

RENDICONTI  
DELLA  
ACCADEMIA NAZIONALE  
DELLE SCIENZE  
DETTA DEI XL

MEMORIE DI SCIENZE  
FISICHE E NATURALI



SERIE V, VOL. XVII, PARTE II, TOMO II, 1993  
111° DALLA FONDAZIONE (1782)  
ROMA

RENDICONTI  
DELLA  
ACCADEMIA NAZIONALE  
DELLE SCIENZE  
DETTA DEI XL

MEMORIE DI SCIENZE  
FISICHE E NATURALI

A CURA DI

L. AMERIO - A. BALLIO - E. GATTI - A. GRANITI - A. IMBESI - E. MANELLI  
G.B. MARINI BETTÒLO - G. MODENA - A. MOTTANA - E. PICASSO  
G.T. SCARASCIA MUGNOZZA - G. SETTI



SERIE V, VOL. XVII, PARTE II, TOMO II, 1993

111° DALLA FONDAZIONE (1782)

ROMA

ACCADEMIA NAZIONALE DELLE SCIENZE  
detta dei XL

---

Atti del V Convegno Nazionale di

STORIA E FONDAMENTI  
DELLA CHIMICA

Organizzato da:

UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI PERUGIA - DIPARTIMENTO DI CHIMICA  
GRUPPO NAZIONALE DI FONDAMENTI E STORIA DELLA CHIMICA  
ACCADEMIA NAZIONALE DELLE SCIENZE DETTA DEI XL

a cura di

GIANLORENZO MARINO



Perugia, 27-30 Ottobre 1993

## Lista dei partecipanti

- ABRI FERDINANDO, Agliana (PT)  
ALOISI G.G., Perugia  
AMAT DI SAN FILIPPO PAOLO, Cagliari  
AQUILANTI VINCENZO, Perugia  
ATTARDO CARLA, Imola (BO)  
BADIELLO ROBERTO, Bologna  
BASSANI ANGELO, Venezia  
BEI FABIO, Roma  
BICCHIERI MARINA, Roma  
BIGI LAURA, Magione (PG)  
BOATO GIOVANNI, Genova  
CAIA VINCENZO, Perugia  
CALASCIBETTA FRANCO, Roma  
CAPUANO FABRIZIA, Scandiano (RE)  
CARDONE FRANCESCO, Reggio Calabria  
CARUSI PAOLA, Roma  
CAVALCHI BRUNO, Reggio Emilia  
CERRUTI LUIGI, Torino  
GIARDI MARCO, Firenze  
CORRADINI GIORGIO, L'Aquila  
COSTA MARIAGRAZIA, Firenze  
COZZELLA MARIA LETIZIA, Roma  
CURI ETTORE, Verona  
DALL'OLIO GIULIANO, Montecchio Maggiore (VI)  
DAVOLI VELNOBE, Reggio Emilia  
DECET FABIO, Belluno  
DEL RE GIUSEPPE, Napoli  
DI MEO ANTONIO, Roma  
DORONZO SALVATORE, Bari  
DRAGO ANTONINO, Napoli  
FILOCAMO LUIGI, Roma  
FIORENTINI CARLO, Firenze  
FOCHI GIOVANNI, Pisa  
GABRIELLI GABRIELLA, Perugia  
GALIAZZO GUIDO, Padova  
GALLIZIOLI SIMONA, Perugia  
GALUZZI MASSEMO, Milano  
GANDELLINI MARINA, Brescia  
GARGAGLI RITA, Città di Castello (PG)  
GAUDIANO ALDO, Roma  
GELSOMINI NEDO, Firenze  
GIULIETTI GIANFRANCO, Perugia  
GRELLA ADELAIDE, Perugia  
KNIGHT DAVID, Durham (U.K.)  
MAIOLO F., Perugia  
MALTESE PAOLO, Terni  
MANZELLI PAOLO, Firenze  
MARINO GIANLORENZO, Perugia  
MEINEL CHRISTOPH, Regensburg (Germania)  
MIBONE PAOLO, Modena  
MOSINI VALERIA, Roma  
NICOLAUS BRUNO, Monza (MI)  
NICOLINI NICOLETTA, Roma  
NUNZIANTE CESARO STELLA, Roma  
ORIAGGI GIANCARLO, Roma  
PANNUTI MARIA, Perugia  
PAOLONI LEONELLO, Palermo  
PASCHETTO ELENA, Monza (MI)  
PIGHETTI CLELIA, Ferrara  
PIROLO ANTONIO, Napoli  
PLOSSI ZAPPALÀ MARIAGRAZIA, Roma  
POLLASTRI CONTISSI MARIA ROSA, Brescia

