.C. 8 71-72) come Piria non avesse inviato copia del suo articolo a Kopp e quindi come questo non l'avesse citato nel suo articolo di circa tre mesi dopo.
- (13)J.-A. WANKLYN, J. ROBINSON: "Sur les densités de vapeur de certains corps" Comptes rendus 56 1237-1239 (1863).
- (14)A. WURTZ: "An introduction to Chemical Philosophy, according to the Modern Theories" Chem. News 265-66;277 (1865)
- (15) L. TROOST: "Nouvelle méthode pour établir l'équivalent en volumes des substances vaporisables" Comptes rendus 84 708-711 (1877)
- (16) A. WURTZ: "Recherches sur la loi d'Avogadro et d'Ampere" Comptes rendus 84 977-983 (1877).
- (17) H. SAINTE-CLAIRE DEVILLE: "Sur la loi des volumes de Gay-Lussac" Comptes rendus 84 1108-1112 (1877).
- (18) A. WURTZ: "Sur la loi des volumes de Gay-Lussac; réponse à M. H. Sainte-Claire Deville" Comptes rendus 84 1183-1189 (1877)

- (19) M. BERTHELOT: "Réponse à la Note de M. Wurtz, relative à la loi d'Avogadro et à la théorie atomique" Comptes rendus 84 1189-1195 (1877).
- (20) M. BERTHELOT: "Atomes et équivalents" Comptes rendus 84 1269-1274 (1877).
- (21) H.B. BAKER: "Influence of Moisture on Chemical Change" Trans. Chem. Soc. 65 611-624 (1894).

Riconoscimenti. Si ringrazia il Laboratorio Didattica delle Scienze della Facoltà di S.M.F.N. dell'Università di Roma per il finanziamento di questa ricerca.

Paola Antoniotti (*)

LE ACQUE POTABILI A TORINO, TECNICI VS. POLITICI
(1880-1900)

Nell'ambito di una ricerca più vasta sul controllo igienico-sanitario a Torino tra la fine del secolo scorso e l'inizio del nuovo secolo, si inserisce il problema dell'acqua potabile poichè l'acqua è veramente indispensabile alla vita dell'uomo e dalla qualità dell'acqua è possibile capire la coscienza igienica del tempo.

Altri paesi europei quali Inghilterra, Francia e Germania già da diversi anni avevano preso coscienza dell'importanza dell'acqua nell'igiene pubblica, di come l'acqua fosse il mezzo di maggiore diffusione di malattie infettive quali tifo e colera e come la costruzione di acquedotti, che fornissero acque buone, fosse la via più semplice per eliminare definitivamente tali malattie.

Per quanto riguarda la città di Torino la documentazione esistente nell'Archivio Storico Municipale, che parte dal 1880 circa, ci indica lo inizio dell'attenzione al problema dell'acqua potabile. La necessità di dotare Torino di un acquedotto municipale era sentita da tempo e si andava accentuando col passare degli anni a causa delle inadempienze contrattuali della Società privata che forniva acqua potabile a Torino.

Questa Società Anonima, costituita nel 1852, dopo sette anni terminò i lavori di costruzione dell'acquedotto che portava a Torino le acque di Val Sangone. La quantità di acqua fornita era in media di 100 litri al secondo che corrispondevano a 28-30 litri al giorno per abitante. Già

(*) I.T.I.S. "E. Maiorana", Grugliasco (Torino)

nel 1880 si discuteva in Consiglio Comunale sul fatto che almeno nella stagione invernale la Società ricorreva all'immissione di acque superficiali.

A partire dal 1881, con l'istituzione del laboratorio chimico municipale iniziarono i controlli saltuari sull'acqua potabile; si trattava inizialmente di controlli basati sul grado di limpidezza, colore, odore e sapore a cui seguivano, nel caso in cui si fossero constatate delle alterazioni, analisi chimiche più dettagliate. Negli anni seguenti le analisi divennero sempre più frequenti fino ad arrivare ad essere quotidiane. La potabilità di un'acqua dipendeva soprattutto dalla quantità di materia organica presente, di ammoniaca, di nitrati e nitriti. Un'elevata quantità di queste sostanze rendeva un'acqua sospetta poiché l'azoto indicava sempre la presenza di sostanze organiche di origine animale o vegetale.

Nella tabella seguente è riportata un'analisi dell'acqua della condotta di Torino eseguita dal laboratorio chimico municipale. L'acqua fornita dalla Società appare perfettamente conforme ai criteri di potabilità del tempo, con delle notevoli caratteristiche di leggerezza. Venivano però completamente trascurate le ricerche dei metalli, delle sostanze coloranti o di altre sostanze organiche che potevano derivare dagli scarichi delle industrie esistenti nella zona.

I tecnici di allora erano a conoscenza del fatto che tutte le industrie della Val Sangone scaricavano i loro rifiuti nel fiume e nei torrenti vicini, ma non immaginavano i pericoli che potevano derivare da questo tipo di inquinamento, forse più preoccupati di altri pericoli come ad esempio la presenza di batteri patogeni. Infatti la potabilità di un'acqua non era stabilita solo attraverso l'analisi chimica, ma una parte importante spettava anche all'esame batteriologico.

Il procedimento con cui veniva eseguita questa analisi consisteva essenzialmente nel mescolare un campione di acqua con una gelatina appositamente preparata e sterilizzata e nel tenerlo a temperatura costante per un certo periodo di tempo; dopo di che veniva eseguito il conteggio delle colonie di germi sviluppate. I risultati di queste analisi erano esclusivamente quantitativi, molto più difficile era un'analisi qualitativa dei batteri presenti nelle acque dato che le ricerche in quel campo erano solo agli inizi. Individuare germi del tifo o del colera era molto difficile, infatti dalle analisi esaminate risulta che non era mai stata individuata la presenza di questi batteri nell'acqua di Torino, nonostante vi fossero state in quel periodo diverse epidemie di tifo. L'unico criterio per stabilire la presenza di germi patogeni si basava sulla individuazione nel campione esaminato di batteri che liquefacessero la gelatina di coltura; a questi batteri veniva attribuito un carattere di maggiore pericolosità. Naturalmente si trattava di un criterio che attualmente non ha più alcun valore.

Come abbiamo detto all'inizio, il laboratorio chimico e quello batteriologico erano sorti da pochi anni e all'interno di questi laboratori non vi lavoravano più di una decina di persone con incarichi molteplici e con il compito di vigilare sulla salute di più di 250.000 abitanti. Queste persone, fra le quali il chimico Giovanni Musso, il batteriologo

ANALISI CHIMICA ESEGUITA DAL LABORATORIO CHIMICO
DELL'UFFICIO D'IGIENE (NOVEMBRE 1889)

	mg/l
Residuo solido a 100°	81
Residuo solido a 180°	78
Residuo solido al rosso debole	68
Materie organiche e volatili	10
Cloro	0,99
Azoto Nitrati	0,83
Azoto Ammoniacale	0,006
Azoto delle materie organiche	0,019
Anidride Fosforica	0,013

Francesco Abba, con a capo il direttore dell'Ufficio d'Igiene Candido Ramello, dovevano combattere contro la Società Anonima che forniva a Torino regolarmente acqua di cattiva qualità, a causa soprattutto delle caratteristiche dell'acquedotto, costituito essenzialmente di gallerie in murature permeabili che attraversavano terreni anch'essi permeabili. Esse permettevano quindi all'acqua piovana di trasportare nelle gallerie tutte le impurezze dei terreni coltivati e concimati anche con escrementi umani, come è dimostrato da una lettera di denuncia reperita nell'archivio (6 dicembre 1898). L'acqua risultava anche inquinata perchè nei periodi di siccità la Società immetteva nelle gallerie le acque del Sangone e dei torrenti vicini.

Più volte il direttore dell'Ufficio d'Igiene, Ramello denunciò alla autorità giudiziaria questo fatto come una violazione di articoli del Codice Penale, ma queste denunce si tradussero sempre in semplici contravvenzioni alla Legge Sanitaria. Esistevano prove certe dell'immissione di acque superficiali nella condotta e che i terreni sui quali venivano sparse erano concimati e coltivati. Vi fu anche al processo la testimonianza del Prof. Guareschi che studiò a lungo la zona e dichiarò che in quella zona vivevano ben 15.000 persone le quali buttavano regolarmente i loro rifiuti nel Sangone e nei rigognoli che lo alimentavano, e che le lavandaie lavavano i panni sporchi nel torrente. Esistevano inoltre nella zona numerose industrie (tintorie, tessiture, cantiere) che scaricavano i residui delle diverse lavorazioni direttamente nel Sangone.

La controparte si difendeva dichiarando che non esistevano prove certe che l'acqua fornita dalla Società avesse causato danni alla popolazione; anzi le statistiche sulla mortalità e sugli ammalati di tifo in quel periodo davano come risultati un numero di ammalati addirittura inferiore alla media. Bisogna dire che le statistiche, come affermò lo stes-

so Abba in un suo lavoro, si basavano sul numero di casi denunciati dagli Ufficiali Sanitari e spesso accadeva che la maggior parte dei casi non venissero denunciati; la gente si ammalava e moriva o guariva senza l'intervento del medico. Queste statistiche non costituivano certo una prova. Nonostante ciò il primo processo si concluse nel 1894 con la sentenza del Pretore che dichiarava che: "Anche se non è stato posto in dubbio da nessuno, nè dai testi di accusa, nè da quelli della difesa che la acqua immessa nella condotta riceve i rifiuti animali e industriali ed è il lavatoio abituale di una intera popolazione, non vi sono però prove certe che quest'acqua ha causato danni alla popolazione". Condannava quindi il direttore della Società al pagamento di una multa di L. 200, cifra peraltro irrisoria! In un secondo processo il direttore fu assolto per insufficienza di prove.

L'Amministrazione pubblica, che già da parecchi anni si era resa conto della necessità di fornire a Torino una quantità di acqua sufficiente alle esigenze delle città, aveva nominato una commissione tecnica incaricata di studiare la questione; a questa commissione nominata già nel 1857 ne erano successe molte altre senza risolvere però il problema.

La situazione diventò ancora più complessa quando la Società attivò il nuovo impianto di Millefonti, in parte per risolvere il problema della mancanza di acqua, e in parte per tranquillizzare l'Amministrazione Pubblica. Si trattava di un'acqua peggiore di quella del Sangone almeno dal punto di vista chimico, perchè molto dura, con un alto contenuto di carbonato e di solfato. Dal punto di vista batteriologico invece era meno sospetta di quella della condotta. L'effetto ottenuto dalla Società non fu assolutamente quello di tranquillizzare nè l'Amministrazione pubblica, nè la popolazione, ma riuscì solo a far sorgere lamentele anche da parte degli industriali costretti ad utilizzare un'acqua dura che creava problemi sia nelle lavorazioni che nel funzionamento delle macchine a vapore.

I giornali dell'epoca, fra i quali per primo la Gazzetta del Popolo, pubblicavano, quasi quotidianamente articoli riguardanti l'acqua potabile; comparivano anche lettere dei cittadini che si lamentavano della situazione e lettere scritte dai tecnici per informare la popolazione sui pericoli che correva. Nella Gazzetta del Popolo del 27-28 marzo 1893 viene pubblicata una lettera, del batteriologo dell'Ufficio d'Igiene Bordoni - Uffreduzzi, nella quale egli denuncia tutti i pericoli che possono derivare dall'utilizzazione di acque superficiali, forse maggiori di quelli derivanti dalla mancanza di acqua. Sulla Gazzetta del Popolo del 4-5 aprile 1893 compare come risposta a questa lettera una dichiarazione dell'assessore Mosca fatta in una seduta del Consiglio Comunale. "I guai maggiori vengono dalla fede cieca che si concede ai batteriologi. Deplorea la chiusura di alcuni pozzi in periferia. Deplorea che un impiegato municipale faccia pubblicazioni sui giornali popolari poichè non tutto quello che si dice in cattedra si può stampare! Vuole che si dichiari che Torino è una città salubre!".

I tecnici e gli igienisti dovevano quindi non solo combattere contro la Società fornitrice di acqua, preoccupata esclusivamente del proprio guadagno, ma anche contro alcuni politici allarmati dalle conseguen-

ze amministrative delle azioni promosse dai tecnici, e attenti più a risolvere il problema della mancanza di acqua che quello della sua qualità.

Nella Gazzetta del Popolo del 6-7 aprile 1893 viene pubblicato il resoconto di una seduta del Consiglio Comunale dove si discute la proposta di una nuova condotta da Cafasse: "Nonostante l'acqua di quelle sorgenti non sia di qualità eccellente molti assessori sono favorevoli a questa concessione; per quanto riguarda la qualità non si preoccupano molto poichè anche gli igienisti non hanno pareri concordi, l'importante è avere dell'acqua poichè Torino non ha soldi per grandi condotte! Batteriologi e igienisti vengono dichiarati flagello dell'umanità che limitano il diritto di vivere a loro modo!". Nonostante le opposizioni e le difficoltà i tecnici e gli igienisti continuavano il loro lavoro e fra questi abbiamo già citato il batteriologo Francesco Abba che riuscì ad argomentare l'esistenza di un rapporto tra lo sviluppo di epidemie di tifo e il contenuto batterico dell'acqua.

Bisogna dire però che non tutti i tecnici erano schierati dalla stessa parte. Persone come Abba, Musso e Ramello sia attraverso la loro opera che attraverso quello che pubblicavano, appartenevano alla categoria di persone che riteneva che il progresso scientifico fosse anche progresso sociale.

Anche i politici non erano tutti insensibili ad un così pressante problema igienico; regolarmente in Consiglio Comunale venivano rivolte interpellanze sulla questione dell'acqua potabile. Vi furono anche diverse proposte di progetti da parte di privati (laghi di Avigliana, fonti di S. Ambrogio e di Cafasse). Tutti questi progetti però per qualche ragione fallirono o perchè non si riusciva a costituire la Società, o perchè non trovavano i capitali necessari per intraprendere i lavori. Solo dopo molti anni il Municipio si rese conto che per avere un nuovo acquedotto doveva intervenire direttamente, poichè un privato non poteva sostenere le opposizioni e, in seguito, la concorrenza della Società già esistente.

La commissione nominata appositamente aveva indicato come soluzione possibile le sorgenti del Piano della Mussa. Furono ancora una volta i tecnici dell'Ufficio d'Igiene che avendo constatato la presenza di queste acque ne acquistarono subito le sorgenti nel 1896, per rivenderle al Municipio al prezzo di costo ed evitare così ogni speculazione. Il problema più grosso per la realizzazione del nuovo acquedotto era quello del costo del progetto, problema che fece sì che l'approvazione andasse avanti lentamente fino alla seduta del Consiglio Comunale dell'11 gennaio 1905. I lavori di costruzione dell'acquedotto ebbero termine e l'acqua del Piano della Mussa venne immessa in Torino solo nel 1922.

Questo lavoro è stato finanziato con il contributo per la Ricerca sanitaria finalizzata 85/83 della Regione Piemonte, responsabile L. Cerruti, Istituto di Chimica fisica dell'Università di Torino.

S.Nunziante Cesàro* e E.Torracca**

CORRELAZIONI TRA PROPRIETA' FISICHE E STRUTTURA DELLE MOLECOLE:
LE ORIGINI DELLA SPETTROSCOPIA NELL'INFRAROSSO.

Riassunto

A partire dalla scoperta dell'infrarosso, attraverso le tappe che hanno portato a chiarire la natura e le proprietà di questa radiazione, vengono ricostruite le fasi iniziali della correlazione fra dati spettroscopici e costituzione molecolare, come è stata realizzata nel periodo che va dagli anni '80 del secolo scorso alla prima decade di questo.

I "raggi invisibili che generano calore": la scoperta (1800)

" In svariati esperimenti che ho fatto di quando in quando, riguardanti il metodo per osservare il sole con grandi telescopi nel modo migliore, feci uso di varie combinazioni di vetri oscuranti differentemente colorati. Ciò che apparve degno di nota fu che quando ne usavo certi provavo una sensazione di calore sebbene passasse poca luce, mentre altri mi davano molta luce con quasi nessuna sensazione di calore" (ref.1 pag.256).

Questa osservazione riportata da Wilhelm Herschel nel suo articolo del 1800 è il punto di partenza di una serie di esperimenti che l'astronomo inglese effettuò per verificare l'ipotesi che " il potere di riscaldare e di illuminare gli oggetti potrebbe non essere ugualmente distribuito tra i raggi diversamente colorati" (ref.1 pag.255).

Questa indagine lo portò a concludere che "il massimo di illuminazione ha poco più che la metà del calore dei raggi rossi" e che il massimo del calore " forse si trova persino un po' oltre la rifrazione visibile". In questo caso "il calore radiante consisterebbe se non completamente, almeno in parte di luce, se mi si permette l'espressione, invisibile". I risultati di una serie di più di duecento esperimenti, alcuni dei quali ingegnosissimi, riportati in due articoli successivi (2,3) gli permisero di individuare il massimo potere riscaldante in una regione al di là del rosso visibile (vedi figura) e di stabilire una serie di proprietà dei "raggi invisibili che generano calore".

* C.S. di Termodinamica Chimica alle Alte Temperature del C.N.R.

c/o Dipartimento di Chimica

**Dipartimento di Chimica

Università "La Sapienza" Roma

I titoli degli articoli sono indicativi del problema posto da Herschel, che verrà risolto circa quaranta anni dopo, quando sarà possibile dimostrare che i "raggi che generano luce" e i "raggi che generano calore" sono della stessa natura. E' da notare che la conclusione di Herschel fu opposta a questa, a causa della non coincidenza dei massimi trovati: "Come possono effetti così opposti essere assegnati alla stessa causa? Prima si ha calore senza luce, poi il calore diminuisce e la luce aumenta, poi di nuovo il calore diminuisce e la luce decresce. Quale modificazione possiamo pensare di sovrapporre al potere di generare calore che produca risultati così incoerenti?" (ref.3 pag.508).

Da questi esperimenti nei quali la sorgente era il sole, una candela o una stufa, il rivelatore un termometro, fino al lavoro in cui vengono riportati veri e propri spettri nell'infrarosso di sostanze organiche (4) passano ottantuno anni.

L'indagine del Capitano Abney e del Tenente Colonnello Festing è centrata non tanto sulla natura della radiazione, ma su come questa viene assorbita da sostanze che sono considerate diverse per la loro costituzione molecolare. Prima di potere utilizzare la scoperta di Herschel per questo tipo di indagine, quindi, deve essere stata fatta sufficiente chiarezza sia sulla natura della radiazione utilizzata che sulla costituzione strutturale delle molecole. Non ci soffermeremo qui sul mirabile intreccio tra fatti sperimentali e sviluppo teorico che aveva portato i

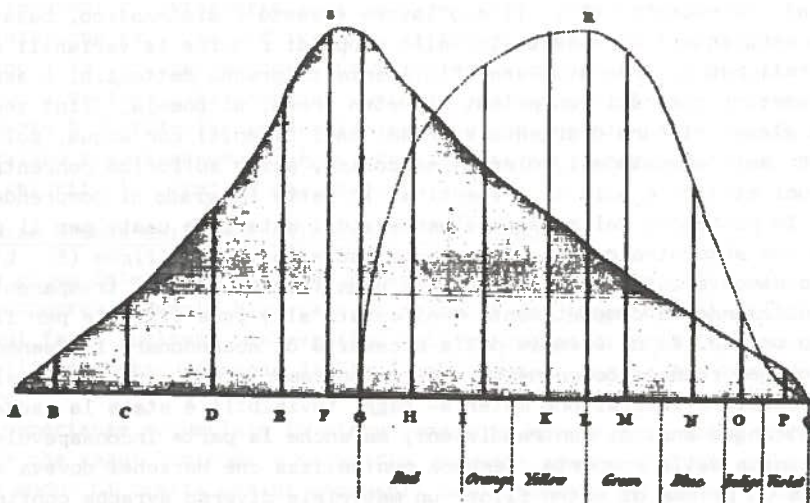


Figura 1. Distribuzione del "potere di illuminare e di scaldare gli oggetti dei colori prismatici." (W.Herschel, ref.3, plate XX, pag.538). Sulle "ascisse", a destra, è riportata la traccia dello spettro ottenuto con un prisma e sulle "ordinate" sono riportati gli incrementi di temperatura (curva S) e i rapporti di luminosità (curva R).

chimici in questo stesso arco di tempo a considerare le molecole come strutture organizzate di atomi, ma prenderemo invece in esame brevemente ciò che era noto sulla radiazione infrarossa nell'ultimo quarto del secolo scorso e come si erano articolati questi elementi di conoscenza.