RAMBALDI GABRIELLA, Genova	TODESCO PAOLO EDGARDO, Bologna
ROBOTTI NADIA, Genova	TORRACCA EUGENIO, Roma
ROSSI ARCANGELO, Lecce	TRALCI ALFEO, Foiano della Chiano (AR)
ROSSI MAGI MAURO, Foligno (PG)	TURCHI ANDREA, Roma
SELIGARDI RAFFAELLA, Bologna	VALEGI CARMEN, Perugia
STENER ANTONIA, Trieste	VOLPE ROBERTO, L'Aquila
TIRA SERGIO, Torino	

### Ringraziamenti

Si ringraziano per i generosi contributi che hanno reso possibile la realizzazione del Convegno:

- Il Consiglio Nazionale delle Ricerche;
- La Regione Umbria;
- La Cassa di Risparmio di Perugia;
- La Provincia di Perugia;
- La Eurobase S.p.A.

Si ringraziano inoltre:

- L'Accademia Nazionale delle Scienze detta dei XL, che ha dato il patrocinio al Convegno, ha curato la stampa e la diffusione di questo volume degli Atti.
- L'Università di Perugia che ha offerto un ricevimento ai partecipanti e concesso l'utilizzo della struttura, in particolare quelle dell'Ufficio Stampa per la stampa delle circolari e del libretto dei summi.
- La Segreteria del Dipartimento di Chimica per la gestione dei fondi e della corrispondenza.

## Programma del Convegno

### Mercoledì 27 ottobre 1993

- Apertura del Convegno  
*1ª sessione* - Presiede: G. DEL RE
- L1 Conferenza del prof. L. PAOLONI (Università di Palermo): «I dieci anni di Cannizzaro a Palermo: Progetti e realizzazioni 1862-1871»
- C1 M. CIARDE: «La chimica? Una teoria particolare. Berthollet e la rivoluzione lavoisieriana»
- C2 S. TIRA: «Un alchimista di sorta militare alla corte di Carlo Emanuele I di Savoia (1580-1630)»
- C3 A. DI MEO: «La natura come sistema di cicli chimici»

### Giovedì 28 ottobre 1993

- 2ª sessione* - Presiede: P. MIRONE
- L2 Conferenza del prof. C. MEINEL (Universität Regensburg, Germania): «Mutamenti strutturali nella comunicazione internazionale in chimica»
- C4 P. CARUSI: «Filosofia alchemica e rappresentazione: il diagramma della natura e la ruota della fortuna»
- C5 F. ABBE: «Antichità e novità del sapere chimico nel tardo Seicento»
- C6 E. CURI: «Lettere sull'acqua (1783-1785)»
- C7 P. AMAT DI SAN FILIPPO: «La chimica applicata nella Sardegna della metà del '700 e sue connessioni con la Germania»
- C8 F. CAPUANO, B. CAVALCHI e V. DAVOLE: «La misura della respirabilità dell'aria alla fine del '700: le esperienze di Lazzaro Spallanzani e dei contemporanei»
- 3ª sessione* - Presiede: F. ABBE
- L3 Conferenza del prof. V. AQUILANTI (Università di Perugia): «Le scienze molecolari e i confini tra comportamento classico e quantistico»
- C9 N. ROBOTTE: «Ai confini tra chimica e fisica: le radici della radioattività»

- C10 G. FOCCHI: «Gli aspetti storici della divulgazione della Chimica»
- C11 G. MARINO: «Le parole chimiche nell'opera letteraria di Primo Levi»  
*Assemblea dei Soci*

**Venerdì 29 ottobre 1993**

*4ª sessione* - Presiede: L. CERRUTI

- L4 Conferenza del prof. D. KNIGHT (University of Durham, U.K.): «What is the History of Chemistry?»
- C12 A. DRAGO: «A characterization of Lavoisier's revolution»
- C13 F. CALASCIBETTA: «Il ruolo delle ricerche crioscopiche di Raoult nella nascita della moderna chimica fisica (1878-1897)»
- C14 A. BASSANI: «Temi e figure della ricerca chimica nel Veneto austriaco (1815-1866)»

*5ª sessione* - Presiede: G. BATTIMELLI

- C15 P. MIDONE: «La teoria energetica di Ostwald»
- C16 S. NUNZIANTE CESARO e E. TORRACCA: «Considerazioni di tipo chimico e fisico all'origine dell'idea di conformazione molecolare»
- C17 P. MALTESE: «Storia del politetrafluoroetilene»
- C18 P. MANZELLI e M.G. COSTA: «Giorgio Piccardi (1895-1972): il tempo come coordinata»

*Sessione Poster*

- P1 M. BICCHIERI: «La stampa e i suoi inchiostri»
- P2 M. CERRUTI: «Situazione conoscitiva e insegnamento della chimica. La *Chemical Philosophy* di W.A. Tilden»
- P3 F. BONATI† e C. PIGHETTI: «La *cerca dell'oro* nel mondo di Robert Boyle»
- P4 F. DECET: «Le indagini chimiche sulle piogge tra '700 e '800»
- P5 A. DRAGO e A. PIROLO: «Simmetrie in chimica classica: una rifondazione?»
- P6 A. GAUDIANO: «Storia del nobile collegio chimico farmaceutico»
- P7 N. GELSOMINI, M.G. COSTA e P. MANZELLI: «I luoghi della chimica nella Firenze dell'800»
- P8 G. DALL'OLIO: «La commissione per la monografia delle acque minerali del Veneto»

- P9 G. RAMBALDI: «Gli strumenti del Laboratorio di Chimica: documenti e testimonianze dell'attività didattica e di ricerca condotta nell'Ottocento dall'Ateneo Genovese»
- P10 R. SELIGARDE: «Il Laboratorio di Giacomo Ciamician dell'Università di Bologna (1890-1922)»  
*6ª sessione* - Presiede: E. TORRACCA
- C19 G. CORRADINI e R. VOLPE: «Le origini del concetto di atomo»
- C20 R. BADIELLO, A. BRECCIA e M. ZINI: «Lo studio della chimica in Italia e in Inghilterra nel secolo XVIII»
- C21 N. NICOLINI: «La lotta per l'esistenza nella legge di azione di massa»
- C22 M.G. PLOSSI ZAPPALÀ: «Il cammino della carta nei secoli»

**Sabato 30 ottobre 1993**

Tabola Rotonda «Le storie disciplinari - Modelli di scrittura e istruzioni per l'uso». Coordinano: L. CERBUTI (Università di Torino) e G. BATTIMELLI (Università di Roma)

- Introduzione ai lavori
- Relazioni di: F. ABBRI (Chimica, Università di Arezzo), A. BRIGAGLIA (Matematica, Università di Palermo), E. GAGLIASSO (Biologia, Università di Roma), A. ROSSI (Fisica, Università di Lecce)
- Osservazioni di: G. BATTIMELLI (Fisica, Università di Roma), C. FIORENTINI (Chimica, C.I.D.I., Firenze), M. GALUZZI (Matematica, Università di Milano)
- Discussione generale e replica dei relatori
- Chiusura del Convegno

## Cronaca della seduta inaugurale

Durante la cerimonia inaugurale tenutasi nel pomeriggio del 27 ottobre nell'aula Bellucci del palazzo Rettorale, prendono la parola, nell'ordine, il prof. Gian Gualberto Volpi, membro della Accademia Nazionale delle Scienze detta dei XL, il prof. Antonio Sgamellotti, membro del Comitato per la chimica del C.N.R., il prof. Paolo Edgardo Todesco, presidente della Divisione di Didattica chimica della Società Chimica Italiana e il prof. Gianlorenzo Marino, presidente del Convegno.