La "dottrina dei raggi invisibili": oppositori e fautori. (1800-1825)

I risultati di Wilhelm Herschel sono di novità assoluta e contrastano con precedenti misure del potere riscaldante della luce colorata. Già Landriani, infatti, prima del 1777, Rochon nel 1776 e Sénabier nel 1785 avevano esplorato con termometri lo spettro solare. Concordemente avevano concluso che l'estremità rossa dello spettro era più calda della violetta, ma i massimi di temperatura osservati erano discordanti e comunque centrati nel visibile, fra il rosso e il giallo. Anche dopo la pubblicazione dei lavori di Herschel, i tentativi di riprodurre le misure portavano a risultati in disaccordo: mentre da un lato J. Leslie, ad esempio, sosteneva di non osservare variazioni di temperatura dentro e fuori lo spettro, Englefield confermava la posizione del massimo di calore sempre oltre il rosso.

I "raggi invisibili" esistono: Thomas J. Seebeck. (1825)

Se i risultati di così illustri scienziati erano così contraddittori, la causa doveva risiedere nell'apparato sperimentale o nel metodo di indagine. Questa è la convinzione di Thomas Seebeck, che si propone di dirimere i contrasti rivedendo criticamente tutti i dati fino ad allora raccolti (5). Il suo lavoro è vasto e sistematico, basato su una strumentazione essenziale, allo scopo di ridurre le variabili sperimentali per poterne studiare l'influenza in grande dettaglio. L'esame di spettri ottenuti con prismi di vetro crown, di Boemia, flint tedesco e inglese, cloruro d'argento e prismi cavi riempiti con acqua, soluzioni di sali ammoniacali, cloruro mercurico, acido solforico concentrato, alcool etilico e olio di trementina, lo mette in grado di comprendere che la posizione del massimo dipendeva dal materiale usato per il prisma che assorbiva differentemente le radiazioni calorifiche (5). L'equivoco nasceva quindi dal considerare uguali tutti i corpi trasparenti generalizzando un comportamento manifestato alla luce visibile per il nostro occhio. È un esempio della necessità di abbandonare il "senso comune" per rendere comprensibile il comportamento dei corpi materiali. La peculiare interazione materia- raggi invisibili è stata la causa di venticinque anni di contraddizioni, ma anche la parte inconsapevole e fortunata della scoperta; Seebeck puntualizza che Herschel doveva aver usato un prisma di vetro flint: un materiale diverso avrebbe confinato il massimo del calore nello spettro visibile, rinviando la scoperta dei raggi calorifici.

Corpi diafani e corpi diatermani: Macedonio Melloni.

La certezza dell'esistenza dei "raggi invisibili calorifici" apre la strada ad una indagine sistematica sulla loro natura mediante lo studio delle loro proprietà. La loro interazione con i corpi, solidi o liquidi

viene studiata estesamente da Macedonio Melloni cui dobbiamo la classificazione delle sostanze in ordine di trasparenza al calore o "diatermanità", secondo la sua definizione e la evidenza che corpi diafani possono non essere diatermani e viceversa (6,7). Se da un lato queste due proprietà appaiono indipendenti, Melloni stesso e parallelamente James D. Forbes in Inghilterra, affermano che luce visibile e non visibile seguono le stesse regole di riflessione, rifrazione e polarizzazione (8, 9,10).

La natura delle radiazioni calorifiche (1832-1847).

Si fa strada la convinzione di una identità tra onde luminose, calorifiche e "chimiche" (scoperte queste ultime nel 1801 al di là del violetto). Questo è l'implicito assunto di Forbes, più esplicitamente enunciato da Ampère (11) e Melloni (12). Il primo dichiara: " E' alle vibrazioni molecolari e alla loro propagazione nei mezzi circostanti che attribuisco i fenomeni del suono; è alle vibrazioni atomiche e a loro propagazione nell'etere che attribuisco quelli del calore e della luce" (ref.11 pag.436). Melloni è inizialmente di opinione contrastante (13). Cambia idea pochi anni dopo e si dichiara deciso fautore della teoria delle onde: " La luce, il calore e le reazioni chimiche sono tre manifestazioni delle onde eteree che costituiscono la radiazione solare... differiscono solo per la lunghezza." (ref.12 pag. 454). Una ulteriore conferma viene dal lavoro di H.Fizeau e L.Foucault (14 e 15) che si propongono di investigare " quale sia la distribuzione del calore nei diversi fenomeni di interferenza della luce" (ref.14 pag.447). Mediante termometri che registrano differenze di temperatura di 1/400 di grado, arrivano alla conclusione che " tutti i raggi luminosi che compongono lo spettro calorifico nella regione luminosa come in quella oscura hanno la proprietà di interferire e nella regione luminosa le interferenze si manifestano simultaneamente negli stessi punti per i raggi luminosi e per i calorifici." (ref.15 pag.392).

Lunghezze d'onda dei fasci calorifici (1847-1880)

La prima determinazione è di Fizeau nel 1847 (16), ma molti dati hanno concorso a questo risultato: i principi di interferenza di Fresnel sui fasci luminosi, la verifica dell'esistenza di righe di Fraunhofer nell'infrarosso da parte di Sir John Herschel, figlio del loro scopritore.

Le esperienze accumulate in circa cinquanta anni suggeriscono univocamente che raggi luminosi e calorifici possono essere trattati allo stesso modo. Si tratta ora di separarli completamente per poterli manipolare. Questo è lo scopo che si prefigge James Tyndall (17). I suoi esperimenti hanno lo scopo opposto a quelli di Wilhelm Herschel anche se formalmente analoghi. Conosce tutti gli assorbimenti della atmosfera terrestre e la simula con opportuni filtri ad acqua, scopre l'efficienza dello Iodio disciolto in solfuro di carbonio e l'effetto distruttivo dell'alcool etilico sul fascio "extra-rosso". Poco tempo dopo i suoi filtri diventano l'oggetto stesso dell'indagine e ciò segna l'inizio della spettroscopia di assorbimento.

I primi spettri fotografici di sostanze organiche. (1881)

L'indagine intrapresa da Abney e Festing (4) sull'assorbimento selettivo di composti organici " alla estremità meno rifrangibile dello spettro" trae origine da due osservazioni. La prima riguarda gli studi di Tyndall sull'assorbimento della radiazione infrarossa da parte di alcuni composti organici. Questi davano informazioni solo sul cosiddetto assorbimento continuo, registravano cioè solo la diminuzione di intensità di una radiazione composita, ma mostravano che si aveva interazione radiazione-materia nell'infrarosso come nelle altre regioni dello spettro. La seconda riguarda l'esame dei dati riportati da Hartley e Huntingdon qualche anno prima dai quali appare che differenze significative nell'assorbimento della luce visibile si hanno essenzialmente nella zona del rosso.

La speranza che si avessero quindi significative differenze nell'assorbimento selettivo di radiazione infrarossa da parte dei composti organici era giustificata e la loro aspettativa non andò delusa. I risultati ottenuti per 52 composti indicano "senza molto dubbio" che le sostanze esaminate possono essere divise in gruppi secondo i loro spettri di assorbimento; inoltre, ciò che è più significativo, "tale divisione in gruppi, almeno per l'esame che ne abbiamo fatto, si accorda totalmente con quella adottata dai chimici" (ref.4 pag.888). Essi si rendono conto che "sarebbe tuttavia prematuro fare deduzioni generali dal momento che il terreno da coprire è coestensivo con i composti stessi" (ref.4 pag. 888) e che i composti esaminati, anche se rappresentativi non sono in numero tale da giustificare conclusioni generali.

E' chiaro il loro modo di procedere: classificare il comportamento ottico delle sostanze esaminate attraverso un confronto degli spettri ottenuti e mettere in relazione le caratteristiche spettrali delle sostanze con le caratteristiche delle molecole. Lo stesso modello che era stato elaborato per rendere conto del comportamento chimico delle sostanze può così essere utilizzato per comprendere le regolarità osservate nel comportamento ottico. La correlazione stabilita tra raggruppamenti di atomi e gruppi di righe offre nuovi punti di vista sia sulla costituzione delle specie molecolari che sul loro riconoscimento.".. ci azzardiamo a pensare che i risultati da noi ottenuti proveranno che questi assorbimenti permettono di guardare più a fondo la costituzione molecolare di tali corpi. Forse siamo troppo arditi ma non lo crediamo. Ci sembra che gli spettri lascino da leggere caratteri definiti come quelli che si trovano nei geroglifici e ci azzardiamo a pensare che noi abbiamo dato una traccia per poterli decifrare." (ref.4 pag.897). Le ricorrenze trovate risultano così nette che vengono fatte le prime assegnazioni. Così "se un corpo presenta una riga a $740 \text{ m}\mu$ e una banda compresa tra 892 e $920 \text{ m}\mu$ possiamo essere sicuri che è presente un radicale etile" (ref.4 pag. 896). Analogamente viene attribuita alla presenza di atomi di idrogeno nella molecola una serie di righe che appaiono negli spettri di varie sostanze.

Dalla lettura dell'articolo appare evidente che la loro interpretazione degli spettri, ovvero la loro risposta al problema di connettere righe o bande di assorbimento a qualche caratteristica microscopica è condizionata dal tipo di immagine molecolare che hanno presente. Poi-

chè le molecole sono essenzialmente viste come aggregati di atomi o di radicali essi tendono ad attribuire ai singoli atomi o radicali certe ricorrenze negli spettri. E' significativo, a questo proposito come vengono indicate le sostanze esaminate: di esse viene dato solo il nome e non ne viene rappresentata la struttura come in articoli posteriori di altri autori.

Comportamento ottico e modello microscopico.

Negli anni successivi furono raccolti numerosi dati sperimentali che permisero di chiarire ulteriormente la natura della interazione radiazione-materia in questa regione dello spettro. In particolare fu stabilito che l'assorbimento delle "onde di calore" era una proprietà molecolare dipendente dalla struttura delle molecole stesse. Questa convinzione si fondava su una serie di correlazioni delle quali le più significative sono riportate nello schema seguente.

Gli spettri non dipendono dallo stato di aggregazione delle sostanze. (Angstrom, 1890 su etere, benzene, solfuro di carbonio)

Gli assorbimenti sono da attribuire alle molecole e non alle interazioni fra queste.

Gli spettri di composti con stessi elementi sono diversi. (Angstrom, 1890 su CO e CO₂)

Gli assorbimenti non sono da connettere ai singoli atomi.

Gli spettri dei composti non sono riconducibili a quelli degli elementi. (Julius, 1892 su composti clorurati contro cloro e composti organici contro diamante).

L'assorbimento non è una proprietà "additiva" ma "costitutiva" delle molecole (al contrario di quanto era stato constatato, ad esempio, per la spettroscopia di fiamma).

Sostanze isomere danno spettri diversi (Julius, 1892 su 20 composti organici).

Uno stesso elemento dà assorbimenti diversi secondo il gruppo in cui si trova. (Zsigmondy, 1896 su azoto di gruppi -NH₂ e -NO₂).

Gli assorbimenti non sono da connettere ai singoli atomi ma alle loro situazioni di legame.

Gli spettri di composti analoghi per costituzione mostrano bande d'assorbimento comuni (Ramsohoff, 1896 su H₂O e alcoli).

Si può assegnare una frequenza caratteristica a particolari gruppi di atomi.

Frequenze e vibrazioni intramolecolari: le prime assegnazioni.

Altri dati utilizzabili nella correlazione tra bande di assorbimento e caratteristiche molecolari vengono raccolti da Luigi Puccianti nel 1900 e pubblicati ne "Il Nuovo Cimento". (18). Attraverso una analisi comparata di composti della serie del benzene e della serie alifatica

per i quali registra un massimo comune di assorbimento a 1.71μ , è portato a concludere che, non essendovi tra questi composti gruppi di atomi in comune, l'assorbimento è dovuto al gruppo C-H: "La coincidenza non si può adunque spiegare colla presenza di un gruppo a comune. Essa non può essere attribuita nemmeno al solo carbonio o al solo idrogeno, ma deve essere attribuita invece a carbonio in unione con idrogeno. Il che dimostra come, almeno in questo caso, giovi prescindere dai gruppi."

Un ulteriore passo avanti nel problema delle assegnazioni è compiuto da Coblenz che, nel 1905, esamina circa 150 sostanze organiche. Il suo metodo di indagine è molto semplice: studiare composti isomeri "in modo da essere certi che il fenomeno sia intramolecolare e quindi tentare di localizzare il particolare gruppo di atomi che si sospetta causi il disturbo." (ref.19 pag.117) Nel caso si riscontrino spettri molto simili le differenze cercate si manifestano spingendosi nel lontano (fino a 15μ) infrarosso. Una osservazione molto importante per gli sviluppi posteriori è riportata a proposito dell'estere fenilico dell'acido isotiocianico C_6H_5NCS per il quale sono evidenti la banda a 3.25μ tipica, insieme ad altre presenti, del benzene e quella a 4.8μ tipica degli olii di mostarda "proprio come se gli ioni CH e CS vibrassero l'uno accanto all'altro ma indipendentemente l'uno dall'altro." (ref.19 pag.101). *

Un esempio delle possibilità offerte da questo tipo di indagine è nella grande differenza di comportamento che si riscontra tra composti isomeri della serie del benzene e della serie alifatica. "Se non avessimo nessuna conoscenza della chimica organica l'evidenza presentata qui sarebbe sufficiente a concludere che abbiamo a che fare con due classi distinte di composti." (ref.19 pag 101). Il comportamento chimico trova quindi una inequivocabile corrispondenza nel comportamento ottico. Numerosi esempi mostrano "molto chiaramente la notevole influenza dell'arrangiamento dell'atomo chimico nella molecola sullo spettro di assorbimento risultante." La connessione tra i due ordini di fatti è molto netta: "Così le bande a 2.95μ e il gruppo OH sono caratteristiche degli alcoli, mentre la banda a 4.78μ e il radicale -NCS sono caratteristici degli olii di mostarda." (ref.19 pag.111). Inoltre Coblenz stabilisce che il fattore determinante è la struttura e non la configurazione della molecola in quanto trova che antipodi ottici della stessa

* E' degno di nota l'uso del termine ione da parte di Coblenz per indicare un gruppo ristretto di atomi. In realtà Coblenz non sa a quali caratteristiche microscopiche vadano connesse le bande osservate nei vari composti. Poco più avanti egli dice che "c'è qualcosa, chiamiamola 'particella', 'gruppo di atomi' 'ione' o 'nucleo' in comune con molti composti studiati che dà luogo a bande di assorbimento caratteristiche dei grandi gruppi dei composti organici, ma non sappiamo cosa sia questo 'qualcosa'." (ref.19 pag.117). E' probabile che il termine ione non indichi per Coblenz una particella elettricamente carica, ma venga utilizzato per sottolineare il carattere di indipendenza dei gruppi CH e CNS per quanto riguarda l'assorbimento.

sostanza hanno spettri di assorbimento identici.

Malgrado la attendibilità delle conclusioni raggiunte da Coblentz re-
gna ancora una certa confusione tra i vari autori per quanto riguarda
la interpretazione dei dati che sono sempre più numerosi. W.Weniger, nel
1910 si propone di fare ordine cercando una possibile relazione sistema-
tica fra spettri di assorbimento e costituzione chimica " assumendo, come
è abitudine assumere che somiglianze nella costituzione chimica cau-
sino somiglianze nelle proprietà fisiche." (ref.20 pag.388). Analizza
pertanto una quarantina di composti organici, alcoli, acidi ed esteri,
scelti in modo tale da poter confrontare le proprietà di composti omolo-
ghi di una serie con quelle di composti di altre serie. Confrontando
gli spettri di assorbimento degli alcoli primari, secondari e terziari,
Weniger nota uno spostamento nelle bande attribuite al gruppo-OH.Poi-
chè le specie molecolari corrispondenti hanno strutture che differi-
scono solo per il fatto che lo stesso gruppo è legato ad un atomo di car-
bonio con più o meno atomi di idrogeno, Weniger attribuisce lo shift os-
servato alla influenza della differente situazione di legame sul compor-
tamento spettroscopico del gruppo-OH.L'esame di composti scelti in mo-
do da avere minime differenze strutturali gli permette così di rendere
più dettagliata la descrizione a livello microscopico: viene così ad as-
sumere significato anche ciò che non dà direttamente un segnale (l'in-
torno chimico) ma il cui effetto è riscontrabile sul segnale.

Conclusioni

Gli spettri di assorbimento nell'infrarosso di sostanze organiche
avrebbero potuto essere tecnicamente ottenuti molto prima del 1881,*
ma sarebbe mancata la chiave di lettura per poter andare oltre la sem-
plice constatazione di identità e di differenze nel comportamento otti-
co. Il contesto teorico che ha permesso la lettura dei dati è fornito
per intero dalla concezione di struttura molecolare messa a punto dai
chimici nello studio delle trasformazioni delle sostanze.

La connessione tra assorbimenti di radiazione e interazioni intramo-
lecolari viene attuata basandosi su un esame comparato del comportamento
ottico di sostanze opportunamente scelte. La selezione di queste, mo-
mento cruciale per quanto riguarda la possibilità di lettura dei dati è
fatta in modo da avere a disposizione identità e differenze nelle strut-
ture. La comparsa o scomparsa di una banda di assorbimento può allora
essere messa in relazione con la presenza o assenza di un certo grup-
po di atomi; lo spostamento di una banda con una variazione nella si-
tuazione al contorno di quel gruppo; è soltanto mediante questa ope-
razione di correlazione che lo studio degli spettri di assorbimento
può acquistare significato. I risultati ottenuti in questa prima fase
sono stati successivamente elaborati in un modello teorico che a partire
dal 1911, ha permesso il calcolo dei parametri molecolari nell'ambito
della teoria dei quanti (21,22,23).

* I rivelatori usati da Puccianti o da Coblentz erano noti sin dal 1829
e il tipo di ottica da usare era ricavabile dai lavori di M.Melloni.

BIBLIOGRAFIA

- (1) F.W.HERSCHEL: "Investigation of the powers of the Prismatic Colours to heat and illuminate Objects: with Remarks, that prove the different Refrangibility of radiant Heat. To which is added, an Inquiry into the method of viewing the Sun advantageously with Telescopes of large Apertures and high magnifying Powers." Phil.Trans. 90,255-283 (1800).
- (2) F.W.HERSCHEL: "Experiments on the Refrangibility of the invisible Rays of the Sun." Phil.Trans. 90,284-292 (1800).
- (3) F.W.HERSCHEL: "Experiments on the solar and on terrestrial Rays that occasion Heat; with a comparative View of the Laws to which Light and Heat, or rather the Rays which occasion them, are subject, in order to determinate whether they are the same or different." Phil.Trans. 90, 293-362;437-538 (1800).
- (4) ABNEY and FESTING : " On the influence of the atomic groupings in the molecules of organic bodies on their absorption in the infra-red region of the spectrum." Phil.Trans. 172, 887-918 (1881).
- (5) T.J.SEEBECK: "On the unequal Evolution of Heat in the Prismatic Spectrum." Phil.Mag. 60, 330-343;445-455 (1825).
- (6) M.MELLONI: "Mémoire sur la Transmission libre de la Chaleur rayonnante par différent Corps solides et liquides." Ann. Chim.Phys. 53,5-73 (1833).
- (7) M.MELLONI: "Nouvelles Recherches sur la Transmission immédiate de la Chaleur rayonnante par différent Corps solides et liquides." Ann.Chim.Phys. 55, 337-397 (1834).
- (8) M.MELLONI: "Note sur la Réflexion de la Chaleur rayonnante." Ann. Chim.Phys. 60, 402-409 (1835).
- (9) M.MELLONI: "Mémoire sur la Polarization de la Chaleur." Ann.Chim. Phys. 61,375-410 (1836); 65,5-68 (1837).
- (10) J.D.FORBES: " On the Refraction and Polarization of Heat." Phil. Mag. Ser.3,6,134-142;205-371 (1835).
- (11) A.AMPERE: "Note sur la Chaleur et sur la Lumière considérées comme resultant de mouvements vibratoires." Ann.Chim.Phys. 58, 432-444 (1835).
- (12) M.MELLONI: "Sur l'Identité des diverses Radiations lumineuses, calorifiques et chimiques." Comptes Rendus 15,454-460 (1842).
- (13) M.MELLONI: " Observations et Experiences relatives à la Théorie de l'Identité des Agens qui produisent la Lumière et la Chaleur rayonnante." Ann.Chim.Phts. 60,418-431 (1835).
- (14) H.FIZEAU et L.L.FOUCAULT: "Recherches sur les Interférences des rayons calorifiques." Comptes Rendus 25,447-450 (1847).
- (15) H.FIZEAU et L.FOUCAULT: "Recherches sur les Interférences calorifiques." presentato alla Accademia delle Scienze il 27 settembre 1847 e pubblicato su Ann.Chim.Phys.15,363-394 (1878).
- (16) H.FIZEAU: "Longeurs d'ondes des rayons calorifiques." Procès-Verbaux de la Soc.Philom.,p.108,1847. Ristampato su Ann.Chim.Phys. 15,394-396 (1878).

- (17) J.TYNDALL:" On calorescence." Phil.Mag. Ser.4. 31, 386-396 ; 435-451 (1866).
- (18) L.PUCCIANTI:" Spettri di assorbimento di liquidi nell'ultra-rosso." Il Nuovo Cimento,11, 241-279 (1900).
- (19) W.COBLENTZ:" Investigation of infrared spectra." Carnegie Institution of Washington, Pub.n.35, 1905.
- (20) W.WENIGER:"Infra-red absorption spectra."Phys.Rev. 31,388-420 (1910).
- (21) N.BJERRUM:"Über die ultraroten Absorptionsspektren der Gase." Nernst Festschrift, 1912.
- (22) W.NERNST:"Zur Theorie der Spezifischen Wärme and über die Anwendung der Lehre von den Energiequanten auf physikalisch-chemische Fragen überhaupt." Z. f.Elekt. 17,265-275 (1911).
- (23) A.EUCKEN:"Bericht über die Anwendung der Quantenhypothese auf die Rotationsbewegung der Gasmolekule." Jahrb.Radioak. und Elektr.16,361-411 (1919).

N.ROBOTTI (*)

ANALISI SPETTROSCOPICHE E PRIME INDAGINI SULLA STRUTTURA ATOMICA:
INTEGRAZIONE FRA PROBLEMI CHIMICI E PROBLEMI FISICI

Le analisi spettroscopiche hanno rappresentato fin dal loro nascere un forte interesse per lo studio della costituzione della materia. Osservava ad esempio Rydberg nel 1900: "Gli spettri sono il linguaggio degli atomi, ogni elemento parla sempre il suo proprio linguaggio, caratteristico e invariabile, lo stesso sulla terra e sulle stelle più lontane". Queste proprietà, secondo Rydberg, trasformavano l'analisi spettrale in un potentissimo strumento d'indagine sulla costituzione atomica, a cui non si doveva e non si poteva rinunciare. Non a caso è proprio nel tentativo di dare un'interpretazione alla legge di Balmer generalizzata che nascerà nel 1913 la teoria atomica di Bohr per l'atomo di idrogeno, con il conseguente sviluppo della teoria quantistica dell'atomo.

Anche lo stesso concetto di "elettrone" deve in parte la sua origine allo studio degli spettri. In genere la scoperta dell'elettrone viene attribuita esclusivamente ai lavori sperimentali di J.J.Thomson del 1897-1899 sulla scarica nei gas rarefatti e in particolare sulla natura dei "raggi" catodici⁽¹⁾. Attraverso questi lavori, come è noto, Thomson non solo mostrò che i "raggi" catodici erano in realtà costituiti da particelle cariche negativamente, ma di queste ultime misurò il rapporto carica-massa, giungendo così all'individuazione di un primo costituente atomico: l'elettrone. La ricerca e la lettura dei dati di Thomson, tuttavia, fu resa possibile da un contesto teorico e sperimentale all'interno del quale il concetto di

(*) Dipartimento di Fisica, Università di Genova

carica come parte integrante della struttura della materia era già presente.

In questa sede mi interesserò di questo argomento specifico e cercherò di ricostruire lo sviluppo di quelle indagini sulla struttura della materia che portarono già nel 1891, cioè sei anni prima delle misure di Thomson, all'introduzione del concetto di "elettrone" inteso come "carica unitaria" e a una sua stima.

Per fare questo è necessario risalire alle prime indagini condotte da G.J. Stoney dalla seconda metà dell'800 sulla struttura della materia. Già nel 1858 Stoney si era schierato per una concezione molecolare e in particolare per la teoria cinetica dei gas. (2)

L'interesse di Stoney verso la teoria cinetica non derivava soltanto dalla consapevolezza che tale teoria era in grado di dare "informazioni soddisfacenti" attorno alla costituzione dei gas: esso nasceva anche dalla convinzione che tale teoria poteva fornire mezzi interpretativi molto potenti, e utilizzabili nei più disparati campi d'indagine. Di qui il tentativo portato avanti da Stoney a partire dal 1867 (3) di interpretare alla luce della teoria cinetica dei gas gli spettri stellari. Ed è proprio in questo tentativo che Stoney si accorgeva dei limiti insiti in tale teoria e dell'esigenza di superarli.

Rifacendosi ad alcuni lavori di Clausius (4) e di Maxwell (5), Stoney, nel 1868, (6) calcolava la durata del libero cammino medio di una molecola d'aria a pressione atmosferica e a una temperatura di 15°C. Essa risultava pari a 14×10^{-11} sec e cioè superiore al periodo di una riga nel rosso e nello ultravioletto rispettivamente di un fattore 5×10^4 e 10^5 .

Un tale risultato, a parere di Stoney, metteva chiaramente in luce l'impossibilità di attribuire l'emissione spettrale ai moti molecolari previsti e trattati dalla teoria cinetica. Commentava Stoney: "Siamo ora in grado di stabilire che i moti con i quali le molecole si lanciano le une sulle altre non sono in grado di produrre o intercettare luce: essi infatti sono troppo lenti proprio come i moti delle nostre dita o l'oscillare della mano non sono in grado di produrre suoni". Si trattava dunque di trovare un'interpretazione che non si fermasse all'interazione molecola-molecola, ma penetrasse in quel "sistema altamente complesso" che già allora sembrava costituire la molecola stessa. La soluzione data da Stoney (7) consisteva nel considerare ogni molecola "animata da moti interni" e nell'attribuire a tali moti l'emissione spettrale. In particolare Stoney supposeva che tali moti fossero periodici e che i loro periodi coincidessero con i periodi delle righe alle quali essi, agendo sull'etere luminifero, davano origine. Egli comunque non entrava nel merito del soggetto di questi moti e neppure adottava una particolare teoria ondulatoria della luce.

Il problema che Stoney affrontava era invece quello di precisare la relazione di dipendenza tra i "moti interni" alle molecole e le righe di uno stesso spettro. A tal fine egli prendeva in esame (8) un generico moto periodico piano e applicava ad esso lo sviluppo in serie di Fourier. I risultati raggiunti erano i seguenti: un unico "moto interno" poteva dare origine ad una serie di righe spettrali; le frequenze di oscillazione delle righe appartenenti ad una stessa serie risultavano armoniche di una medesima frequenza fondamentale. Attraverso la trattazione di Stoney, dunque, il pro-

blema dell'analisi spettrale veniva ricondotto alla ricerca di uno o più periodi fondamentali di vibrazione e alla identificazione delle armoniche ad essi corrispondenti. Ad esemplificazione della propria teoria, Stoney nel 1870 prendeva in esame le misure di Angstrom relative allo spettro dell'idrogeno. Delle 4 righe che a quel tempo sembrano comporre questo spettro, tre risultavano rispettivamente la 32^a, la 27^a e la 20^a armonica di "una vibrazione fondamentale di periodo $T=4.4 \times 10^{-14}$ sec" "Possiamo pertanto concludere con un buon grado di sicurezza - commentava Stoney - che 4.4×10^{-14} sec è un valore molto prossimo al valore del periodo di uno dei moti interni alle molecole di idrogeno".

La base empirica della teoria di Stoney, comunque, non si fondava soltanto sulle misure di Angstrom relative allo spettro dell'idrogeno. Come Stoney, in collaborazione con il chimico Reynolds, aveva modo di constatare, nel caso dello spettro del vapore di anidride clorocromica, su 106 righe presenti ben 31 risultavano armoniche di uno stesso periodo fondamentale. (9)

Nel 1874 Stoney presentava al Congresso annuale della British Association una comunicazione dal titolo "Le unità fisiche della Natura". (10) Tale comunicazione, che non aveva nulla a che vedere con il problema relativo agli spettri, si voleva inserire in quel processo di revisione delle Unità di misura elettriche apertosi all'interno della British Association intorno al 1860 e conclusosi intorno al 1865 con l'adozione del così detto "sistema delle unità elettriche assolute". Questo sistema si basava su misure meccaniche ed era fondato sulle grandezze fondamentali di tempo, spazio, massa.

Contro una tale scelta si schierava Stoney al Congresso del 1874. L'obiezione che egli muoveva risiedeva nel fatto che il sistema adottato, essendo costruito su grandezze arbitrariamente scelte, quali il tempo, lo spazio, la massa, era "necessariamente un sistema artificiale": soltanto mere esigenze di calcolo, e in particolare le richieste della meccanica, avevano portato a considerare come fondamentali determinate grandezze e come derivate le restanti; nulla, in base alla logica che sottendeva questo tipo di operazione, vietava di invertire la classificazione.

Per Stoney, in quegli anni, lo scopo della scienza doveva essere la ricerca di un rapporto "più stretto con la Natura, come essa è realmente" e da questo punto di vista una soluzione al problema delle unità di misura basata soltanto su criteri pragmatici o convenzionalistici risultava insoddisfacente. Di qui l'esigenza espressa da Stoney con l'intervento del 1874 di ricercare una nuova soluzione che in qualche modo tenesse conto delle eventuali indicazioni provenienti dalla "stessa Natura, presa nella sua globalità". A questo riguardo, secondo Stoney, esistevano già due grandezze che si prestavano ad essere considerate come unità su cui fondare un sistema fondamentale: esse erano la "velocità della luce di Maxwell" e la "costante di gravitazione universale". Ne mancava, comunque, una terza. Ed è proprio nella ricerca di questa nuova grandezza che Stoney giungeva ad una particolare lettura delle leggi di Faraday sull'elettrolisi, individuando in esse la presenza "di una singola definita quantità di elettricità, invariante rispetto al tipo di reazione elettrolitica".

Come è noto Faraday, nel 1834, (11) introducendo metodi quantitativi rigorosi,

giungeva a una prima formulazione delle leggi dell'elettrolisi. Così si esprimeva Faraday: "Il potere chimico di una corrente di elettricità è in proporzione diretta alla quantità assoluta di elettricità che passa. Questo non è semplicemente vero per una sostanza, quale l'acqua, ma per tutti i corpi elettrolitici (I legge) e inoltre i risultati ottenuti per una data sostanza non concordano semplicemente tra loro, ma anche con quelli ottenuti da altre sostanze, il tutto combinandosi in una serie di definite azioni elettrochimiche (II legge)".

Queste "definite azioni elettrochimiche" venivano quantificate da Faraday con l'attribuzione a ogni "ione" di un particolare numero (l'"equivalente elettrochimico") il quale rappresentava la proporzione, rispetto all'idrogeno, in cui tale "ione" veniva sempre liberato, durante ogni processo elettrolitico. Inoltre i valori degli "equivalenti elettrochimici", come Faraday osservava, coincidevano con i valori degli "equivalenti chimici", ossia con le proporzioni, rispetto all'idrogeno, secondo cui le sostanze sembrano combinarsi chimicamente.

In fig. 1 ho riportato la tabella degli equivalenti elettrochimici ricavati da Faraday.

Anions.

Oxygen	8	Cyanogen	26	Phosphoric acid....	35.7	Citric acid	58
Chlorine.....	35.5	Sulphuric acid ...	40	Carbonic acid ...	22	Oxalic acid	36
Iodine	126	Selenic acid	64	Boracic acid	24	Sulphur (?)	16
Bromine.....	78.3	Nitric acid.....	54	Acetic acid.....	51	Selenium (?)	
Fluorine	18.7	Chloric acid	75.5	Tartaric acid	66	Sulpho-cyanogen ..	

Cations.

Hydrogen	1	Tin	57.9	Mercury	200	Strontia	51.8
Potassium	39.2	Lead.....	103.5	Silver	108	Lime.....	28.5
Sodium	23.3	Iron	28	Platina.....	98.6?	Magnesia	20.7
Lithium	10	Copper.....	31.6	Gold.....	(?)	Alumina	(?)
Barium	68.7	Cadmium.....	55.8	-----		Protoxides generally.	
Strontium	43.8	Cerium.....	46	Ammonia	17	Quinia	171.6
Calcium	20.5	Cobalt	29.5	Potassa.....	47.2	Cinchona	160
Magnesium.....	12.7	Nickel	29.5	Soda.....	31.3	Morphia	290
Manganese.....	27.7	Antimony.....	64.6?	Lithia	18	Vegeto-alkalies generally.	
Zinc	32.5	Bismuth	71	Baryta	76.7		

Ai risultati di Faraday si rifaceva direttamente Stoney nel 1874, reinterpretandoli però alla luce di una teoria chimica alquanto discussa: la "dottrina dell'atomicità" o teoria della valenza. Andrebbe al di là dello scopo di questa comunicazione entrare nel merito di quegli sviluppi della chimica che, grazie soprattutto ai lavori di Kekulé e di Franckland in chimica organica, portarono all'affermazione, intorno al 1860, della teoria dei tipi strutturali con la conseguente introduzione del concetto di "valenza". Mi limito a ricordare che la teoria della valenza, alla cui base stava una concezione atomistica della materia, attribuiva agli atomi dei vari elementi chimici o a gruppi interi di atomi (detti "radicali") definiti valori di combinazione o di sostituzione rispetto all'idrogeno.

Ad esempio, come sottolineava Stoney (12), un atomo di Cl si combinava con un atomo di H dando origine ad una molecola di HCl, mentre un radicale SO_4 si combinava con 2 atomi di H, formando una molecola di H_2SO_4 .

Strettamente legato al concetto di "valenza" era il concetto di "legame chi

mico". La complessità delle strutture molecolari, che inevitabilmente derivava dalla teoria della valenza, richiedeva infatti l'intervento di appropriati numeri di legami chimici: per unire ad esempio il gruppo SO_4 ai due atomi di H che sono ad esso associati nella molecola di H_2SO_4 erano necessari, come affermava Stoney, due legami, mentre era sufficiente un legame per unire l'atomo di H con l'atomo di Cl in una molecola di HCl. Le ripercussioni che la teoria della valenza aveva nel campo della Chimica e della Fisica erano immense. Ad esempio le quantità "equivalenti" dei vari elementi o dei vari gruppi chimici (ossia quelle quantità che si sarebbero combinate tra di loro) tradotte in numeri d'atomi o di "radicali" risultavano composte da numeri tali da tener conto delle leggi della valenza. Come ricordava Stoney, una quantità di Cl equivalente ad una data quantità di H conteneva un numero di atomi di Cl uguale al numero di atomi di H, mentre una quantità di SO_4 equivalente alla stessa quantità di H conteneva un numero di atomi di SO_4 pari a metà del numero di atomi di H. Queste considerazioni a livello molecolare, una volta trasferite nel campo dei processi elettrolitici, modificavano il significato fino ad allora attribuito alle leggi dell'elettrolisi: il fatto che la stessa corrente liberava quantità di sostanze proporzionali ai rispettivi equivalenti chimici, poteva infatti stare a significare che la stessa corrente liberava lo stesso numero di legami chimici. Osservava Stoney: "Se una corrente passa attraverso recipienti contenenti soluzioni di H_2SO_4 e HCl, 2 atomi di HCl verranno decomposti in un recipiente per ogni atomo di H_2SO_4 che viene decomposto nell'altro recipiente, ma il numero di legami separati sarà lo stesso in entrambi i recipienti".

Identificando, sulla base della I^a legge di Faraday, il moto elettrico con il moto chimico (cioè considerando la corrente elettrolitica una convenzione di elettricità da parte delle molecole dell'elettrolita) Stoney così esprimeva le leggi di Faraday: "Per ogni legame chimico che viene rotto all'interno di un elettrolita, una certa definita quantità di elettricità, E , sempre uguale in tutti i casi, attraversa l'elettrolita". Si trattava ora, per Stoney, di determinare il valore di questa definita "quantità di elettricità", che proprio per il suo carattere "universale" si presentava come "l'unità naturale di carica".

A tal fine Stoney si richiamava da un lato al risultato ottenuto da Loschmidt nel 1863⁽¹⁴⁾ e riconfermato dallo stesso Stoney⁽¹⁵⁾ nel 1868 secondo cui il numero di molecole contenute in un litro di gas a temperatura e pressione atmosferica è pari a 10^{24} e dall'altro lato ad alcune recenti tabelle relative all'elettrolisi dell'acqua. Applicando questi risultati al caso dell'idrogeno, Stoney ricavava un valore di E pari a 10^{-22} u.e.m.. Concludeva Stoney: "Dunque una carica di questa grandezza è associata ad ogni legame dentro all'atomo chimico".

Le indagini di Stoney sull'elettrolisi facevano dunque emergere una struttura intima della materia ancora più complessa di quella indicata dalle indagini sugli spettri: una struttura non solo "animata da moti interni" ma addirittura composta da parti cariche. Esisteva una qualche relazione fra questi due aspetti della costituzione della materia? A questa domanda Stoney rispondeva solo nel 1891, attraverso una nuova analisi sugli spettri, fondata questa volta sulla teoria elettromagnetica della luce.

Come si è visto in precedenza, la teoria di Stoney del 1870 sull'origine dell'emissione spettrale prevedeva fra le varie righe che componevano uno stesso spettro relazioni di tipo armonico. Nel 1885⁽¹⁶⁾ Balmer riusciva a rappresentare l'intero spettro dell'idrogeno, attraverso un'unica formula, cioè:

$$\lambda = \frac{m^2}{m^2 - 2^2} \cdot h \text{ con } m = 3, 4, 5, \dots \quad (1)$$

dove λ rappresenta la lunghezza d'onda delle righe, h una costante ed m un numero intero. Nel 1889 Rydberg⁽¹⁷⁾ ricavava che anche le righe spettrali dei metalli alcalini erano raggruppabili in serie ed erano esprimibili da uno stesso formalismo, al cui interno rientrava, come caso particolare, la formula di Balmer, ossia

$$\tilde{\nu} = n_0 - \frac{N_0}{(m+\mu)^2} \text{ con } m = 1, 2, 3 \quad (2)$$

(con $\tilde{\nu}$ numero d'onda, n_0 = costante peculiare della serie, N_0 = costante universale (la cosiddetta costante di Rydberg) e m = intero).

Sia la formula di Balmer che quella di Rydberg mettevano chiaramente in luce che tra le frequenze delle righe di uno stesso spettro intercorrevano relazioni molto più complesse di quelle di meri rapporti armonici. Di fronte a questo potenziale fallimento della propria teoria, Stoney interveniva⁽¹⁸⁾ proponendone una variante, che tenesse conto delle possibili perturbazioni subite dai moti interni. Attraverso un'analisi matematica molto rigorosa e costantemente riferita alla meccanica celeste, Stoney giungeva a risultati alquanto significativi.

Ad esempio, se l'orbita subiva una perturbazione assidale (di frequenza n), ogni riga (di frequenza generica m) si trasformava in un doppietto di righe di frequenza rispettivamente $m+n$ e $m-n$ (vedi fig. 1a).

Se si aggiungeva una precessione (di frequenza K) del piano dell'orbita, ogni riga si trasformava in due tripletti di frequenza rispettivamente $(m+n+k)$, $(m+n)$, $(m+n-k)$ e $(m-n+k)$, $(m-n)$, $(m-n-k)$ (vedi fig. 1b).

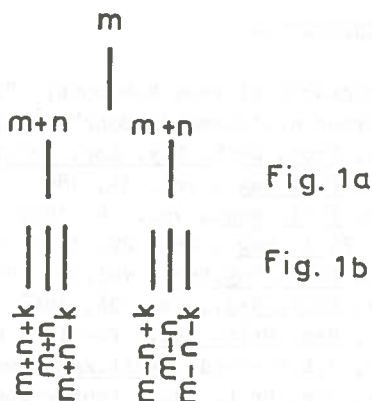


Fig. 1a

Fig. 1b

Attraverso questa nuova elaborazione della teoria, Stoney era in grado di render conto di molte delle proprietà allora attribuite alla serie Sharp, Diffuse, Principal dei metalli alcalini, senza tuttavia poter entrare nel merito delle particolari successioni numeriche rappresentate da tali serie. Comunque il punto centrale dell'analisi di Stoney è che essa veniva riferita ad una particolare teoria della luce, e precisamente alla teoria elettromagnetica di Maxwell. Questa operazione sollevava immediatamente un problema: "Come può un moto interno all'atomo - osservava Stoney - imprimere all'etere circostante quegli sparsi elettromagnetici la cui propagazione, secondo la teoria di Maxwell, costituisce la luce?" La soluzione veniva offerta a Stoney dalla stessa teoria di Maxwell, là dove essa stabiliva che una carica in moto era in grado di emettere onde elettromagnetiche. Basandosi su questa proprietà Stoney poteva allora richiamarsi ai precedenti studi sull'elettrolisi e identificare i moti interni all'atomo, responsabili dell'emissione spettrale, con i moti di quella "definita quantità di elettricità" individuata nel lontano 1874 e ora indicata con il termine "elettrone".

Attraverso la teoria elettromagnetica di Maxwell, dunque, veniva attuata la sintesi tra quei due aspetti della costituzione della materia - moti interni e carica unitaria - emersi da due programmi di ricerca indipendenti, che nulla avevano in comune se non l'idea di una struttura molecolare molto complessa: l'"elettrone", infatti, alla luce della teoria di Maxwell, risultava essere non semplicemente la "quantità definita di elettricità" responsabile dei legami chimici, ma una carica in moto, e in quanto tale, responsabile anche dell'emissione spettrale.