Il prof. Volpi porta il saluto dell'Accademia e del suo presidente, il prof. Gian Tommaso Scarascia Mugnozza che non ha potuto essere presente personalmente per altri impegni. Il prof. Volpi ricorda come l'Accademia dei XL, in coerenza con il suo tradizionale impegno in favore degli studi di storia della Scienza, abbia sempre seguito con grande interesse i lavori del GNFSK e i convegni da questo Gruppo organizzati e assicura che anche questa volta l'Accademia provvederà a stampare il volume degli atti del Convegno, nella forma di un fascicolo speciale dei Rendiconti. Il prof. Volpi trasmette infine il saluto e l'augurio di buon lavoro da parte dell'accademico Giovanni Battista Marini Bettòlo, animatore dei precedenti convegni e questa volta impedito da ragioni di salute a partecipare, come avrebbe desiderato.

Al nome di Marini Bettòlo un caloroso e prolungato applauso si leva dai presenti, in segno di gratitudine e di affettuoso augurio per una pronta e completa guarigione.

Prende quindi la parola il prof. Antonio Sgamellotti, componente del Comitato Nazionale per le Scienze Chimiche del Consiglio Nazionale delle Ricerche. Egli porta il saluto di tutto il Comitato Chimico del CNR ed in particolare del suo presidente, prof. Romano Cipollini. Questi avrebbe voluto partecipare personalmente all'inaugurazione del Convegno, ma impegni connessi con la sua carica istituzionale lo hanno trattenuto a Roma. Il prof. Sgamellotti sottolinea il rinnovato interesse con cui il Comitato segue le iniziative nel campo della storia e dei fondamenti della chimica: una dimostrazione significativa è il contributo finanziario erogato per l'organizzazione di questo V Convegno Nazionale, che in un periodo di ristrettezze di fondi a disposizione e conseguentemente di scelte, è indicativo della considerazione che il Comitato ha per questa disciplina. A ribadire questo interesse, il prof. Sgamellotti ricorda che il Comitato Chimica

è coinvolto in un programma europeo quinquennale della «European Science Foundation» (ESF) avente per tema «Evolution of Chemistry in Europe (1789-1939)». A tale programma partecipano Francia, Germania, Inghilterra, Irlanda, Portogallo e Spagna. Per l'Italia aderiscono i Comitati Nazionali del CNR per le Scienze chimiche, per le Ricerche tecnologiche e l'innovazione e per le Scienze storiche.

Il Comitato Chimica ha nominato come suo rappresentante nel programma il prof. Angelo Guarino dell'Istituto di Chimica nucleare CNR di Montelibretti.

Nel concludere il suo intervento, il prof. Sgamellotti si dice sicuro del successo scientifico del Convegno per il fatto di conoscere personalmente le grandi capacità e l'impegno profuso dal Comitato organizzatore, ed in particolare del suo presidente prof. G. Marino, ed augura a tutti i partecipanti un proficuo lavoro.

I successivi interventi dei proff. P.E. Todesco e G. Marino sono riportati integralmente.

## Saluto del prof. Paolo Edgardo Todesco (\*)

Sono lieto ed onorato di trovarmi qui a questo tavolo per inaugurare il V Convegno Nazionale di Storia e Fondamenti della Chimica. Il piacere ha diverse origini. Sono lieto di trovarmi a Perugia perché questa città e questa Università hanno fatto parte della mia vita di ragazzo. Infatti mio Padre, il prof. Giorgio Todesco, fece parte di questo Ateneo come Professore di ruolo di Fisica dal 1935 al 1938 prima e, dopo una dura parentesi imposta da provvedimenti razzisti e liberticidi che lo avevano allontanato dalla sua amata Accademia, dal 1945 al 1948. Il suo attaccamento alla sede perugina fu grande, come forte fu il ricordo della calda ospitalità della gente umbra. So che numerosi segni della passione per la didattica delle scienze sono stati lasciati da mio Padre in questo Ateneo e anche negli altri in cui è passato nella sua sofferta e appassionata vita accademica. Tali segni, che la passione e la cultura di molti Docenti di questo Ateneo hanno conservato nell'allestimento di forniti musei degli apparecchi scientifici, di un interesse che oggi possiamo ben definire storico, sono costituiti da apparecchiature sperimentali da Lui costruite e con cui insegnava concretamente la Fisica sperimentale ed il metodo scientifico. In questo modo si aggancia in modo fermo il nobile « mestiere » di maestro e di docente non ad una stima « automatica », dovuta e derivante dall'etichetta di « professore di ruolo » ma ad una continua dimostrazione pratica, che rende del tutto credibili ed accettabili le teorie e le previsioni proposte e che scarta le interpretazioni che via via si rivelano inadeguate, permettendo così la elaborazione di nuove e più adeguate concezioni scientifiche. Questo tipo di ricordo credo che ben trovi il suo luogo in un congresso di Storia e Fondamenti della Chimica, altra scienza sperimentale che contribuisce in modo essenziale alla formazione di una mentalità scientifica così necessaria per l'interpretazione corretta del mondo d'oggi.