Come lo stesso Stoney sottolineava, una tale interpretazione apriva tutta una serie di problematiche relative alla stabilità delle strutture atomiche di fronte alle quali era impossibile rispondere: sarà proprio la ricerca di una soluzione a queste problematiche che porterà, attraverso la introduzione delle ipotesi quantistiche, alla formulazione dell'attuale fisica atomica.

BIBLIOGRAFIA INDICATIVA

- 1) A questo riguardo si veda N. Robotti: "I primi modelli dell'atomo, dall'elettrone all'atomo di Bohr", Torino Loescher 1978.
- 2) G.J. Stoney, Proc. Dutl. Ray. Soc. Acool. vol. 7, 1858
- 3) G.J. Stoney, Phil. Mag., vol. 34, 1867
- 4) R. Clausius, Phil. Mag., vol. 14, 1857
- 5) C. Maxwell, Phil. Mag., vol. 29, 1860
- 6) G.J. Stoney, Proc. Ray. Soc., vol. 17, 1868
- 7) G.J. Stoney, Phil. Mag., vol. 36, 1868
- 8) G.J. Stoney, Rep. Brit. Ass., Fortieth Meeting, Liverpool 1870
- 9) G.J. Stoney, J.E. Reynolds, Phil. Mag., vol. 42, 1871
- 10) G.J. Stoney, Rep. Brit. Ass., Fourty-fourth Meeting, Belfast 1874. Pubblicato in seguito con lo stesso titolo su Phil. Mag., vol. 11, 1861 e su Proc. Ray. Dutl. Soc., vol. 3, 1883

- 11) M.Faraday, Phil. Trans., Part. I, 1834.
- 12) G.J.Stoney, op. cit. nota 10
- 13) Per questo argomento si rimanda a N.Robotti: "L'elettrone di Stoney", Physis 21, 1979.
- 14) J.Loschmidt, Sitzungsberg Wiener Akademie, vol. 52, 1865.
- 15) G.J.Stoney, Phil. Mag., vol. 36, 1868
- 16) J.J.Balmer, Naturforschende Gesellschaft, Basel, Verhandlungess, vol. 7, 1885.
- 17) J.R.Rydberg, Kungliga Svenska Vetenskapsakademien, Handlingar, vol.23 1889.
- 18) G.J.Stoney, Scient. Trans. Ray. Dubl. Soc., vol. 4, 1891.

Leonello Pacloni (*)

COSTRUZIONE ASSIOMATICA DELLA CHIMICA:
CHIMICA CLASSICA E CHIMICA CONTEMPORANEA

0. Preambolo e giustificazione

Diventare chimici significa apprendere a riconoscere e ad inventare sostanze attraverso la costruzione della loro struttura molecolare. I processi di analisi e di sintesi che si attuano nel laboratorio hanno come preliminare necessario un insieme di manipolazioni sui simboli che rappresentano le molecole delle sostanze sulle quali e con le quali si opera. All'inizio degli anni '60, lavorando per trovare una chiave di lettura delle formule secondo i modelli quantistici correnti (M.O. e V.B.), riconobbi che i mutamenti intervenuti nella chimica a causa della scoperta della natura composita degli atomi non potevano essere ridotti ad un modo differente di leggere le formule di struttura. Mi trovai così a ricercare una formulazione assiomatica della dottrina della chimica nel periodo precedente le teorie elettroniche del legame chimico e della valenza. Ricostruendone lo sviluppo storico, mi convinsi che queste, come le precedenti teorie del legame, non avevano alcun ruolo nella costruzione

(*) Gruppo di Chimica Teorica, Università
Via Archirafi 20
90123 Palermc

dottrinale, ma che anzi erano state causa di una confusione che aveva ostacolato l'attività inventiva dei chimici.

La identificazione dei postulati che sono alla base della dottrina omogeneamente usata dai chimici fin verso la metà degli anni '30, ha avuto per me un valore 'liberatorio'. Successivamente ho cercato di trovare una formulazione assiomatica per la chimica contemporanea, identificando tra i postulati del periodo precedente quelli che andavano modificati o esclusi. Nel 1979 pubblicai su due riviste didattiche (al loro primo volume) la mia formulazione assiomatica della chimica classica e di quella contemporanea. Successivamente ho ripubblicato le due formulazioni nel contesto di un libro¹ (1982) per giustificare la proposta didattica ivi contenuta. E' quindi con un certo imbarazzo che oggi mi presento a voi con lo stesso tema, perchè si tratta di materiale di alcuni anni fa, pubblicato già due volte. Tuttavia questa costituisce, in realtà, la prima occasione che ho di farlo davanti un uditorio interessato al tema (a prescindere da ogni utilizzazione) e dal quale posso sperare un giudizio critico e di merito.

1. I postulati della chimica classica

Ho già indicato in altra occasione i limiti temporali in cui penso possa essere circoscritto il periodo storico in esame¹. La costruzione postulativa proposta riflette una 'lettura' della storia del periodo stesso e quindi è una interpretazione, che si esprime come tentativo di fissare alcuni punti fondamentali. Esso vuol servire ad intendere lo svolgimento storico della chimica e non è un "sommario" delle idee più largamente accettate dai chimici nell'arco 1874-1935 e nelle fasi di transizione rispettivamente antecedente e successiva a tali estremi.

Preso quindi come riferimento un periodo i cui estremi sono labilmente indicati come ~ 1860-1950 i postulati della dottrina chimica possono essere così espressi²:

I) *Le sostanze pure esistono sotto forma di corpi semplici o elementari, oppure sono composte di elementi. Ci sono criteri operativi per definire la purezza di una sostanza, ed un procedimento operativo per la definizione di elemento.*

II) *Gli elementi ed i corpi composti sono fatti di molecole, e queste a loro volta sono fatte di atomi. Peso molecolare e peso atomico, misure di massa relativa, sono definiti in modo operativo.*

III) *La valenza è proprietà costitutiva degli atomi. La sua definizione operativa si fonda sui rapporti ponderali di combinazione di ciascun elemento e si esprime nel rapporto $Valenza = \frac{\text{Peso atomico}}{\text{Peso equivalente}}$.*

IV) *Ogni sostanza pura corrisponde ad una formula molecolare che è unica e caratteristica di quella sostanza. Ogni formula molecolare corrisponde ad un'unica e determinata sostanza pura.*

v) Una data formula molecolare rappresenta l'organizzazione spaziale degli atomi che costituiscono la molecola e che appartengono ad essa. Gli atomi adiacenti sono legati tra loro: la struttura molecolare è l'insieme di tali legami.

Accanto a questi postulati è necessario riconoscere la logica dei procedimenti adottati per determinare la struttura molecolare e definire quindi le ipotesi fatte per interpretare i dati osservazionali che costituiscono il contenuto caratterizzante della chimica:

1) Le proprietà qualitative e quantitative di ciascuna sostanza pura ammettono definizioni operative (per esempio: punto di fusione, composizione, peso molecolare, densità o volume molare, ..., acidità, basicità, ..., salinità, ..., conducibilità elettrica, ...). Ipotesi: queste proprietà sono la manifestazione di caratteri propri della struttura molecolare.

2) Il comportamento reattivo di ciascuna sostanza pura è qualificato con predicati logici ciascuno dei quali definisce una categoria di reattività (per esempio: acido, base, riducente, ossidante, ...). Ipotesi: ciascuna categoria di reattività è attribuita ad un raggruppamento di atomi con una disposizione spaziale ben definita, un *gruppo* che identifica una *funzione chimica* presente nella struttura molecolare.

3) Ogni determinata sostanza pura può essere riferita ad una o a più categorie di comportamento reattivo, e può essere trasformata in altre che appartengono successivamente a differenti categorie. Ipotesi: la formula di struttura molecolare esprime la connessione tra la organizzazione spaziale degli atomi nella molecola ed una determinata sequenza di reazioni.

2. Il significato del I postulato

La netta distinzione tra combinazione e miscela omogenea, e l'affermazione che i procedimenti di decomposizione hanno punti di arrivo ben definiti, trovano una integrazione in questa definizione di elemento data da Ostwald³: "Gli elementi sono sostanze che sotto tutte le condizioni conosciute possono formare soltanto fasi hylotrophe". Le fasi *hylotrophe* sono quelle che si formano senza che vi sia alcun cambiamento nelle proprietà del residuo e della nuova fase.

Negare la trasmutazione, cioè l'idea che vi sia una "materia primigenia e universale" da cui tutti i corpi traggono origine, è un altro aspetto rilevante. Ostwald ricorda³ come tale idea fosse sostenuta dal giovane Faraday. Infatti si tratta di un punto non trascurabile ancora alla fine del secolo XIX: nell'introduzione al suo testo di chimica teorica, Nernst (1893, traduzione inglese del 1895)⁴ dedica un paragrafo alla trasmutabilità della materia.

Infine nello stesso postulato è implicita la legge di conservazione della massa: nulla di materiale, di ponderabile, va perduto nella scomposizione.

3. Il significato del II postulato

Esso contiene due distinte affermazioni: la costituzione molecolare di tutte le sostanze; la costituzione atomica di tutte le molecole. Gli atomi esistono in quante parti costituenti delle molecole e la loro massa relativa è calcolabile come una frazione di quella delle molecole. L'esistenza (oggettività materiale) delle molecole e degli atomi è stato un punto molto controverso. L'esistenza delle molecole poteva essere accettata come ipotesi esplicativa di osservazioni riconducibili alle leggi generali della dinamica. La loro costituzione atomica poneva invece anche il problema delle forze da cui deriva il modo di combinarsi e di scomporsi, richiedendo la formulazione di ipotesi utili come fondamento delle leggi stechiometriche.

Accettare l'ipotesi di Avogadro significava riconoscere la realtà molecolare. L'uso che ne aveva fatto Cannizzaro (1858) permetteva di indagare le proprietà atomiche per giungere ad un livello di 'certezza' mancante in precedenza. E' a questa 'certezza' che Nernst fa riferimento⁴ quando aggiunge al titolo del suo trattato di chimica teorica che esso è scritto "...dal punto di vista della regola di Avogadro e della termodinamica". Sull'utilità dell'ipotesi egli si esprime con grande chiarezza già nella introduzione⁵: "...l'ipotesi molecolare, più di ogni altra speculazione teorica, ha dato un aiuto potente e diversificato ad ogni branca delle scienze naturali ed alla chimica in particolare. Perciò nella seguente presentazione della chimica teorica, l'ipotesi molecolare riceverà una considerazione particolare..."

Come è noto solo nel 1908 Ostwald riconobbe la realtà molecolare⁶: "...il carattere particellare o discreto delle sostanze ponderabili...", accettando come significativi i risultati di Perrin sul moto browniano (deduzione del numero di Avogadro sulla base della teoria cinetica) e le misure, di J.J.Thomson e di altri, sul rapporto massa/carica degli ioni prodotti nei gas dalle scariche elettriche. Tuttavia egli concesse assai poco sul terreno interpretativo delle osservazioni che più direttamente riguardavano la chimica, poichè nel 1909 così riconfermava una propria tesi⁶: "L'esistenza delle leggi stechiometriche non ha nulla a che fare con l'esistenza o l'inesistenza degli atomi". La difficoltà insita nel passare dall'ipotesi molecolare a quella atomica è chiaramente indicata da Nernst⁵: "la forza che lega gli atomi in associazione molecolare, forza che noi chiamiamo <<affinità chimica>> dell'atomo...", entità sconosciuta, oggetto di speculazione e di controversie. Il riferimento a queste controversie sarà fatto nella discussione dei postulati successivi.

4. Significato del III postulato

Porre al rango di *proprietà atomica* la capacità combinatoria di un elemento dedotta dalle leggi che generalizzano le osservazioni sui rapporti di combinazione non solo implica che sia stata data una risposta affermativa al problema

dell'esistenza degli atomi, ma pone una domanda sull'origine di tale proprietà. Le risposte date nella seconda metà del secolo XIX sono state molto varie ed articolate. Quella di Nernst⁷ (1895) ci sembra esemplare: "...noi dobbiamo lasciare deliberatamente da parte il problema concernente la *natura* della forza operante nella decomposizione chimica, e dobbiamo fissare la nostra attenzione sul *suo modo di agire...*" (corsivi nell'originale).

La invarianza, oppure il modo di variare, della valenza nei composti di un medesimo elemento poneva molti problemi. Le idee correnti in proposito sono da Nernst qualificate⁸ in modo assai netto: "Quando noi cerchiamo la causa delle trasformazioni chimiche nella mutevole affinità degli atomi, il nostro punto di vista è antropomorfo, come quello degli antichi, salvo un cambiamento nei nomi". La discussione tra coloro che sostenevano la costanza della valenza e coloro che opponevano osservazioni non riducibili ad essa, non permetteva scelte conclusive. La posizione di Nernst è ancora illuminante⁹: l'opinione sull'origine e sulla natura della valenza non è parte costitutiva della dottrina chimica, "...non implica uno speciale ampliamento nel significato della valenza per la chimica sistematica".

Un'ultima osservazione può esser fatta sullo schema mentale che è alla base del postulato: sono le proprietà degli atomi che determinano il loro modo di combinarsi. La sua origine è nel vincolo imposto dalla formulazione stessa del problema centrale della chimica: le deduzioni che si possono fare sulla costituzione dei corpi hanno come fondamento lo studio delle loro trasformazioni. Questo schema è esteso anche alle molecole: le proprietà inerenti al loro modo di trasformarsi sono incorporate in determinati caratteri della loro struttura.

5. Il significato dei postulati IV e V

La rappresentazione grafica delle relazioni topologiche di adiacenza è rimasta a lungo un procedimento razionale nettamente separato dall'accettazione delle formule come immagini di una situazione reale (*oggettività spaziale*) in oggetti reali (*oggettività materiale*, nel senso del paragrafo 3). Questa condizione storica è la principale ragione per cui i postulati IV e V sono formulati separatamente. Nel riferimento ai composti organici era, per esempio, quasi una regola introdurre un cenno cautelare sul carattere speculativo delle formule di struttura. Ecco come si esprime Nernst¹⁰ in proposito: "Non si può negare che nel tentativo di sviluppare la scienza degli atomi da questo punto di vista, per giungere ad un concetto più definito per quanto concerne la collocazione degli atomi nella molecola, noi entriamo in una regione di natura puramente ipotetica - una regione che può venir raggiunta soltanto con un salto di intrepida fantasia". Egli ebbe il coraggio di farlo, e probabilmente si riferiva a questo quando nella già citata introduzione⁵ aggiungeva: "Anche ai nostri giorni l'ulteriore estensione dell'ipotesi molecolare ha dato frutti molto

grandi e inaspettatamente belli, che hanno positivamente arricchito la nostra scienza. Perché dunque non dovremmo cercare di rendere il nostro concetto di molecola più tangibile e nello stesso tempo dotare i nostri occhi di microscopi sempre più potenti per esaminare questo mondo molecolare?"

Nel capitolo sulla costituzione molecolare Nernst dava un quadro ragionevolmente completo dei procedimenti generali per lo studio dei composti organici. Malgrado i suoi riferimenti bibliografici siano poco aderenti alla vicenda storica, il paragrafo sulla stereochimica del carbonio¹⁰ si conclude con l'affermazione (sottolineata) che "...siamo costretti a considerare come corretta l'organizzazione tetraedrica delle valenze nello spazio".

Nello stesso anno in cui fu pubblicata la traduzione inglese del trattato di Nernst⁴, veniva pubblicata l'ottava edizione del volume in cui Tilden¹¹ esponeva "i principi della chimica teorica e sistematica". (La prima edizione era del 1876). Nel capitolo che tratta in termini generali i problemi della valenza e delle formule esprime tuttavia una posizione ben più cauta di quella di Nernst: "Questo schema per registrare nella formula alcuni dei fatti che sono stati osservati circa le possibili trasformazioni di una sostanza ha portato i chimici a supporre che sia possibile rappresentare simbolicamente le posizioni relative degli atomi nello spazio. Lo studente farà bene ad avvicinarsi con cautela ad una tale idea". Più oltre, con riferimento alla "graphic formula", precisa: "... le linee che congiungono i simboli non vanno intese come rappresentazione di un legame o di un nesso sostanziale, ma indicano semplicemente il modo in cui viene soddisfatta (esaurita) la capacità combinatoria di ciascun atomo."

La cautela con cui Tilden tratta del simbolismo può essere apprezzata se si considerano le tesi di coloro che rifiutarono la rappresentazione spaziale delle molecole ancora per alcuni anni. La traduzione francese della storia della chimica scritta da Ladenburg nel 1869 e giunta alla quarta edizione nel 1907, veniva ripubblicata¹² nel 1911 con l'aggiunta di un supplemento a cura di A. Colson. Questi così ne spiega la motivazione¹³: "...è senza idea di biasimo o di critica che io raccoglierò alcuni punti della storia della chimica che in Francia sono considerati essenziali, e che però non sembrano incontrare in Germania la medesima considerazione....". Nel cap. III del supplemento, dopo una singolare (e distorta) ricostruzione delle vicende storiche dell'interpretazione del potere rotatorio ("isométrie Pasteurienne") e dell'ipotesi del carbonio tetraedrico, sottolinea che "i bei lavori di Emile Fischer" lasciano inspiegata la mutarotazione, e così commenta¹³: "Senza dubbio, il nuovo principio inserito nella chimica da Pasteur esige una notazione adeguata, che l'immagine tetraedrica soddisfa; ma l'idea di una Stereochimica, cioè di una rappresentazione generale del-

le sostanze mediante formule nello spazio è una questione differente". Gli argomenti che seguono sono quelli allora sostenibili con i risultati delle ricerche di coloro che, come Colson, vedevano nella teoria del carbonio asimmetrico "alcune difficoltà non avvertite dalla maggioranza dei chimici", e preferivano ignorare la controversia¹⁴ che aveva opposto A. Werner a S.M. Jørgensen sul modello ottadrico dei composti "molecolari" dei metalli.

6. Gli elettroni nelle formule di struttura

L'idea che la formula di struttura molecolare serva a codificare le proprietà chimiche di una sostanza è rimasta una guida per il lavoro e la creatività dei chimici anche dopo che il ruolo degli elettroni nel legame è stato 'compreso' nel contesto della dottrina. Ancora prima che l'interpretazione quantistica desse una diversa coerenza al quadro generale, i chimici hanno prodotto modelli propri, forti di una tradizione consolidata durante il secolo XIX: *la praticabilità di un accesso alla realtà molecolare indipendente da quella della fisica.*

Motivo conduttore di questa tradizione è l'invenzione di nuovi simboli utili per collegare le proprietà osservate di una sostanza agli elettroni atomici ed alle loro interazioni nella molecola. Chi non tenga presente questo aspetto nella lettura delle vicende storiche della chimica rischia di fraintendere le motivazioni problematiche ed i risultati del lavoro di ricerca avviato all'inizio del secolo e svolto soprattutto dagli anni '20 in poi, e non solo dai chimici. L'esempio più cospicuo di questa scuola di pensiero mi sembra essere stato Robert Robinson (1886-1975), inventore del sestetto elettronico dei composti aromatici. Non si trattò di una improvvisa illuminazione, ma del risultato di una formulazione da lui elaborata durante alcuni anni¹⁵ e che va inquadrata nel contesto di tutte le altre ricerche sviluppate in quel periodo¹⁶ per scoprire e capire la natura e le proprietà delle particelle subatomiche. La formulazione di Robinson (1925)¹⁷ è decisamente moderna: "La presenza di molti atomi in una molecola offre ulteriori occasioni per il formarsi di gruppi di elettroni di marcata stabilità e, *ceteris paribus*, il possesso di tali gruppi conferisce stabilità chimica come è mostrato, per esempio, da una minore insaturazione e da una tendenza al mantenimento del tipo. Naturalmente queste sono le caratteristiche principali dei sistemi benzenoidi, e qui la ovvia spiegazione è che sei elettroni sono capaci di formare un gruppo che resiste allo smembramento, e che può essere denominato *sestetto aromatico...*" (corsivi nell'originale).

La diffusione dei procedimenti diffrattometrici ed il volgere degli anni relegarono nel limbo della memoria le controversie sulla formula di struttura come rappresentazione spaziale di oggetti reali. Rimase nell'uso gli strumenti simbolici elaborati come corrispettivo di processi atomici e molecolari, anche perché rispondenti alle

esigenze esplicative e 'immaginative' dei chimici. L'indagine storica sull'origine di molte notazioni tuttora correnti può mettere in evidenza come alcuni simboli siano passati attraverso significati differenti, e forse accadrà che essi sopravviveranno mutando il loro significato. La stessa cosa è avvenuta per molte parole di cui sono esempio: acido, base, ossidante, riducente, ecc. Il tentativo di formulare la dottrina della chimica contemporanea in termini di postulati può aiutare anche a riconoscere le radici del cambiamento del loro significato.