Il secondo motivo di lietezza risiede nel fatto che nell'Ateneo di Perugia oggi ho un gruppo notevole di amici, di ricercatori cui sono accomunato nell'aver nei tempi passati introdotto in Italia la Chimica Organica Fisica e i Meccanismi di reazione, cioè modi di intendere la Chimica Organica che la hanno trasformata da una collezione non sempre coordinata di prodotti, reazioni

(\*) Presidente della Divisione di Didattica della Società Chimica Italiana. Università degli Studi di Bologna.

e peci insolubili, in un coordinato e coerente sviluppo intellettuale e logico di appassionante bellezza. Fra questi colleghi che hanno portato avanti con successo la bandiera dei meccanismi di reazione mi piace vedere a questo tavolo il prof. Marino, organizzatore attuale di questo Convegno. Lo sviluppo della Chimica organica meccanicista italiana sopra citato è avvenuto sotto la spinta di alcuni pionieri fra cui voglio qui ricordare con affetto il prof. Illuminati, che della attuale Scuola di Chimica Organica dell'Università di Perugia è stato lo splendido e appassionato promotore.

L'amicizia, che si estende anche ad altri colleghi delle altre discipline chimiche, è inoltre resa più forte anche dal fatto che la distanza fra Bologna, mia sede universitaria, e Perugia è tale da mettere al riparo da eventuali interazioni motivate da interessi di tipo «accademico-concorsuale» che non sempre o non solo operano per il progresso della conoscenza umana, che invece dovrebbe essere il principale e prevalente interesse della Comunità accademica. Così so che la mia lieatezza e quella dei miei ospiti è spontanea e sincera.

Vi è poi un terzo motivo, di tipo ufficiale. Sono qui nella mia veste di Presidente della Divisione di Didattica della Società Chimica Italiana e sono ben lieto di partecipare alla inaugurazione di questo congresso perché sono convinto dell'importanza della Storia della Chimica per una migliore attivazione della didattica di questa disciplina e della didattica delle scienze in generale. So che questo non è un concetto generalmente ben compreso e sono fiero di rappresentare qui l'appoggio di tutta la Divisione di Didattica a quanti in Italia operano nel campo della Storia e dei Fondamenti della Chimica. Ritengo questa attività del tutto essenziale ed importante per la comunità chimica. È pur vero che esistono numerosi colleghi che si perdono nella loro specializzazione, che procede in settori sempre più profondi e sempre più ristretti, fino a perdere completamente il contatto sia con il mondo esterno che con la loro stessa disciplina. Questo tipo di specialisti ritiene anche che non sia necessaria una specifica competenza per operare in campo didattico e certamente non comprende la necessità per tutto il mondo chimico dello studio e della ricerca sulla storia della disciplina.

Secondo loro chi si occupa di Didattica o di Storia della Chimica lo fa per compensare una assenza di risultati di rilievo in campo chimico. Occorre invece riaffermare con forza la estrema necessità per la società moderna di effettuare una profonda riflessione sulla Storia e sui Fondamenti della Chimica per comprenderne meglio il significato e l'influenza determinante sul mondo di oggi. Di particolare interesse per chi opera in Didattica della Chimica risulta la messa a punto di argomenti di Storia della Chimica da inserire armonicamente in un insegnamento della chimica integrato con le altre discipline scolastiche.

Parimenti la ricerca in didattica che permette la individuazione di strumenti validi per la trasmissione dei grandi valori di base che la scienza chimica ha messo a disposizione dell'Umanità. Questo è indispensabile per creare nell'opi-

nione pubblica una immagine della chimica ben diversa da quella attuale e più corrispondente a quello che storicamente è stato ed è il contributo della chimica alla formazione di un mondo più civile e progredito. E anche qui vale la pena ricordare l'opera appassionata e competente del prof. Illuminati, fondatore della Divisione di Didattica, che si è a lungo battuto per la affermazione di queste idee.

In questo spirito porgo a tutti i congressisti il mio saluto, a nome della Divisione da me diretta e mio personale, augurando a tutti un ottimo lavoro.

*Il Presidente del Comitato Organizzatore, Dr. Giuseppe Di Stefano, ha l'onore di esprimere il suo cordiale saluto ai congressisti e di augurare loro un lavoro fruttuoso e un ritorno a casa sicuro.*

*Il Presidente del Comitato Organizzatore, Dr. Giuseppe Di Stefano, ha l'onore di esprimere il suo cordiale saluto ai congressisti e di augurare loro un lavoro fruttuoso e un ritorno a casa sicuro.*

*Il Presidente del Comitato Organizzatore, Dr. Giuseppe Di Stefano, ha l'onore di esprimere il suo cordiale saluto ai congressisti e di augurare loro un lavoro fruttuoso e un ritorno a casa sicuro.*

*Il Presidente del Comitato Organizzatore, Dr. Giuseppe Di Stefano, ha l'onore di esprimere il suo cordiale saluto ai congressisti e di augurare loro un lavoro fruttuoso e un ritorno a casa sicuro.*

*Il Presidente del Comitato Organizzatore, Dr. Giuseppe Di Stefano, ha l'onore di esprimere il suo cordiale saluto ai congressisti e di augurare loro un lavoro fruttuoso e un ritorno a casa sicuro.*

## Intervento del prof. Gianlorenzo Marino (\*)

Nel 1985 un manipolo di studiosi, in parte (la maggioranza) di formazione chimica e in parte di formazione storico-umanistica, superando la assurda barriera che separa le «due culture», organizzarono a Torino il primo convegno di storia e fondamenti della chimica.

L'anno successivo, il 29 maggio 1986, fu costituito il Gruppo Nazionale di Fondamenti e Storia della Chimica (GNFSC) con Giovanni Battista Marini Bettò presidente e L. Cerruti, A. Di Meo, L. Paoloni ed E. Torracca facenti parte del Comitato direttivo. Queste iniziative (il Convegno di Torino e la costituzione del Gruppo) furono portate avanti in mezzo alla disattenzione dei chimici italiani e allo scetticismo generale. Gli studi di storia della chimica non avevano tradizione consolidata in Italia a differenza per esempio di quelli di storia della matematica o della fisica, e non erano in molti a ritenere che queste iniziative avrebbero avuto un seguito.

E invece il coraggio e la fede dei pionieri furono premiati. Al primo Convegno di Torino seguì il secondo, a Roma nel 1987 e poi, a regolare cadenza biennale, il terzo a Cosenza, il quarto a Venezia e infine questo quinto convegno, appunto a Perugia. Ad ogni convegno nuovi adepti si sono aggiunti al gruppo primitivo; la pianticella, da debole che era, si è irrobustita; è cresciuta. E ora l'atmosfera che si respira è diversa. C'è più attenzione da parte dei chimici, sia come singoli che come istituzioni. Per la prima volta il Comitato per la Chimica del CNR ha finanziato con un generoso contributo l'organizzazione del Convegno e le parole pronunciate dal Prof. Sgamellotti hanno mostrato l'interesse con cui il Consiglio Nazionale delle Ricerche segue i lavori del nostro gruppo.

Anche presso la Società Chimica Italiana l'attenzione per i problemi di storia della chimica è cresciuta in questi ultimi tempi. Ci sono segnali di questa nuova attenzione: la rivista «La Chimica e l'Industria», organo della Società, ospita regolarmente una rubrica intitolata «Storie di chimica e di chimici»; un membro del nostro GNFSC è stato chiamato a far parte del comitato editoriale della stessa rivista per coprire appunto le competenze di storia della chimica; alla Dott.ssa Nicolini è stato affidato il compito di riordinare l'archivio della Società (e anche questo è da essere considerato un segno di un rinnovato interesse per

(\*) Dipartimento di Chimica, Università degli Studi di Perugia.

il nostro passato). Il Prof. Todesco ha voluto, nell'intervento che mi ha preceduto, portare — ed è una novità rispetto ai precedenti convegni che va sottolineata — il saluto della Società Chimica Italiana e in particolare quello della Divisione di Didattica chimica.