7. I postulati della chimica contemporanea

La nuova costruzione postulativa deve accettare come dati alcuni risultati della (sperimentazione) fisica, anzitutto quelli relativi alla natura composita degli atomi. L'aspetto più rilevante del cambiamento consiste tuttavia nel riconoscere che i risultati di alcune misure fisiche (per esempio le immagini ottenute per diffrazione di raggi X) possono venir interpretati, dal punto di vista della chimica come determinanti in modo univoco la distribuzione spaziale di elettroni e nuclei che identifica la struttura molecolare.

Questa identificazione, apparentemente ovvia, è in realtà il punto cruciale dove si incontrano (o scontrano) la logica costruttiva della chimica e quella della meccanica quantistica. Tornerò su di esso alla conclusione del discorso.

Fatta questa premessa, i postulati su cui può essere fondata la dottrina della chimica contemporanea sono i seguenti²:

I) *Le sostanze pure esistono sotto forma di corpi semplici o elementari, oppure sono composte di elementi. Ci sono criteri operativi per definire la purezza di una sostanza ed un procedimento operativo per la definizione di elemento.*

II) *Gli elementi ed i corpi composti sono fatti di molecole e queste a loro volta sono fatte di atomi. Ciascun atomo è caratterizzato dal numero atomico. Esistono diverse specie atomiche di un medesimo elemento che hanno lo stesso numero atomico e massa atomica differente (isotopi). Peso molecolare e peso atomico, misure di massa relativa, sono definiti in modo operativo.*

III) *I modi di combinazione di ciascun atomo (stati di valenza) che conducono alla formazione delle molecole sono determinati dalla struttura elettronica dell'atomo stesso.*

IV) *L'organizzazione spaziale degli atomi, definita come struttura molecolare, è determinata dalle interazioni tra atomi adiacenti e non adiacenti. Essa è direttamente osservabile (risultato di misure). La formula di struttura molecolare, costruita come reticolato di legami, definisce le relazioni di adiacenza tra gli atomi. Essa è un poliedro convenzionale unico e caratteristico di ciascuna sostanza solo nell'intervallo di temperatura in cui tali relazioni*

di adiacenza restano compatibili con l'ampiezza delle oscillazioni intorno alla posizione media di equilibrio dei singoli atomi.

V) *Le potenzialità reattive di una sostanza sono contenute nella (o definite dalla) distribuzione elettronica della molecola.*

Essi sono coerenti con il fatto che nessun esperimento chimico consente di dimostrare l'esistenza degli atomi e di studiare la organizzazione interna e le caratteristiche delle particelle subatomiche. Naturalmente molti risultati di interesse chimico derivano dallo studio di tali caratteristiche secondo i metodi propri della fisica. E' su questo schema concettuale che la chimica quantistica, ossia l'applicazione della meccanica quantistica allo studio delle proprietà 'molecolari', svolge il ruolo proprio di strumento interpretativo.

8. Il significato dei postulati nella dottrina chimica contemporanea

Dal confronto con i postulati proposti nel paragrafo 1 si vede che il primo postulato è identico, mentre il secondo prende atto della natura composita degli atomi che, per gli scopi della chimica, sono caratterizzati da due grandezze misurabili: numero atomico e massa atomica. Tuttavia poiché i chimici di regola lavorano con sostanze che hanno una composizione isotopica media corrispondente alla distribuzione naturale degli elementi, le definizioni operative della massa relativa molecolare e atomica restano uno strumento concettuale utile, salvo che nei problemi in cui sia necessario specificare la composizione isotopica.

Il cambiamento del III postulato riflette il fatto che la formulazione tradizionale della valenza, sia come numero di 'legami' espressi dall'atomo, sia come carica ionica correlata al numero di elettroni da esso trasferiti o acquistati, non esaurisce le modalità con cui gli atomi partecipano alla formazione delle molecole¹⁸. Il postulato infatti intende comprendere anche le schematizzazioni molecolari che sono usate per discutere le proprietà di molte sostanze la cui composizione stechiometrica è espressa da numeri non interi e varia entro un intervallo di ampiezza talvolta incerta. Nel postulato infine è riflesso il persistere tra i chimici di un atteggiamento (tradizionale) tendente ad ignorare la perdita di individualità atomica e molecolare che corrisponde a certe proprietà, per esempio nel ghiaccio o in certi materiali ferroelettrici.

Questa circostanza è più chiaramente espressa nel IV postulato che sostituisce gli ultimi due della formulazione classica. Esso deriva dalla rimozione delle restrizioni derivanti dalle regole stabilite dalla chimica classica per riconoscere e inventare molecole. Alcune restrizioni connesse a "valency requirements" sono state oggetto di precedenti analisi¹⁹ e sopravvivono nella letteratura²⁰ degli anni '60. Per esempio, in un testo del 1967 si legge²¹:

"Ragioni di valenza non permettono l'esistenza di un analogo della piridina privo di carica... quantunque analoghi di questo tipo con zolfo siano stati preparati di recente". Queste prescrizioni (senza fondamento dal punto di vista quantomeccanico) impediscono ai chimici di pensare a tentativi analitici e sintetici in tale direzione e li rendono perciò stesso improbabili.

Il IV postulato riconosce poi un limite della schematizzazione molecolare. Esempi recenti sono quelli delle "strutture fluenti", che hanno come caso più cospicuo i valeni, o isomeri di valenza. Si tratta di sostanze in cui alcuni processi elementari restano inavvertiti a livello chimico perchè lasciano 'immutate' le loro proprietà. La rivelazione di tali processi si basa infatti sulla misura di caratteri 'residenti' nei nuclei delle sostanze stesse e nell'interazione tra nuclei ed elettroni. L'interpretazione chimica di queste osservazioni è sempre in termini di un meccanismo di rottura-formazione di legami.

Il V postulato è invece interamente nuovo. Esso non deve essere letto nel senso che la distribuzione elettronica, essendo osservabile in linea di principio, può essere usata per prevedere e interpretare le reazioni chimiche. Infatti questo postulato ha ambizioni assai più modeste e si pone come svolgimento della linea tradizionale già descritta al paragrafo 6. La correlazione (empirica) di vari aspetti della polarizzazione degli elettroni molecolari con parametri termodinamici e cinetici e con altri fattori rilevanti per l'andamento di una reazione (ad esempio, i solventi) ha preso le mosse dalla equazione di Hammett. La continuità di questo interesse dei chimici è attestata dalle numerose varianti interpretative^{22,23} dei parametri ρ e σ . Una parallela lettura elettronica è adottata per le interazioni tra solvente e soluto²⁴.

Un esempio cospicuo dello stesso tipo, con un livello di elaborazione teorica più aderente all'*immagine quantistica* della molecola è il cosiddetto principio di conservazione della simmetria orbitale di Woodward e Hoffmann. Sulla sua applicabilità gli autori si esprimono²⁵ così: "Poichè ogni processo elementare in *qualsiasi* reazione chimica è un processo concertato, concetti corrispondenti debbono essere applicabili a *tutte* le reazioni" (corsivi nell'originale). Nello stesso contesto e con analogo significato va considerata la elaborazione di K.Fukui nota come teoria dell'orbitale di frontiera²⁶.

Proprietà qualitative che una lettura quantistica ha appena trasformato (1983) sono quelle conosciute come "Hard and Soft Acids and Bases". Parr e Pearson²⁷, partendo dalla definizione generale (di principio) dell'energia totale E della molecola come funzione $E(N)$ del numero totale N degli elettroni molecolari, hanno mostrato che elettronegatività e durezza corrispondono alla semisomma ed alla semidifferenza del potenziale di ionizzazione e dell'affinità elettronica.

Tutti questi modi di affrontare il problema della reattività, la cui radice è nel V postulato, hanno come caratteristica comune di *non essere connessi* agli eventi collisionali la cui frequenza determina la velocità del processo reattivo misurata alla scala del laboratorio. Si tratta perciò di procedimenti di natura intrinsecamente statica che collegano la distribuzione elettronica alla reattività attraverso un *formalismo simbolico* tipo chimico o quanto chimico.

9. Il rapporto tra chimica e meccanica quantistica

Inizierò con l'illustrazione sommaria del punto di vista oggi dominante, cosiddetto riduzionista, che muove, verosimilmente, dalla affermazione fatta nel 1929 da Dirac in apertura di un suo famoso lavoro²⁸. Una espressione compiuta della cultura che essa ha ispirato è molto bene illustrata dalla trattazione della chimica nell'Enciclopedia Einaudi. L'affermazione di apertura, dovuta a d'Espagnat, recita²⁹: "Secondo le vecchie definizioni le scienze della materia inanimata erano essenzialmente due, la fisica e la chimica. La prima trattava dei fenomeni naturali su grande scala, la seconda riguardava le relazioni tra corpi puri (o <<sostanze chimiche>>), in particolare le loro trasformazioni gli uni negli altri. L'evoluzione delle conoscenze ha reso antiquata questa suddivisione. Oggi, in conformità coll'etimologia, per fisica s'intende in generale la scienza che ha per oggetto l'insieme di quei fenomeni che comunemente vengono detti naturali, ivi compresi quindi anche quelli chimici". Come questo sia da intendersi è chiarito più oltre quando d'Espagnat descrive i risultati più notevoli della fisica atomica e molecolare³⁰: "Calcolo delle proprietà chimiche dei corpi... Qui la limitazione è costituita solo dalla complessità dei calcoli, che cresce molto rapidamente quando ci si allontana dai corpi di più semplice composizione chimica. Il principio... risiede semplicemente nella soluzione della equazione di Schrödinger per un sistema costituito da nuclei atomici dati e da un numero dato di elettroni..."

Una analisi diversa, più sistematica ed approfondita, è stata fatta recentemente da H. Primas. Nel primo capitolo del suo libro, trattando i problemi aperti della chimica teorica contemporanea, scrive³¹: "Non dobbiamo confondere un utile strumento teorico con la teoria. La meccanica quantistica numerica è uno dei più importanti strumenti per la chimica, ma non può sostituire il pensare... I concetti importanti della chimica non sono mai stati trattati bene dalla chimica quantistica ab-initio, sicché la meccanica quantistica non è diventato uno strumento primario nella comprensione della materia da parte del chimico. La chimica quantistica difficilmente può render giustizia alle caratteristiche qualitative della chimica con la forza-bruta del calcolo numerico... Nella chimica teorica c'è una distinta tendenza a mettere da parte variabili tipicamente chimiche, ammettendo che esse hanno servito a nobili scopi in passato, ma affermando che sono ormai obsolete.Il compito

della chimica, teorica è di affinare e spiegare i concetti chimici e non di respingere un'intera area di ricerca".

10. Il presente della chimica

L'atteggiamento del chimico sperimentale rispetto a queste discussioni sembra essere piuttosto di noncuranza. Inventa concetti 'quantistici' che utilizza per elaborare schemi che hanno una funzione simile a quella che nella chimica classica avevano le "regole di manipolazione" dei simboli³². Costruiti per rendere conto di determinate osservazioni e di dati qualitativi, tali schemi sono utilizzati con gli stessi obbiettivi limitati che in passato³³: "(i) servono a codificare le regole che collegano le sostanze iniziali ai prodotti finali; (ii) non hanno implicazioni dinamiche, ossia non intendono connettere un meccanismo alla velocità della trasformazione; (iii) le eventuali violazioni di alcune regole vengono studiate fino ad essere razionalizzate, ed omologate poi come parte del codice...". Alcuni esempi di questi schemi²²⁻²⁷ sono stati già citati discutendo nel paragrafo 8 il significato del V postulato. A proposito di di questi prodotti della chimica quantistica Primas osserva³¹: "I modelli della chimica quantistica semiempirica sono costruiti su una base concettuale inadeguata, ... essi ci danno un'immagine della materia che non è conforme a ciò che possiamo attenderci dai principi fondamentali della meccanica quantistica. Ma i chimici sperimentali non si lasciano impressionare da tali scrupoli. *E fanno bene*". (corsivo nell'originale).

La letteratura chimica attuale è infatti assai ricca. Descrive le sintesi di molte sostanze alla cui molecola viene 'imposto' di avere una 'forma' prestabilita: prismi, cubani, ..., barileni, eliceni, catenani, ...; e poi gabbie, nodi, farfalle, ..., senza limite apparente alla fantasia creativa. Sono state inoltre inventate molecole che hanno conferito alle corrispondenti sostanze proprietà prestabilite: caratteristiche meccaniche, ottiche, elettriche, magnetiche, biologiche, ..., con vincoli assai specifici rispetto alle destinazioni d'uso ricercate e/o raggiunte.

Può apparire paradossale, di fronte a questi successi, affermare che la struttura molecolare è, tra i concetti costitutivi della dottrina contemporanea, quello che può ostacolare lo sviluppo del nuovo. Ovviamente si tratta di riconoscerne i limiti, perchè ciò è condizione necessaria per superarli. Nella molecola della tradizione classica gli atomi sono "legati", cioè fissati da relazioni di adiacenza immutabili fino a che persiste nel tempo l'individualità chimica della sostanza corrispondente. Elettroni e nuclei sono per ipotesi entità dinamiche, sempre in movimento.

Un postulato implicito, o non dichiarato, della chimica quantistica afferma³⁴ che la materia confinata in un volume finito, cioè un insieme di particelle, può sempre essere suddiviso in sotto-insiemi, ciascuno con un numero definito di particelle (nuclei ed elettroni). I sotto-insiemi di composizione identica costituiscono le molecole della

specie S. L'evoluzione temporale di ogni sotto-insieme S è descritta per ipotesi dalla funzione d'onda $\Psi_S(q,t)$, soluzione della equazione di Schrödinger. Tale sotto-insieme è considerato in uno stato stazionario quando osservazioni ripetute, di durata Δt , mostrano che esiste un parametro E_S , dipendente dalla densità di energia nel volume considerato, tale che

$$H\Psi_S(q,t) = E_S\Psi_S(q,t).$$

Lo stato stazionario non è quindi una proprietà intrinseca del sotto-sistema di elettroni e nuclei che facciamo corrispondere alla molecola, ma un vincolo posto sulle condizioni della nostra osservazione³⁴. Esso permette di fattorizzare la dipendenza dal tempo della funzione $\Psi_S(q,t)$ nella forma

$$\phi_S(t/\tau) = \exp(-2\pi i t/\tau),$$

con $\tau = (h/E_S)$, intervallo di tempo dopo il quale la funzione $\Psi_S(q,t)$ riassume valori identici. Il vincolo imposto si traduce nella condizione

$$\Delta t \gg \tau.$$

Quando questa non sia soddisfatta non possiamo 'osservare' uno stato stazionario. Né abbiamo la certezza che la partizione 'molecolare' dell'insieme delle particelle possa venir fatta in modo univoco: l'immagine molecolare potrebbe rivelarsi inadeguata ed essere soltanto un'approssimazione, o un artefatto.

Molte sostanze mantengono la loro identità chimica senza che la relazione di adiacenza tra atomi espressa dalla formula di struttura sia conservata nel tempo. L'acqua è un esempio, i valeni e molte altre sostanze possiedono la stessa proprietà. Di esse diamo già oggi anche descrizioni diverse. Le immagini con cui rappresentiamo la realtà microscopica dipendono in maniera essenziale dal rapporto tra la scala temporale dell'osservazione (t) e la vita media, o scala temporale, propria dell'«oggetto» osservato (τ).

Dobbiamo riuscire a pensare la medesima realtà usando immagini che siano compatibili con osservazioni che risolvono eventi elementari la cui vita media è di 10^{-12} - 10^{-15} secondi. Questa è la scala temporale alla quale si concatenano i processi elementari che determinano gli eventi che i nostri sensi percepiscono come cambiamento della composizione dei corpi. La struttura molecolare pensata come *aggregato stazionario* di nuclei ed elettroni è concettualmente inadeguata alla previsione dei risultati (delle nostre misure) sulla velocità dei processi. L'uso di nuove immagini avrà notevoli implicazioni in ogni campo della scienza ed apre il discorso sulle prospettive³⁵: ciò che dà significato al lavoro quotidiano di chi fa ricerca. Condizione per andare avanti è che se ne discuta.

Riassunto

Per una corretta lettura della formula di struttura molecolare attraverso i concetti elaborati dalla teoria quantistica della chimica è opportuno stabilire il senso che tale formula ha avuto nell'ambito della chimica classica (1860-1950). Ciò è stato fatto identificando i postulati su cui era fondata la dottrina della chimica in tale periodo ed esaminandone il significato nel loro contesto storico.

La praticabilità di un accesso alla realtà molecolare indipendente da quello della fisica, emergente da tale analisi, rimane ancora un presupposto per la costruzione postulativa della chimica contemporanea, ed in particolare per il collegamento tra le proprietà chimiche della sostanza e la distribuzione elettronica molecolare. Il rapporto tra chimica e meccanica quantistica espresso attraverso la struttura molecolare pone tuttavia un limite concettuale alla comprensione degli aspetti dinamici dei processi chimici. La loro dipendenza dal tempo, misurata alla nostra scala temporale risulta infatti dal concatenamento di eventi elementari la cui vita media, dell'ordine dei pico- e dei femto-secondi, è così breve da rendere inadeguata la struttura molecolare pensata come aggregato stazionario di nuclei ed elettroni.

Bibliografia

- 1 . L.Paoloni: Nuova didattica della chimica. Bracciodieta Editore, Bari. 1982. Cap.I.
- 2 . L.Paoloni: rif.1, testo trascritto dal Cap.II, pp.20-21, e dal Cap.VII, p.83.
- 3 . W.Ostwald: Die Forderung des Tages. Akademische Verlagsgesellschaft, Leipzig 1910. In "Elemente und Verbindungen", p.164,176.
- 4 . W.Nernst: Theoretical Chemistry from the standpoint of Avogadro's rule and Thermodynamics. Traduzione di C.P. Palmer. MacMillan & Co., London 1895. (L'opera originale è del 1893). Citazione da p.4.
- 5 . W.Nernst, rif.4, pp.22-23.
- 6 . W.Ostwald, rif.3, in "Die stöchiometrischen Grundgesetze und die Atomtheorie", pp.194-195. Vedere anche M.Jo Nye: Molecular Reality. A perspective on the Scientific Work of Jean Perrin. MacDonald, London 1972, p.151.
- 7 . W.Nernst, rif.4, citazione da p.354.
- 8 . W.Nernst, rif.4, citazione da p.353.
- 9 . W.Nernst, rif.4, citazione da p.243.
10. W.Nernst, rif.4, citazione da p.237.
11. W.A.Tilden: Introduction to the study of Chemical Philosophy. Longmans, Green, and Co., London 1895, VII Edizione. Citazioni dalla prefazione, da p.145, p.153.

12. A. Ladenburg: Historie du développement de la chimie depuis Lavoisier jusqu'a nos jours. Traduzione di A. Corvisy. Librairie Scientifique A. Hermann et Fils, Paris 1911. 2^a Edizione francese accresciuta con un supplemento di A. Colson¹³.
13. Il testo del supplemento di A. Colson, privo di titolo, è aggiunto a quello di Ladenburg¹² con numerazione separata delle pagine. Citazione dall'Introduzione, p.3, e da pp.27-28.
14. G.B. Kauffman: Inorganic Coordination Compounds. Heyden & Son, London 1981. I lavori di Werner, dal trattato di Stereochimica (1904) alle sintesi, fatte da lui e da altri fino al 1910, di composti previsti dal modello della coordinazione ottaedrica appaiono estranei alla "Storia" di Colson.
15. Una rassegna autobiografica relativa al periodo 1916-1925 si trova in R. Robinson: Memoirs of a Minor Prophet. 70 years of organic chemistry. Elsevier Publishing Co., Amsterdam 1976. Vol.1 Cap.XI, pp.184-228. (Il vol.2 non risulta pubblicato).
16. A.N. Stranger: Electrons and Valence. Development of the Theory 1900-1925. Texas A & M University Press, College Station, Texas 1982. (Questo testo non tocca il tema della struttura elettronica dei composti aromatici).
17. J.W. Armit and R. Robinson: Journal of the Chemical Society, vol.127(1925) pp.1604-1618. Citazione da p.1604-1605.
18. Ch.K. Jorgensen: in "Topics in Current Chemistry", vol. 124, Inorganic Chemistry. (Springer-Verlag) Berlin 1984, pp.1-31.
19. L. Paoloni, M.L. Tosato, M. Cignitti: Theoretica Chimica Acta, vol.14 (1969) pp.221-231.
20. W.E. Dasent: Nonexistent Compounds. Compounds of low stability. M. Dekker, New York 1965. L'Autore spiega nella prefazione che il libro tratta dei "...compounds whose structures do not offend the simpler rules of valence, but which nevertheless are characterized by a low degree of stability".
21. A.R. Katritzky, J.M. Lagowski: The principles of heterocyclic chemistry. Methuen, London 1967; Citazione da p.14.
22. J.F. Leffler, E. Grunwald: Rates and Equilibria of Organic Reactions. J. Wiley & Sons, New York 1963; in particolare i capitoli 7 e 8.
23. M.K. Kroeger, R.S. Drago: Journal of the American Chemical Society, vol.103 (1981) e lavori della scuola di R.S. Drago ivi citati.
24. V. Gutmann: The Donor-Acceptor approach to molecular interactions. Plenum Publishing Co., New York 1978.