È tempo che anche il mondo accademico riconosca l'importanza degli studi di Storia della Chimica e lo faccia non solo a parole ma con azioni concrete, come sarebbero quelle di attribuire a questa disciplina alcune cattedre. Non si vede perché nelle Università italiane ci debbano essere molti professori (ordinari e associati) di «Storia della Fisica» e di «Storia delle Matematiche» (per tacere di «Storia della Medicina») e ci debba essere al contrario un solo professore associato di Storia della Chimica, per la precisione nell'Università di Torino!

Oh, che forse la Chimica non ha una sua storia, una storia importante, che — fra l'altro — ha grandemente influenzato la storia sociale dell'umanità? Ebbene gli studenti, gli studenti universitari di chimica, debbono conoscere questa storia. E la dovrebbero conoscere anche tutti i chimici impegnati nella ricerca perché solo conoscendo la strada che è stata percorsa si possono avere lumi sulla strada che si deve ancora percorrere.

E il mondo accademico si deve convincere che se questi studi sono importanti — come, a parole, ora si incomincia a riconoscere — allora questi studi devono essere finanziati. Le ricerche di storia non sono particolarmente costose, non richiedono apparecchiature particolari, tuttavia anche esse hanno un costo. È necessario spostarsi da una sede all'altra (anche all'estero) per consultare materiale depositato in biblioteche e archivi e non mi sembra giusto — oggi in molti casi avviene! — che il ricercatore debba sostenere le spese necessarie per gli spostamenti richiesti dalla sua ricerca ricorrendo alle proprie finanze personali.

Nelle altre scienze, dove gli studi storici hanno una tradizione più consolidata e godono di maggiore considerazione, la situazione è radicalmente diversa: sia il CNR che il MURST (con i fondi 40%) finanziano progetti di ricerca, anche di ampio respiro, di storia della fisica e di storia della matematica. Ed è tempo che qualcosa di simile si faccia anche per la storia della chimica. E non si venga a dire — per giustificare l'attuale politica del mondo accademico per quel che riguarda le cattedre e i finanziamenti — che la storia della chimica è sì importante ma i cultori di questa disciplina sono in Italia molto pochi e le ricerche non di alto livello. Senza entrare in polemica sul merito di quest'ultimo punto — e ci sarebbero argomenti per controbattere — vorrei però osservare che è evidente che senza fondi e senza prospettive di carriera pochi saranno coloro che si dedicheranno a questi studi e quei pochi ben poco potranno fare. Le parole che il Prof. Sgamellotti ha voluto rivolgere ai convegnisti a nome del comitato per la chimica del CNR fanno comunque bene sperare che il clima sia radicalmente cambiato e che alle parole seguiranno finalmente fatti concreti.

Questo quinto convegno, cui ci accingiamo a partecipare, si tiene a

Perugia, una città di antiche tradizioni culturali. L'Università vanta origini risalenti al XIII secolo ed è stata particolarmente famosa negli studi giuridici durante il Medioevo, quando vi insegnavano i due massimi giuristi del tempo Bartolo di Sassoferrato e Baldo degli Ubaldi e studenti vi accorrevano in gran numero da tutti i paesi d'Europa. Dal Medioevo ad oggi la continuità dell'Istituzione non si è mai interrotta — a differenza di quanto accaduto per altre Università anche più celebri — ed oggi quella di Perugia è una Università fiorente, ricca di undici Facoltà e frequentata da oltre venticinquemila studenti.

Il primo docente di Chimica a Perugia fu Luigi Canali che vi insegnò dal 1797 al 1810; dopo di lui seguirono Giuseppe Colizzi (dal 1810 al 1827), il grande Sebastiano Purgotti (dal 1827 al 1880) e Giuseppe Bellucci, al quale questa aula, dove si svolgono i lavori del Convegno, è dedicata.

Oggi l'Università di Perugia è un importante centro di ricerca per quanto riguarda le scienze chimiche, noto in tutto il mondo.