25. R.B.Woodward, R.Hoffmann: The conservation of Orbital Symmetry. Verlag Chemie & Academic Press, Weinheim 1970. Citazione da p.178.
26. K.Fukui: Theory of Orientation and Stereoselection. Springer-Verlag, Berlin 1973.
27. R.G.Farr, R.G.Pearson: Journal of the American Chemical Society vol.105 (1983) pp.7512-7516. In successivi lavori Parr e coll.hanno mostrato il collegamento dell'interpretazione proposta con la densità elettronica sullo orbitale di frontiera, definendo una *fukui function* col legata alla durezza assoluta. R.G.Parr, W.Yang: Journal of the American Chemical Society, vol.106 (1984) pp.4049-4050.
28. P.A.M.Dirac: Proceedings of the Royal Society, Series A, vol.123(1929), pp.714-733.
29. B.d'Espagnat: Fisica.Enciclopedia Einaudi, Torino 1979, vol.6, p.223.
30. B.d'Espagnat; rif.24, vol.6, p.239.
31. H.Primas: Chemistry, Quantum Mechanics and Reductionism. Perspectives in Theoretical Chemistry. Springer-Verlag, Berlin 1983, II edizione. Citazione da pp.8-9. (La prima edizione è del 1981).
32. Alcuni esempi dei formalismi usati ed una discussione dei limiti insiti in tali manipolazioni si trova nel rif.1, Cap.III e IV, pp.28-46.
33. L.Paoloni: Le trame concettuali della chimica. In corso di stampa. Volume a cura di G.Cortini, La Nuova Italia Editrice, Firenze 1985.
34. L.Paoloni: Quantum Mechanics and the Logical Structure of Contemporary Chemistry. In: Current Aspects of Quantum Chemistry 1981, R.Carbò Editor. Elsevier Scientific Publishing Company, Amsterdam 1982, pp.1-16.
35. L.Paoloni: La représentation des molécules en chimie: une image de la réalité, ou la réalité d'une image? L'actualité chimique, 1985. In corso di stampa.

MECCANISMI DI REAZIONE E SPIEGAZIONE CHIMICA

di Giuseppe Del Re e Patrizio Severino, Cattedra di
Chimica Teorica, Via Mezzocannone 4, I-80134 NAPOLI

Introduzione

Le domande che le varie scienze pongono alla natura si possono raggruppare in classi generalmente distinte o per il carattere stesso delle domande o per il sistema di concetti nel cui quadro si attende una risposta. Si può dire perciò che esistono diversi tipi di spiegazione scientifica, corrispondenti alle diverse discipline /1/. In particolare, la spiegazione chimica si caratterizza per il suo ricorso ad enti di una ben precisa categoria, le molecole, che vengono posti in corrispondenza con le sostanze chimiche macroscopiche, e sono trattati come cause materiali dei vari fenomeni(*): quando un chimico si chiede il perché un dato fenomeno, egli cerca di rispondere in termini di enti che si trasformano in altri enti.

Il concetto di trasformazione si può considerare come il concetto intorno a cui si impernia tutta la chimica sperimentale. Esso è valido senz'altro sul piano macroscopico. Quanto al piano microscopico, ci si può domandare come esso si traduca per combinarsi con l'altro concetto fondamentale della spiegazione chimica: quello di struttura.

Noi vorremmo qui sostenere la tesi che tale traduzione viene realizzata non attraverso complicate iniezioni di meccanica quantistica, ma attraverso l'idea ingoldiana di meccanismo di reazione. Segneremo in proposito un'importante questione epistemologica relativa allo status ontologico dei cosiddetti complessi di transizione.

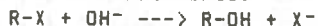
Il concetto di meccanismo

Prenderemo le mosse dalla seguente definizione provvisoria: "un meccanismo consiste in una successione di particolari configurazioni spaziali intermedie del sistema di atomi protagonista della reazione in istudio, cioè del sistema che passa da una certa configurazione

iniziale ad una certa configurazione finale". Più precisamente, si è individuato il meccanismo di un processo chimico-fisico elementare quando si sono specificate quelle configurazioni del sistema che permettono di predire in maniera univoca la o le possibili configurazioni geometriche finali. Questa definizione ha il pregio di essere molto vicina alla concezione dei chimici organici, i quali utilizzano prevalentemente analisi del tipo di Ingold/2/; essa permette anche l'interpretazione di processi come l'adsorbimento e il desorbimento, le transizioni di fase e le interazioni recettore /substrato.

Si vede dunque che la risposta alla domanda: "perché la reazione A+B dà particolari prodotti C+D e non altri?" riceve una risposta in termini di enti che costituiscono una catena di cause materiali, ciascuna delle quali consiste in una struttura determinante ai fini della successiva evoluzione del sistema.

Resta peraltro una difficoltà epistemologica, derivante dal fatto che le configurazioni spaziali necessarie per specificare un meccanismo sono in realtà di due tipi almeno a prima vista ben distinti: quelle che possiamo chiamare 'reali' -cioè i veri e propri intermedi di reazione- e quelle che possiamo chiamare 'virtuali' -cioè i cosiddetti complessi attivati. Per chiarire meglio il significato di questa distinzione consideriamo la reazione tra un alogenuro alchilico e una base forte:



Com'è noto/3/, se si studia questa reazione facendo variare il gruppo alchilico R, si trova che, a condizioni sperimentali fissate (stessa concentrazione, stessa temperatura, stesso solvente), la velocità di reazione segue una cinetica di primo o di secondo ordine a seconda che il gruppo R sia più o meno ramificato. Questo viene attribuito al fatto che la reazione può svolgersi secondo due meccanismi di tipo diverso, SN1 e SN2.

Con riferimento alla rappresentazione in termini di profilo di energia potenziale rispetto alla coordinata di reazione (nell'ambito dei paradigmi basati sull'approssimazione adiabatica/4/), possiamo fare le considerazioni seguenti.

1) Il meccanismo SN1, che deve render conto della cinetica del prim'ordine, consiste essenzialmente nell'ipotesi che la reazione avvenga con la formazione di un carbocatione prima dell'attacco dello ione OH⁻. Sul profilo dell'ipersuperficie di energia potenziale il carbocatione corrisponde ad un minimo relativo, e si può dunque considerare un intermedio reale, isolabile in opportune condizioni o comunque osservabile in linea di principio.

2) Il meccanismo SN2, che deve invece render conto di una cinetica del secondo ordine, si basa invece sull'ipotesi che la reazione avvenga in maniera concertata. Il profilo dell'ipersuperficie di energia potenziale rispetto la coordinata di reazione presenta un massimo. A questo corrisponde uno stato detto di transizione (nel nostro caso il ben noto complesso bpiramidale dell'inversione di Walden): si tratta di una configurazione intermedia virtuale che ha una vita media nulla perché decade immediatamente o allo stato dei

reagenti o a quello dei prodotti. Peraltro, il complesso di transizione è a pieno titolo una configurazione geometrica del sistema d'atomi dato indispensabile per caratterizzare completamente l'evoluzione di esso. Sorge perciò il problema di stabilirne lo status ontologico rispetto a un vero e proprio intermedio. Parrebbe infatti che esso abbia uno status ontologico differente, in quanto la sua vita media nulla renderebbe impossibile per definizione la sua osservazione sperimentale. Questo suggerisce che il complesso intermedio non ha diritto di cittadinanza in chimica, che è scienza di enti sperimentalmente osservabili; e che se ne può salvare la validità solo considerandolo come stato istantaneo del sistema dato. Questo rinvia la questione alla meccanica, la quale tratta effettivamente di stati di durata infinitamente piccola. A nostro parere, l'alternativa sarebbe di estendere il concetto di sistema molecolare osservabile a configurazioni qualsiasi la cui evoluzione sia sufficientemente lenta da potersi trascurare nei tempi di osservazione minimi consentiti. In tal senso, tenuto conto dell'abbassamento ai picosecondi, grazie ad alcune tecniche spettroscopiche, dell'intervallo di tempo di osservazione e del fatto che la velocità istantanea di evoluzione del complesso attivato è comunque nulla in quanto trattasi di equilibrio instabile, non è irragionevole pensare alla possibilità di 'osservare' una tale configurazione del sistema dato. Del resto, anche l'osservazione di certi intermedi di reazione è divenuta possibile solo in virtù delle tecniche ultrarapide: si pensi all'osservazione dello ione nitronio tramite la spettroscopia Raman/5/.

Conclusione.

Oltre al problema 'ontologico' su riportato, va tenuto in debito conto il fatto che i profili dell'ipersuperficie di energia potenziale sono frutto di calcoli, i quali, nell'ipotesi che siano validi e completi, cioè in corrispondenza fedele con la realtà, sono soltanto una descrizione di quest'ultima. Ora descrivere non è spiegare, giacché spiegare significa introdurre delle categorie, degli schemi (o modelli) di spiegazione.

In tal senso, il meccanismo di reazione, per come è stato da noi definito, fornisce appunto una spiegazione del processo considerato; giacché non solo traduce sul piano microscopico la relazione temporale

reagenti ---> prodotti,
ma dà la catena di 'cause materiali' (gli intermedi appunto) che porta dalle molecole dei reagenti a quelle dei prodotti.

In conclusione, anche la spiegazione dei fenomeni dinamici studiati dalla chimica non è di tipo meccanico, ma "ontologico", giacché essa si fonda sull'identificazione di quegli enti che, sul piano atomico-molecolare, sono responsabili dei fenomeni stessi. Questa considerazione è molto importante ai fini della revisione del fisicalismo in corso da qualche anno. Essa suffraga, su una questione d'importanza centrale, la tesi che il tipo di

semplificazione che il chimico fa, il tipo di risultati che cerca, la razionalizzazione a cui mira vengono scelti in base a criteri epistemologici specifici; e, più in generale, che i modelli di spiegazione sono propri di ogni disciplina e anzi fanno parte integrante del suo paradigma. In questo sono ormai d'accordo epistemologi illustri, come Mario Bunge/6/. Il punto di vista pluralistico della filosofia della scienza conduce però, come abbiamo visto, a nuovi interrogativi e a nuove questioni epistemologiche; la cui importanza è grandissima, perché mettono in gioco tutta la strategia della ricerca specifica della disciplina che si sta volta per volta considerando.

Note

(*)Si è qui utilizzato il termine categoria per distinguere le molecole da altri enti microscopici come i barioni, i leptoni e i quark, oggetto di studio della fisica delle particelle, i quali non vengono posti in corrispondenza con particolari sostanze macroscopiche.

/1/ G. Del Re, G. Villani, P. Severino: On the specificity of Chemical Explanation. Atti del Convegno della Soc. It. di Logica e Fil. d. Scienza, S. Gimignano, Dicembre 1983

/2/ C.K. Ingold: Structure and Mechanism in Organic Chemistry. Ithaca, N.Y.: Cornell U. Press, 1969.

/3/ P. Walden: Optische Umkehrerscheinungen. Braunschweig: Vieweg 1919. Per il meccanismo v. Ingold, op.cit.; e la rassegna di E. Mueller: Neuere Anschauungen der Organischen Chemie. Berlin: Springer, 1957. pp. 108-126. L'importanza della vita media dell'intermedio è illustrata fra l'altro da E.D. Hughes, C.K. Ingold, K.D. Scott: J. Chem. Soc. 1937, 1201.

/4/ E.E. Nikitin: Teoria elementarnykh atomno-molekuljarnykh protsessov v gazakh. Moskva: Izd. Khimija, 1970. pp. 9-27.

/5/ Per lo stato dell'arte v. fra l'altro: G.H. Atkinson (ed.): Time-resolved vibrational spectroscopy. Proc. 1982 Int. Conf. on TRS. New York: Academic P. 1983. Per la nitratura del benzene v. p.es.: C.K. Ingold, D.J. Millen, H.G. Poole: Nature 158, 480 (1946).

/6/ M. Bunge: Zeitschr. f. allg. Wissenschaftstheorie, XIII/2, 210 (1982).

Franco BLEZZA (*)

EPISTEMOLOGIA E SCUOLA DELL'OBBLIGO :
LA CHIMICA NELLE SCIENZE INTEGRATE

IL PROBLEMA

Le carenze di fondo della scuola dell'obbligo attuale (e in particolare della scuola elementare) per quanto riguarda l'educazione scientifica rappresentano una delle cause essenziali della sua inadeguatezza a soddisfare le aspettative che legittimamente la società ripone in essa: aspettative di una formazione umana delle giovani generazioni che sia completa ed equilibrata, che si estenda a tutte le forme culturali integrandole vicendevolmente; ed aspettative di una crescita cognitiva globale che sia corrispondente alla realtà del mondo d'oggi.

In tale quadro, già molto negativo di per sé, si debbono lamentare delle carenze particolarmente gravi proprio per quanto attiene alla Chimica, come insegnamento, come cultura, come componente dell'educazione. All'atto pratico, tanto nella scuola elementare quanto nella scuola media inferiore, avviene di frequente non solo che non trovino una trattazione adeguata i contenuti più essenziali di questa scienza della natura, ma addirittura che sia trascurato l'aspetto chimico perfino nell'ambito dello svolgimento dei temi nei quali esso è irrinunciabile per una comprensione appena approfondita e per la soluzione dei principali problemi che vi vengono posti.

A quest'ultimo proposito, si pensi ad esempi di temi quali l'alimenta

(*) Dipartimento dell'Educazione - Università di Trieste
Dipartimento di Fisica "Galileo Galilei" - Università di Padova

zione e le produzioni alimentari, la respirazione, l'ecologia e i problemi dell'inquinamento, l'educazione igienico-sanitaria con le relative questioni farmacologiche, l'alcool, il fumo, la droga, e così via. Uno sviluppo scarso, o comunque insufficiente, della cultura chimica non ne consente una trattazione culturalmente ed educativamente valida: l'esperienza comune offre, in merito, degli elementi decisamente sconfortanti.

L'irrinunciabilità della chimica, e gli effetti negativi della sua trascuratezza, risultano ancora più evidenti se si considera, in luogo dell'educazione scientifica, l'educazione tecnica: area educativa la quale, peraltro, ha uno spazio assolutamente inadeguato nella scuola media dell'obbligo, e non ne ha alcuno di autonomo nella nuova scuola elementare (il che rappresenta una lacuna vistosa delle riforme più recenti di questi due gradi di scuola).

Il problema di conferire alle giovani generazioni la necessaria formazione anche nel settore delle scienze chimiche appare, dunque, di soluzione abbastanza difficile nella nostra scuola: il contrasto tra aspettative e realtà, nella fattispecie, è stridente.

UNA VIA DI SOLUZIONE

Una possibile via di soluzione può essere ricercata in una delle caratteristiche più qualificanti comuni alle riforme della scuola dell'obbligo già approvate, ed anche a molte delle proposte avanzate per la riforma della scuola media superiore. Ci si riferisce al saldo e rigoroso fondamento teorico che viene conferito all'insegnamento scientifico in tutti questi atti, e che in precedenza era stato modellato su idee della scienza superate od inadeguate, o era stato omesso del tutto.

In effetti, tutti questi atti fanno un riferimento organico ed essenziale alle acquisizioni più recenti dell'epistemologia contemporanea, specialmente per quanto riguarda la definizione della scienza, la metodologia scientifica, il ruolo dell'esperimento rispetto alla teorizzazione, il rapporto tra i vari settori disciplinari e le didattiche rispettive. Si tratta, per lo più, di traduzioni elementari delle teorie della scienza del Razionalismo Critico in termini di didattica scientifica.

D'altra parte, il fenomeno va inquadrato in un contesto più generale. La rivalutazione della cultura scientifica e del suo ruolo nell'educazione che si sta compiendo in questi ultimi anni è un importante aspetto di quel processo culturale di riequilibrio tra le varie culture a livello teorico che, con molto ritardo, interessa ormai anche il nostro paese; tale processo ha un suo passaggio cruciale proprio nella revisione dell'immagine che tradizionalmente si aveva della scienza, e in una conseguente nuova teorizzazione sul tema: vale a dire, proprio in uno studio epistemologico.

Mentre le riforme dei primi otto anni della scuola dell'obbligo procedono, nonostante tutto, in un quadro teorico a questo riguardo aggiornato e apprezzabilmente consistente, si debbono lamentare dei gravi ritardi per

quanto riguarda invece la riforma della scuola media superiore: e si tratterebbe di quella più urgente, in quanto tra gli ordinamenti di questo grado d'istruzione vi sono quelli più arretrati (ad esempio, quelli dell'istituto magistrale risalgono al '52, e quelli del ginnasio superiore, del liceo classico e del liceo scientifico, addirittura al '44!).

Pur con tutte le relative inadempienze delle autorità responsabili, il dibattito scientifico, lo studio e la proposta su questo tema sono rimasti vivi e, per lo più, a buon livello. Questo si deve, in misura rilevante, alle associazioni didattico-scientifiche professionali, come testimoniano i vari documenti che esse hanno espresso negli ultimi anni. Ed è significativo il fatto che, tra tutti questi, raggiungano un livello di approfondimento teorico e di rigore metodologico molto ragguardevole proprio quelli della Divisione Didattica della Società Chimica Italiana, dal titolo "*Scuola Secondaria Superiore: obiettivi, metodologie, contenuti e strutture dell'insegnamento della Chimica nell'area comune*" (maggio 83) e "*Acquisizioni fondamentali di Chimica di base per la Scuola Secondaria Superiore*" (ottobre 83).

Va tenuto presente, per il nostro fine, che è atteso da tale riforma il prolungamento dell'obbligo scolastico anche al primo biennio di Scuola Media Superiore: esso verrebbe così a configurarsi come un ciclo strutturato secondo principi in sostanziale continuità con quelli che informano gli otto anni di scuola precedenti.

LE NUOVE INDICAZIONI METODOLOGICHE

La conseguenza fondamentale dell'adozione di basi epistemologiche aggiornate è rappresentata dalla proposta, per tutte le discipline scientifiche e per tutti i gradi d'istruzione, di un metodo per la didattica delle scienze sostanzialmente nuovo.

Esso è alternativo a quelli che vengono genericamente designati come "tradizionali, e che erano coerenti con una realtà scolastica del tutto carente sotto il profilo scientifico. Ma è alternativo anche a quella serie di metodologie e teorie della didattica delle scienze a base induttivista (metodologie, cioè, anarco-spontaneistiche, od osservazionistiche, o spontaneistiche, o simili) che hanno informato tanti tentativi sperimentali svoltisi negli ultimi due decenni, anche nella scuola dell'obbligo: tentativi lodevoli per impegno e per finalizzazione quanto limitati d'entità, e non coronati da un successo proporzionato alle energie umane e materiali in essi profuse.

Tale metodo è sintetizzato nello SCHEMA 1. Secondo queste teorie, il processo cognitivo scientifico viene a configurarsi come una sequenza di tentativi di risolvere dei problemi (intesi come contrasti tra le aspettative che derivano dalla conoscenza preesistente e ciò che la realtà oppone ad esse) mediante delle ipotesi teoriche che presentino l'essenziale requisito di essere controllabili con dati di fatto, intersoggettivamente. Questo controllo, in linea di principio, porta alla falsificazione dell'ipotesi se risulta negativo; mentre invece, per quanti controlli positivi

abbia ricevuto una certa ipotesi, non si può mai escludere che essa venga falsificata da controlli successivi, diversi o più accurati.

L'insegnamento per problemi, la precedenza dell'ipotesi teorica sulla fase empirica, la necessità di coerenza logica, la falsificabilità come requisito di scientificità, ed altri capisaldi di questa metodologia, sono esplicitati in tutti gli atti di riforma più recenti, e fanno ormai parte del comune patrimonio culturale e professionale degli operatori didattici al passo con i tempi.

LA NUOVA STRUTTURA DEI CONTENUTI

Questa nuova impostazione di metodo, soprattutto intesa come proposta di insegnare "per problemi", ha tra le sue implicazioni più evidenti un riordinamento dei contenuti dell'insegnamento: tale opzione metodologica prescrive infatti di passare dalla struttura tradizionale dei programmi, modellata sulle principali teorie disciplinari, ad una profondamente diversa, articolata per grandi temi.

Questi grandi temi, come i problemi ai quali si riferiscono (e che ne motivano la trattazione didattica), generalmente non si inquadrano bene entro ristretti schemi disciplinari: il loro svolgimento richiede, per lo più, il concorso e l'integrazione di elementi afferenti ad una pluralità di discipline.

Risiede in tale proprietà dei temi il fondamento teorico dell'insegnamento di "scienze integrate" che è previsto per la scuola dell'obbligo, e del coordinamento tra insegnamenti distinti che andrà comunque attivato quando la necessità di approfondimento rende inapplicabile un insegnamento unitario.

La tematicità e non settorialità dei contenuti è anch'essa presente nelle riforme recenti dei due attuali gradi di scuola dell'obbligo e in tutte le principali proposte di riforma della scuola media superiore relativamente al biennio, a cominciare dal documento che ha fatto da apripista per tutti gli altri: quello denominato "*Contenuti e abilità fondamentali nel settore delle scienze fisiche*" (meglio noto come documento "dei contenuti minimi"), che è stato elaborato nel luglio 76 da una commissione insediata a tale scopo dalla Società Italiana di Fisica, d'intesa con l'Associazione per l'Insegnamento della Fisica, con l'Unione Matematica Italiana e con il Consiglio Nazionale delle Ricerche.

L'INSEGNAMENTO DELLA CHIMICA NEL NUOVO QUADRO TEORICO

Vi sono ragioni profonde per ritenere che la chimica possa riacquistare la posizione che le spetta, e che è didatticamente, culturalmente ed educativamente necessario che occupi, nella nostra scuola, proprio nello ambito di queste innovazioni.

Innanzitutto, un insegnamento per problemi che sia realmente collegato o con la realtà esperienziale consueta dell'alunno, o con quella socia

le, professionale, produttiva, economica, esige un continuo ed organico riferimento alla cultura chimica. In secondo luogo, il carattere fundamentalmente sperimentale di questa disciplina rende applicabile in modo particolarmente agevole e rigoroso quello che è il carattere distintivo della scienza secondo la teoria adottata, cioè la piena controllabilità con dati di fatto. Ed ancora, la nascita relativamente recente della chimica come disciplina favorisce per certi versi l'approccio storico; mentre, da altra parte, il suo potente impatto nella realtà produttiva attuale ne esige la trattazione ogniqualvolta siano in gioco questioni tecniche di un qualche rilievo. E così via.

Anche queste considerazioni sono di applicabilità immediata a tutti i gradi d'istruzione. Innanzitutto nei due gradi nei quali attualmente si articola la scuola dell'obbligo: e, circa scuola elementare, si ricordi che i nuovi programmi prescrivono che l'area scientifica inglobi la parte più sostanziale dell'educazione tecnica. Ma anche, e non secondariamente, alla scuola superiore, nella quale esse assumono un peso ed un significato e-videntemente più cospicui. A proposito di quest'ultima va ricordato che, mentre vi è un generale accordo circa la previsione di insegnamenti scientifici e tecnici differenziati nel triennio terminale, per il biennio si discute ancora se siano preferibili insegnamenti scientifici disciplinari, accorpatisi o meno in cattedre unitarie, ovvero integrati (su una base più o meno ampia).

Per rendersi meglio conto di quanto la chimica venga valorizzata da tali innovazioni metodologiche, si rifletta sul fatto che essa costituisce la base migliore per una trattazione estesa nell'arco del decennio di obbligo tematizzata sulla materia (sua costituzione e sue proprietà), che rappresenta una parte sostanziale della cultura scientifica complessivamente intesa.

Ed infatti, raffrontando i programmi tematici prescritti per la scuola elementare e per la scuola media, si può rilevare come vi sia in entrambi un tema d'integrazione che va esattamente in questa direzione. Esso viene formulato come "*I materiali e le loro caratteristiche*" (o, con un'indicazione operativa, come "*Fenomeni fisici e chimici*") per la scuola primaria, e come "*Materia e fenomeni fisici e chimici*" per la scuola media inferiore. D'altra parte, presentano molti motivi d'interesse per la chimica anche i temi restanti.

Passando al biennio superiore, è chiaro che le proposte tematiche avanzate da ciascuna associazione didattico-scientifica presentano dei motivi di continuità riferibili alla disciplina attorno alla quale l'associazione si è costituita. E' quindi particolarmente interessante notare come emergano dei motivi di continuità sostanziale con questo filone di pertinenza chimica nelle proposte di altre associazioni, e precisamente di quelle dei fisici (S.I.F. e A.I.F.). Infatti, dei cinque temi proposti per l'insegnamento della fisica nel biennio nel documento "dei contenuti minimi" predetto ve n'è uno che prosegue tale filone: esso è formulato come "*Struttura della materia: atomi e molecole*".

Nello SCHEMA 2 si può cogliere il raffronto complessivo tra queste articolazioni tematiche. Come si vede, ci sarebbe un altro filone che si ripete con paragonabile continuità nell'arco del decennio, riguardante l'area d'integrazione tra la fisica e le scienze della terra e dell'universo: ma solo il primo è stato riconfermato in un secondo tempo come tema fondamentale valido anche per il biennio superiore: questo è affermato nel documento *"Riforma della scuola secondaria superiore: struttura, obiettivi e contenuti dell'insegnamento delle scienze fisiche"* dell'A.I.F. (ottobre 1983).

In proposito, offre degli elementi significativi anche lo *"Studio di fattibilità di un curriculum coordinato e/o integrato di chimica e fisica per il biennio della scuola secondaria superiore"*, elaborato dalla commissione mista D.D.S.C.I./A.I.F. e presentato nel dicembre 1983: tale documento offre una prova della praticabilità di quest'area d'integrazione a questo livello, anche sotto la forma di un insegnamento unitario.

Un fattivo interessamento per tale area d'integrazione, a tutti i livelli di scolarità, si va manifestando anche nell'ambito di varie istituzioni di ricerca.

D A L L A T E O R I A A L L A P R A T I C A

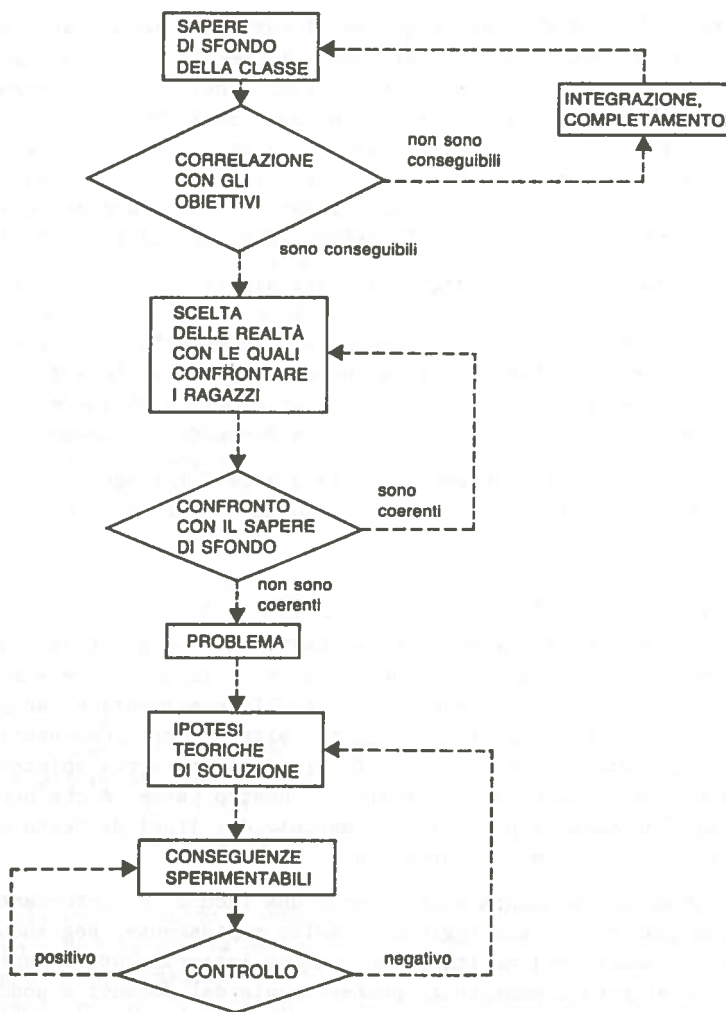
Le nuove teorie metodologico-didattiche alle quali ci siamo riferiti, pur essendo ormai largamente recepite nella legislazione e negli ordinamenti, non hanno ancora ricevuto un controllo sperimentale paragonabile a quello che aveva invece avuto per oggetto altre teorie precedenti. Ciò si deve anche al forte ritardo che la diffusione delle teorie epistemologiche dalle quali discendono ha incontrato nel nostro paese. Anche per motivi come questi, non sono disponibili sul mercato dei libri di testo che rispondano ad esse in modo pieno ed organico.

Tuttavia, se questa è certamente una lacuna, è confortante il fatto che la legislazione si sia aggiornata molto rapidamente, seguendo gli indirizzi più avanzati nel merito e recependone integralmente i capisaldi. A questo punto, sarà l'esperienza professionale dei docenti a soddisfare l'esigenza del controllo: un'esperienza professionale che sia guidata da queste teorie. Ciò assicurerà anche alla didattica quel progresso continuo ed incessante che di ogni disciplina scientifica è prerogativa irrinunciabile.

R I A S S U N T O

Il problema di dare alla chimica nella scuola italiana il ruolo che è necessario abbia, per la formazione umana e culturale delle giovani generazioni, può essere risolto nell'ambito della rifondazione teorica e metodologica dell'insegnamento scientifico che è in corso da alcuni anni.

Nella didattica impostata "per problemi, ipotesi e controlli", specialmente applicata all'insegnamento di scienze integrate nella scuola dell'obbligo, la chimica assume un ruolo centrale e una funzione irrinunciabile. Su questo si dovrà lavorare per il futuro, con teorizzazioni e proposte ben fondate teoricamente, e con l'esperienza professionale che ad esse si informerà.



SCHEMA 1 *La nuova metodologia per la didattica scientifica, secondo le teorie epistemologiche contemporanee.*

Tratto da (2), pag. 427.

SCHEMA 2 *Grandi temi per l'insegnamento scientifico nei vari gradi di scuola dell'obbligo.*

Tratto da (2), pag. 435.

Grado di scuola	Elementare	Media inferiore	Biennio media superiore
Documento	Relazione della commissione ministeriale	Decreto ministeriale sui nuovi programmi	Relazione della commissione S.I.F.
Data	10/11/1983	9/2/1979	23-24-25/6/1976
	I materiali e le loro caratteristiche	Materia e fenomeni fisici e chimici	Struttura della materia: atomi e molecole
	La terra e il suo posto nell'universo	La terra nel sistema solare	L'universo
	Gli esseri viventi, le loro strutture e funzioni e le loro interazioni reciproche, i loro rapporti con l'uomo e con l'ambiente	Struttura, funzione ed evoluzione dei viventi	Energia: Irreversibilità e Conservazione
	La gestione delle risorse naturali	L'uomo e l'ambiente	
	Il mantenimento e la difesa della salute	(educazione sanitaria)	
		Progresso scientifico e società	
			Circuiti elettrici
			Trasmissione di segnali attraverso onde

PER ULTERIORI INDICAZIONI PRATICHE relative all'insegnamento delle scienze integrate e al ruolo che in esso può avere la chimica, nello specifico della scuola elementare, si possono vedere:

- (1) *F. Blezza: Scienza e tecnica per l'educazione nella scuola primaria. Quaderno didattico n. 8 del Centro Ricerche Didattiche "Ugo Morin", Paderno del Grappa, 1984.*
- (2) *F. Blezza: Le scienze. Nel volume (a cura di E. Petrini) Il nuovo Maestri Domani. Le Monnier, Firenze, 1985.*

Aspetti della storia del rapporto chimica-matematica

Antonino Drago

Dipartimento di Fisica - Università di Napoli

1. La originaria fondazione dell'analisi, data da Leibniz (e anche da Newton) mediante gli infinitesimi, è stata a lungo accusata di essere metafisica e per un secolo era stata totalmente svalutata come mal definita. Ma dal 1960¹⁾ si è scoperto che essa può essere fondata con altrettanto rigore che la fondazione dei limiti. Da allora si è dato più peso ad una maniera di fondare tutta la matematica che iniziò ai primi del '900 ma che fino ad allora sembrava troppo riduttiva, perchè rinuncia all'uso dell'infinito in atto (il quale invece viene utilizzato dalla matematica classica sin dalla definizione di numero reale), per restringersi all'uso del solo infinito potenziale. Questa fondazione comprende diverse scuole (ricorsività, il costruttivismo, la computabilità) ma tutte equivalenti tra loro. Contemporaneamente E. Bishop con matematica costruttiva è riuscito a recuperare quasi tutti i risultati importanti della matematica classica e senza molte complicazioni²⁾.

Allora oggi siamo tornati ad avere tre maniere principali di fondare almeno l'analisi (non-standard, classica dei limiti, costruttivista). Esse corrispondono a quelle del periodo 1780-1870 (infinitesimi, limiti, algebrica di Lagrange³⁾), un periodo che fu cruciale per lo sviluppo delle scienze della natura.

D'altra parte, già nel 1919 H. Weyl aveva notato che la parte sostanziale dell'analisi, quella utile alle applicazioni fisiche, è poco più di una teoria dei numeri interi; ciò è stato successivamente confermato⁴⁾. Il che implica che l'analisi classica, o dei limiti, è ben più potente di ciò che è necessario allo scienziato della natura. E recentemente Field⁵⁾ ha dimostrato che la matematica non è essenziale alla teoria scientifica: quindi se in una teoria essa è molto ridotta, ciò non è segno di inferiorità o immaturità.

Questi fatti costringono a studiare la storia del rapporto matematica-scienze della natura con occhi nuovi, cioè ipotizzando un conflitto o una scelta tra maniere diverse di matematizzare ad es. la chimica. Ciò riprende e approfondisce il metodo di A. Koyré⁶⁾ per studiare la storia della scienza moderna. Ho affrontato questo tema per la storia della fisica, ottenendo risultati molto interessanti⁷⁾.

Qui delinearò una prima analisi della storia del rapporto tra chimica e matematica. Le tappe fondamentali della storia della chimica verranno ricostruite riflettendo sul rapporto matematica e chimica e sottolineando il contrasto tra due matematizzazioni diverse, quella della matematica classica e quella di una matematica ridotta, magari discreta. Il caso della chimica è molto interessante perchè fino a 60 anni fa la sua matematica era quasi la minima possibile

2. La teoria sistematica e matematica della natura è nata con Newton. Questa nascita fu avvincente perchè costruì contemporaneamente uno strumento di calcolo che, pur non essendo chiaro nei suoi fondamenti, aveva una potenza mai sperimentata. Inoltre costruì una teoria che potenzialmente era capace di descrivere e prevedere l'intero universo oltre che tutti i fenomeni terrestri, e per di più confermò il modello di organizzazione della teoria scientifica che era stato proposto da 2000 anni dalla unica scienza dei tempi precedenti, la geometria euclidea. In più Newton ricondusse a casi particolari della meccanica l'acustica (vibrazioni materiali) e l'ottica (la luce composta da particelle materiali).

E' chiaro che da allora la meccanica si impose come la teoria onnicomprensiva di tutti i rami della fisica (termologia, elettricità, magnetismo), e in definitiva di ogni scienza della natura e oltre (v. l'economia di A.Smith, costruita a imitazione della meccanica di Newton).

Newton stesso si occupò a lungo di chimica e iniziò il "sogno newtoniano"(come dice bene Thackray³⁾), cioè il progetto di quantificarla con la matematica delle forze centrali tramite il problema delle affinità chimiche. Sappiamo bene che uno dei primi grandi chimici teorici, R. Boyle, riuscì a distruggere il mito dei quattro elementifondamentali e a distaccare la chimica da molti concetti animistici o anche alchemici seguendo la concezione meccanicistica. Questa dominò a lungo il pensiero dei chimici⁹⁾, nonostante la sua inadeguatezza, particolarmente nel matematizzare i fenomeni chimici con l'analisi infinitesimale o almeno con grandezze continue¹⁰⁾. Ciò continuò anche quando venne introdotto il flogisto, altro concetto meccanicistico: "con il flogisto, la chimica si era tirata fuori dalla giungla della alchimia, ed era diventata una scienza, ma una scienza qualitativa, non metrica".¹¹⁾

3. La "rivoluzione chimica" avvenne con Lavoisier mediante tre avanzamenti¹²⁾. Egli negò il fluido meccanicistico flogisto (e non diede molta importanza al calorico¹³⁾). Inoltre , introducendo per primo una matematica nella chimica, sembra aver seguito il consiglio di Lagrange, che l'avvenire della chimica era affidato alla algebra ordinaria¹⁴⁾. Di fatto Lavoisier iniziò una chimica quantitativa perchè introdusse le equazioni di conservazione della materia nelle reazioni chimiche. Qui la matematica usata è di una semplicità sconcertante rispetto al "calcolo sublime", cioè rispetto all'apice del progresso matematico dei suoi tempi.

Più o meno negli stessi anni Proust emise la legge delle proporzioni costanti (1799), Dalton introdusse la sua tavola degli equivalenti espressi da numeri interi (1805), Gay Lussac dimostrò che le proporzioni dei volumi dei gas che si combinano sono esprimibili mediante numeri interi e piccoli (1809).

Oggi sappiamo che è la matematica dei numeri naturali ad aver significato in questa chimica, che diventò^{da} allora un "intreccio caratteristico di algebra ordinaria e nomenclatura"¹⁵⁾. Con ciò Lavoisier organizzò modernamente tutta la chimica. Nasceva per la prima volta un corpo teorico di chimica che non solo abbracciava una grande quantità di fenomeni (anche industriali) ma che aveva una sua coerenza interna nel tipo di matematica usata, la più semplice possibile (e dal 1818 acquistò con Berzelius una sua propria scrittura che usava i numeri quasi strumentalmente).

4. Probabilmente molti fisici di allora pensarono che l'uso di una matematica ridotta fosse il segno di una condizione di inferiorità o di primitività della chimica del tempo; il che giustificerebbe quel distacco, che viene sottolineato dagli storici¹⁶⁾, tra chimici e fisici, nella prima metà dell'800. Però di solito non si ricorda che la rivoluzione francese conteneva anche il programma di una intera rifondazione della scienza. Contro la analisi metafisica e la fisica celeste, che sono scienze devitalizzate e astratte dalla società, la scienza giacobina proponeva la scienza terrestre, in particolare la chimica, in quanto scienza della vita e dei processi fondamentali dell'uomo e della società¹⁷⁾.

Di fatto il periodo della rivoluzione francese produsse una nuova scienza, la chimica, la quale raggiunse una sua struttura teorica e una sua matematica indipendenti ed alternative a quella della meccanica¹⁸⁾. Ciò venne sottolineato, se non altro, dal filosofo che pensò di prolungare il pensiero rivoluzionario francese, A. Comte¹⁹⁾. Egli affermò appunto che la scienza non è necessariamente legata alla matematica, come dimostravano la nascita della fisiologia e l'economia, o ad una matematica superiore, come dimostrava la chimica. Quindi i chimici di allora erano sicuri di avere una scienza ben realizzata, come scienza sperimentale e come scienza teorica, e per di più in alternativa al meccanicismo culturalmente imperante (e riuscirono a raccogliere molti proseliti). Invece i fisici avevano sì una grande teoria, la meccanica, ma questa veniva criticata per il troppo astrattismo; e, di fatto, l'elettricità, il magnetismo la termologia e, dal 1813, l'ottica, non rientravano nelle sue categorie, né concettuali né matematiche²⁰⁾.

E' da credere che questa consapevolezza animasse in particolare i chimici organici, che, più degli altri chimici, si sentirono distaccati dall'uso della matematica, non tanto per ignoranza, quanto perché il fenomeno della vita non poteva richiedere una spiegazione di matematica astratta. E di fatto "probabilmente lo sviluppo della chimica organica negli ultimi cento anni costituisce

l'uso più notevole di ragionamento logico di tipo non quantitativo che sia mai avvenuto,"²¹). Allora sembra da attribuire alla scelta della matematica discreta il disinteresse dei chimici della prima metà dell'800 per la legge di massa già enunciata da Berthollet nei primi anni dell'800 e misconosciuta per 50 anni circa; la sua "colpa" probabilmente era quella di partecipare alla matematica con variabili continue, suggerita dalla teoria della affinità chimica di stampo newtoniano.

Inoltre si noti che non è possibile produrre scienza senza idealizzare²²) Newton, nella meccanica, idealizzò soprattutto lo strumento matematico (producendo l'analisi infinitesimale). Ma, successivamente, si è ottenuta teoria scientifica idealizzando le macchine (ad.es. la macchina di Carnot, che ha suggerito il 2° principio della termodinamica, o la macchina di Turing, che ha suggerito una teoria della calcolabilità); in tali casi la matematica, non essendo più idealizzata e dovendo servire la teoria, diventa una matematica strumentale, non precorritrice del ragionamento ma solo codificatrice dello stesso²³). E in effetti i chimici della prima metà dell'800 (a partire da Dalton) non concepirono più la chimica come applicazione di una teoria ideale e idealizzarono le esperienze chimiche come macchinismi ideali (tra atomi); perciò usavano strumentalmente una matematica giustamente molto semplice, intesa solo come codificatrice del ragionamento, non come suggeritrice di nuova teoria. Questo può spiegare il fatto che per 50 anni i chimici non abbiano avuto l'idea di ordinare la "grande confusione" nei loro dati mediante uno studio matematicamente semplice, quale quello che fece Avogadro (che giustamente era un chimico periferico) che portò alla riduzione massima della matematica nella teoria: quella dei numeri interi.

5. Nella prima metà dell'800 e fino al 1880 la chimica si sviluppò accumulando un gran numero di dati, nuovi elementi, nuove reazioni, le prime sintesi, nuovi fenomeni. Questo dilatarsi portò a conoscere fenomeni la cui spiegazione richiedeva un allargamento anche della matematica usata fino ad allora. In questo periodo la chimica presentò soprattutto leggi nelle quali variabili discrete si combinano con variabili continue (o, per meglio dire, a numeri troncati, cioè razionali). La prima è la legge di Dulong e Petit (1819) ed è emblematica del rapporto più semplice possibile tra variabile discreta (peso atomico) e variabile continua (calore specifico) per dare, mediante moltiplicazione, una costante²⁴). Seguono poi le leggi di Faraday e altre ancora, fino alla caratterizzazione spettroscopica degli elementi (dal 1860), alla catalisi e al capolavoro di questo tipo di matematica che unisce discreto e continuo: la tabella

di Mendelejew (1869), là dove tutti i parametri cooperano a dare un buon ordinamento degli elementi, elencati secondo i numeri naturali. E tale ordinamento è addirittura capace di fare ciò che fino ad allora solo le equazioni differenziali della meccanica erano state capaci: prevedere i fenomeni. La meccanica, con Leverrier, aveva previsto un pianeta, la chimica con la tabella di Mendelejew prevede degli elementi.

Un altro capolavoro teorico fu la architettura delle molecole suggerita da Kekulé (1866); cioè l'uso nuovo della geometria, non come geometria analitica, ma come geometria delle "simmetria"²⁵). Giustamente si sottolinea che nel periodo 1860-1880, mentre i fisici avevano l'impressione di essere vicini ad un insieme di conoscenze definitivo (cioè di aver quasi passato la maturità della fisica), i chimici avevano l'impressione di essere all'interno di un grande sviluppo²⁶).

6. Questo sviluppo della chimica può anche essere giustificato col fatto che essa, dilatando le sue conoscenze, non poteva crescere solo sui suoi fenomeni specifici e andava a interferire sempre più strettamente con la fisica, che ha fatto sempre uso di variabili continue. Perciò la matematica di questa interazione non poteva che cercare di conciliare il discreto della chimica con il continuo della fisica.

Tuttavia in chimica non interveniva la teoria dominante della fisica, la meccanica, ma la nuova teoria, la termodinamica, e le teorie che ancora erano in formazione (elettricità, magnetismo, ottica fisica). Cosicché anche quei fenomeni che in chimica ottennero una spiegazione matematica mediante variabili solo continue, suggerirono delle formule matematiche semplici, o nuove, rispetto a quelle della meccanica: la cinetica delle reazioni chimiche produsse per la prima volta una equazione differenziale (1850), ma del primo ordine (e non del secondo) e del tipo più semplice possibile; la legge di massa formulò gli equilibri e le concentrazioni (concetti non meccanici)(1860); la termochimica formalizzò il bilancio termico (1864) dato dal 1° principio della termodinamica.

E' da notare che anche la termodinamica era sorta usando una matematica molto ridotta (le quattro operazioni, nell'opera di Sadi Carnot), tanto da non usare affatto equazioni differenziali. Comunque la sua teoria, con la definizione di entropia mediante un integrale o con la legge adiabatica dei gas, richiede una matematica più potente di quella della chimica, cioè richiede i numeri reali. Tuttavia oggi sappiamo che la teoria termodinamica di allora poteva ben restringersi ai reali costruttivi²⁷). Perciò possiamo concludere che la chimica classica non ha mai idealizzato la matematica, così come fece invece la meccanica, e si è sempre attenuta ad una matematica effettiva²⁸) che le ha suggerito collegamenti solo con quelle teorie fisiche, la termodinamica e le teorie empiriche, che usavano la matematica in maniera costruttiva.

La novità, matematica e concettuale, della termodinamica divise i fisici teorici. I "termodinamici" sostenevano che la loro teoria esprimeva un nuovo modo di concepire la fisica (loro lo fondavano sul concetto di energia), il che li rendeva indipendenti o alternativi alla teoria meccanica. fra essi c'era il più grande epistemologo moderno della scienza, E. Mach, il quale

sosteneva che solo per un accidente storico la meccanica era nata prima della termodinamica, senza che ciò comportasse un primato teorico della prima sulla seconda.

Invece i "meccanicisti", maggioritari, sostenevano che la termodinamica era ad uno stadio primordiale della teoria, da superare al più presto, utilizzando estensivamente i metodi e le tecniche più avanzate della meccanica. Nel mezzo di questa polemica, mentre la meccanica non riusciva a spiegare neanche i fenomeni elettromagnetici, la teoria termodinamica riuscì a spiegare la reazione chimica sulla base del suo concetto fondamentale, l'entropia. Di fatto la intera chimica-fisica nacque non dalla meccanica ma dalla termodinamica e da fenomeni elettrici

Dal punto di vista della matematica, la chimica-fisica introdusse nella chimica teorica anche delle equazioni differenziali. Anche se allora nessuno lo notò, oggi sappiamo che anche queste possono essere definite in tre modi (classico, non standard, costruttivo). Quindi esse potevano essere intese costruttivamente. Però negli stessi anni i matematici formularono la fondazione dei limiti rigorosamente e la imposero come l'unica possibile. Quindi anche la matematica della chimica-fisica fu vista come matematica classica.

Se anche i chimici avessero mantenuto un atteggiamento di tipo costruttivo verso la loro matematica²⁹⁾, esso venne sicuramente travolto quando la chimica subì la "spiegazione" quantistica, che fa uso essenziale delle tecniche più sofisticate dell'analisi, che non è detto che siano traducibili in matematica costruttiva. Tra le varie cause della insoddisfazione dei chimici per questa pretesa riduzione, io credo che occorra sottolineare come centrale il fatto che per la prima volta la meccanica quantistica ha introdotto in chimica, come sua parte essenziale, tutta la analisi classica e quindi tutta la problematica filosofica - scientifica dell'infinito inatto, in contrasto con l'infinito in potenza; più semplicemente, i paradossi di Zenone.

7. In un altro lavoro⁷⁾ ho notato che lo studio del rapporto tra fisica e matematica evidenzia che ci sono due possibili organizzazioni dei concetti di una teoria scientifica; la prima è quella teorizzata da Aristotele negli *Analytica posteriora* e fu realizzata da Euclide con la sua geometria e poi da Newton con la sua meccanica: un sistema deduttivo generato da alcuni principi

posti come evidenti, o primitivi, o idealizzati metafisicamente. La seconda è quella che ben conosciamo nell'opera di S. Carnot, ma che in realtà già Lazare Carnot, suo padre, aveva usato per rifondare la geometria, la meccanica e l'analisi infinitesimale: trovare il problema fondamentale (in S. Carnot la efficienza delle macchine termiche), trovarne il metodo di soluzione, e con questo risolvere tutti i problemi collegati al primo. Di fatto nelle opere dei Carnot la matematica è molto ridotta e vista strumentalmente, così come è naturale quando si voglia risolvere effettivamente un problema.

Però la seconda organizzazione è stata ignorata fino a poco fa⁵⁾. Di fatto la teoria scientifica è stata sempre pensata in maniera newtoniana. Probabilmente ciò soffocò la nascita della chimica, cioè causò che "la sua rivoluzione fosse posticipata"³⁰⁾

Ora è molto semplice riconoscere che tutta la chimica, fino all'inizio dell'900, ha avuto un problema fondamentale:³¹⁾ che cosa sono gli atomi? E, assieme a questo, l'altro grande problema: che cosa sono i processi fondamentali della vita? (In effetti la sua stessa preistoria, la storia dell'alchimia, si basava su un problema fondamentale: qual'è la pietra filosofale? O, anche, quali sono tutte le possibili reazioni chimiche?) Il primo problema trova la sua soluzione con la organizzazione della tabella di Mendelejev, la quale poi permette previsioni teoriche e indica la soluzione del problema di trovare tutte le possibili reazioni chimiche e tutte le possibili sostanze, tra le quali anche quelle organiche. E la matematica usata è quella discreta: i numeri naturali giocano un ruolo centrale, e per il resto servono solo i numeri razionali che esprimono i risultati delle misure sperimentali (che sono numeri troncati). Allora il modello di teoria scientifica della chimica classica è un esempio molto netto di modello problematico e con matematica costruttiva (addirittura solo discreta), tanto da esserne un esempio meglio definito della meccanica o della geometria di Lazare Carnot, o anche della termodinamica di S. Carnot; in queste ultime i problemi fondamentali hanno dato luogo a tecniche di soluzione che poi sono state o sorpassate o modificate³²⁾

Ma poco dopo nacque la chimica-fisica. Questa ha un modello di teoria scientifica differente: la teoria termodinamica è assunta a priori, come principio evidente dal quale segue il resto della teoria. E' il modello euclideo. Con ciò il problema fondamentale su cui si era costituita la chimica precedente (esistono gli atomi?) non fu più il problema fondamentale della nuova teoria; e, di fatto, per i chimici della fine del secolo esso diventò un problema della conoscenza scientifica generale, cioè un problema filosofico. Uno dei principali artefici della chimica-fisica, W. Ostwald, ne era talmente convinto da impor-

re a tutta la comunità scientifica l'obbligo di prendere posizione pro o contro questa tesi³³). Questo problema filosofico, assieme col problema filosofico della vita, fu risolto da Ostwald in senso antimaterialistico. Il che ha trascinato i chimici in una polemica astratta dalla ricerca scientifica; polemica che giustamente fu sconfitta (nonostante che negli stessi anni l' $E=mc^2$ di Einstein confermasse l'energetismo di Ostwald, e che, due decenni dopo, il principio di indeterminazione negasse una completa verifica degli atomi) quando, all'inizio del '900, si dimostrò che il problema degli atomi era di natura fisica, perché ne furono fornite prove sperimentali. Quindi il nuovo modello teorico introdotto dalla chimica fisica (il modello euclideo) creò una grande ambiguità nella concezione dei fondamenti della chimica tutta, che si associò all'altra ambiguità, l'uso della matematica classica come l'unica possibile.

Probabilmente, anche per aver subito queste ambiguità, poi i chimici subirono senza spirito critico la riduzione della chimica nella meccanica quantistica. Questa riduzione comporta un completo cambiamento del modello di teoria scientifica: da quello problematico a matematica discreta, valso fino al 1880, si è passati, nel giro di 50 anni, al modello con l'organizzazione euclidea (la meccanica quantistica come principio dato per assicurato, dal quale dedurre tutte le leggi chimiche) e con la matematica classica; cioè al modello tipicamente della meccanica classica di Newton. Allora è ben comprensibile la insoddisfazione dei chimici di fronte a questa riduzione della loro teoria nella meccanica quantistica, perché, a parte la secolare diffidenza dei chimici verso il meccanicismo newtoniano, cinquant'anni sono veramente pochi per passare da un modello di teoria, che aveva dato alla chimica una nascita e una gloria autonome, al modello completamente opposto. Tanto più che se oggi si elencano i modelli delle teorie della fisica attuale, un modello euclideo con matematica classica così netto come in chimica non c'è nella relatività (che è problematica) né nella meccanica quantistica (che certamente non ha dei principi evidenti, né ha una matematica solo continua⁷⁾.

Sotto questa luce gli studi di Prigogine e della sua scuola appaiono molto interessanti. Essi sottolineano la categoria della complessità, essenzialmente inafferrabile dalla meccanica newtoniana; il che porta ad una critica radicale dei fondamenti del meccanicismo, per rivalutare l'altra teoria capace di trattare la complessità, la termodinamica. Il suo lavoro allora appare come il primo passo per porre il problema scientifico di quale modello teorico sia il più adatto alla chimica, quello newtoniano o quello carnotiano (termodinamico).

NOTE E BIBLIOGRAFIA

- 1) A. Robinson: Non-standard Analysis, North-Holland, Amsterdam, 1960; in particolare cap. X.
- 2) E. Bishop: Foundations of Constructive Analysis, Mc Graw Hill, New York 1967. Una versione divulgativa è A. Calder: Constructive Mathematics Sci. Am. 24 (1979), 134-142.
La fondazione più facile è la matematica computabile di O. Aberth: Computable Analysis, Mc Graw-Hill, New York, 1980
- 3) I. Grattan Guinness: From the Calculus to Set Theory 1630-1910, Duckworth London, 1980; par. 34.
- 4) Si veda in particolare: S. Feferman: Systems of Predicative Analysis, in J. Hintikka: The Philosophy of Mathematics Oxford, London, 1969, 102-109.
- 5) H.H. Field: Science without Numbers, Princeton U.P., Princeton, 1980
- 6) In precedenza studi del genere erano stati iniziati da A. Koyré: Etudes d'Histoire de la Pensée Philosophique, Gallimard, 1961 e recentemente dagli autori del libro: W R. Shea Nature Mathematized, Reidel, 1983. In particolare A. Koyré: Dal mondo chiuso all'universo infinito, Feltrinelli 1970 sottolinea il passaggio cruciale, per la nascita della scienza moderna, dal finito all'infinito (nella matematica)
- 7) A. Drago: Storia delle teorie fisiche secondo le loro due scelte fondamentali: l'organizzazione della teoria e il tipo di matematica, Atti del V Congr. Naz. St. Fisica, Roma, 1984 (in press)
A. Coppola e A. Drago: Galilei ha inventato il principio d'inerzia? ibidem
- 8) A. Thackray: Atomi e forze. Studio sulla teoria della materia in Newton, Il Mulino, Bologna, 1981, e anche Quantified Chemistry - The Newtonian Dream, in D.L.S. Cardwell (ed.): John Dalton and the Progress of Science, Manchester U.P., 1968, 92-109.
- 9) Cfr. H.M. Leicester: Storia della Chimica, ISEDI, Milano, 1978, p.128.
- 10) A riprova di ciò cito R. Viallard e M. Dumas: L'édification de la science classique, in M. Dumas (ed.): Encyclopédie de la Pléiade, Histoire de la Science, Gallimard, Paris, 1957, m.235: "Tutti gli autori del XVIII sec. si ponevano il problema se la materia potesse essere divisa all'infinito. In generale davano questa risposta: matematicamente i corpi sono divisibili in due parti, per es., tante volte quante si possono immaginare, fino all'infinito. Ma nella realtà della natura non è lo stesso; la logica di questa realtà vuole che le particelle ultime siano inseparabili" (sott. mia).
- 11) C.C. Gillispie: Il criterio dell'oggettività, Il Mulino, Bologna, 1980, p.204.
- 12) S.E. Toulmin: Esperimenti cruciali: Priestley e Lavoisier, in P.P. Wiener e A. Noïand (eds.): Le radici del pensiero scientifico, Milano, Feltrinelli, 498-517.
- 13) In P.S. Laplace e A.L. Lavoisier: Memoire sur la Chaleur, Parigi, 1780, calorico e teoria meccanica del calore vengono messi in parallelo per spiegare i fenomeni termici.
- 14) C.C. Gillispie: Lazare Carnot Savant, Princeton U.P., 1971, p.92.
- 15) C.C. Gillispie: Il criterio..., cit., p.202. A pag. 226 ricorda che per Lavoisier "l'algebra è il metodo analitico par excellence".
- 16) H.M. Leicester: op.cit., pag.182-3.
- 17) C.C. Gillispie: The Encyclopédie Française and the Jacobinian Philosophy of Science: A Study on Ideas and Consequences, in M. Clagett (ed.): Criti-

- cal Problems in the History of Science, Wisconsin U.P., 1962, 255-290. Un primo segno di ciò è la voce: Chimie dell'Encyclopédie, curata da Vinet: essa separa la chimica dalla fisica (newtoniana), anche relativamente al problema della affinità chimica. Inoltre Diderot era nettamente contrario alla matematica nella scienza (C.C.Gillispie: Il criterio..., cit., p.188).
- 18) "La teoria era profondamente anti-fisicalista e anti-newtoniana, perché respingeva l'unità della materia e rifiutava le forze a breve raggio". (A.Thackray: Atomi e forze.cit., p.305).
- 19) A. Comte: Cours de Philosophie Positive, Parigi 1842 lez. 35°, p.578 e Cours de Politique positive, Parigi 1895, t.IV, p.123. Si noti che purtroppo la chimica non fu presa in considerazione in quell'affascinante quadro storico tracciato da un altro filosofo, profondo conoscitore della scienza e acuto pensatore del rapporto matematica-scienza: E.Husserl: La crisi delle scienze europee e la fenomenologia trascendentale, Il Saggiatore, Milano, 1961. Husserl individua la crisi nell'aver matematizzato la natura mediante la geometria analitica (e le equazioni differenziali, aggiungo io) e cioè in definitiva, mediante le operazioni di regolo e orologio; il che non riguardò affatto la chimica almeno fino ai primi decenni del 1900.
- 20) Si noti che ad es. nei primi decenni dell'800 l'affinità chimica, contrariamente alle aspettative della maggior parte dei chimici e degli scienziati del tempo, non trovò spiegazioni mediante forze meccaniche, ma solo mediante le forze della ancora sconosciuta teoria dell'elettricità.
- 21) H.M.Leicester: op.cit., p.200.
- 22) Rispetto alla molta letteratura su questo tema, cito solamente la polemica su Phil. Sci. 38(1971)(W.L.Barr), 40 (1973)(L.Nowack), 41 (1974)(W.L.Barr), 45 (1978)(R.J.Schwarz).
- 23) In fisica ciò si manifesta soprattutto con Lazare e Sadi Carnot, nelle opere dei quali la matematica è così ridotta, rispetto a quella usuale per i fisici, da averli fatti considerare per 150^{anni} dei semplici "ingegneri" (così come fa anche C.C.Gillispie: Lazare Carnot..., cit.)
- 24) La convinzione della semplicità della matematica è espressa da Dulong e Petit con le seguenti frasi: "C'è sempre qualcosa di arbitrario nel fissare il peso specifico delle molecole elementari (pesi atomici); ma l'indeterminazione riguarda al più due o tre numeri che tra di loro hanno rapporti molto semplici" (cit. in J.Jacques: L'essor de la Chimie, in R.Taton(ed.): La Science Contemporaine, PUF, Parigi, 1961, vol.3,p.311).
- 25) Kekulé lo dice espressamente (cit. in J.Jacques: op.cit., p.330)
- 26) R.Viallard e M.Dumas: op.cit., p.967.
- 27) A. Drago: Carathéodory's Thermodynamics and Constructive Mathematics, Lett. Nuovo Cim. 34 (1982) 52-56 dimostra che la formulazione di Carnot-Kelvin-Clausius è in accordo con la matematica costruttiva (come pure quella di Brønsted), mentre non lo è quella di Carathéodory e molte altre.
- 28) In A.Drago: Dimensional Theory and Computable Analysis, Lett. Nuovo Cim. 37 (1983) 409-412, ho dimostrato che la matematica costruttiva è capace di decidere una relazione analoga al bilancio della materia nelle reazioni chimiche solo se i numeri sono un sottinsieme proprio dei reali costruttivi; di fatto in analisi dimensionale si usano solo i razionali, in chimica solo inaturali.

- 29) Eppure era il tempo della famosa opposizione di Kronecker all'infinito in matematica. Solo E.Mach sottolineò il contrasto tra fisica con variabili continue e chimica con variabili discontinue (J.T.Blackmore: E.Mach, California U.P., 1972,p.311).
- 30) H.Butterfield: Le origini della scienza moderna, Il Mulino, 1962,p.228. Prima della nascita come teoria, in chimica tutti ne cercavano i principi (magari individuandoli negli elementi naturali) e lo stesso Lavoisier si fondò sul "principio ossigenico" per dedurre tutto (1777). Solo "da allora in poi la chimica è la scienza che misura le quantità e non distilla più principi" (C.C.Gillispie: Il criterio..., cit.,p.226).
- 31) Così come l'ottica ebbe il problema fondamentale : che cosa è la luce? e l'acustica il problema fondamentale: che cosa è il suono?
- 32) La termodinamica di Sadi Carnot fu inclusa da Kelvin e Clausius in uno schema teorico differente da quello originale, cioè quello attuale. Si noti però che esso non è soddisfacente. Cfr. P.T.Landsberg: Is Thermodynamics an Axiomatic Discipline?, Bull. Inst. Phys.and Phys.Soc.,(1964),p.150-6 e anche The Born Centenary: Remarks about Classical Thermodynamics, Am.J.Phys. 51 (1983) 842-5. Per quanto riguarda le tecniche di soluzione adottate da Lazare Carnot in geometria (correlazioni) e in meccanica (conservazione dell'energia), successivamente esse sono state molto rimaneggiate.
- 33) U.Forti: Storia della Scienza, Dall'Oglio, Milano, 1969, vol. V, p.309.

CONTENUTO

GIAN TOMMASO SCARASCIA MUGNOZZA: <i>Prefazione</i>	III
LUIGI CERRUTI: <i>Habent sua fata libelli. Memorie di un curatore</i>	V
Ristampa anastatica	LIX