Infine poche parole per illustrare brevemente il contenuto del Convegno. Le quattro conferenze maggiori su problemi generali di storiografia della Scienza o su temi specifici di grande rilevanza saranno questa volta tenute da Leonello Paoloni, Christoph Meinel, Vincenzo Aquilanti e David Knight. Il grande prestigio scientifico degli Oratori assicura che queste conferenze rappresenteranno gli appuntamenti più alti e significativi del Convegno, opportunità per tutti i partecipanti di apprendimento e di approfondimento.

Le trentatré comunicazioni scientifiche saranno suddivise in cinque sessioni di mezza giornata e in una sessione Poster che si terrà il pomeriggio del 29. Dai titoli delle comunicazioni si evince che esse spazieranno dall'alchimia araba alle vicende della chimica antica, dall'analisi dei momenti cruciali della rivoluzione chimica della fine del '700 allo studio della chimica nel suo «Secolo d'oro» (il XIX), dall'esame critico dei fondamenti e dei principi di questa scienza alle grandi conquiste di questo secolo. Né mancherà l'attenzione per la «storia locale», spesso a torto considerata una storia minore.

Un altro evento importante e atteso del Convegno è rappresentato dalla Tavola Rotonda conclusiva su «Le storie disciplinari: modelli di scrittura e istruzioni per l'uso» nella quale gli studiosi di storia della chimica si confronteranno con quelli di storie di altre discipline scientifiche (matematica, fisica, biologia).

Ricordo a tutti che per tutta la durata del Convegno nell'aula G del Dipartimento di Chimica (Ex Chiesa Santa Elisabetta) rimarrà aperta una mostra di manifesti pubblicitari riguardanti l'industria chimica italiana dal 1890 al 1950. I manifesti fanno parte della più vasta «Collezione Salce» di Treviso e furono già esposti in occasione del XVII Congresso Nazionale della Società Chimica Italiana nel 1992. La ricerca iconografica e i testi di questa mostra sono stati curati dalla Dott.ssa Nicoletta Nicolini, ricercatrice del Dipartimento di Chimica dell'Università «La Sapienza» di Roma e membro del gruppo FSC.

Giovedì si terrà l'Assemblea Generale dei Soci del Gruppo Nazionale di

Fondamenti e Storia della Chimica, alla quale tutti i partecipanti possono e sono invitati caldamente a partecipare in quanto, secondo consolidata prassi, l'iscrizione al Convegno comporta anche automaticamente l'adesione al Gruppo. Durante l'Assemblea si svolgeranno le elezioni per il rinnovo delle cariche sociali.

Sono sicuro che questo convegno, così come i precedenti, rappresenterà un'importante occasione di incontri, conversazioni, dibattiti: da essi potranno nascere nuove collaborazioni scientifiche e, perché no?, nuove amicizie.

Con questo augurio, dichiaro aperti i lavori del V Convegno di Storia e Fondamenti della Chimica.

LEONELLO PAOLONI (\*)

## I dieci anni di Cannizzaro a Palermo: progetti e realizzazioni 1862-1871 (\*\*)

### Cannizzaro's ten years in Palermo: plans and accomplishments 1861-1872.

**Summary** - Stanislao Cannizzaro returned to Palermo after twelve years of political exile. His main purpose was to establish there a modern school of chemistry that he saw instrumental to the cultural and economic progress of Sicily. Having this in mind, he gave up the appointment at the university of Pisa, and ignored the repeated offers by Carlo Matteucci who intended to involve him in the reform of the *Istituto di Studi Superiori e Museo di Fisica e Storia Naturale* in Florence.

Cannizzaro faced in Palermo a locally strong political opposition, which had open and occult links with the conservative groups of landowners and nobility, bound to the catholic church and to the supporters of borbonic kingdom. As a result he had to accept as final the Laboratory accomodation agreed upon as provisional at the time of his appointment. As a member of the town administration Council and, since October 1865, as the Rector of the University, Cannizzaro entered in many engagements, but his actions were gradually vanifed by the loss of political support of the liberal party, of which he was an influential member. In spite of these circumstances there have been several accomplishments in the cultural and administrative areas which helped to modernize the town and influenced its development.

The events of the 16-22 September 1866, when the town was occupied by rebels which called themselves «republicans», caused a number of casualties among the population and great material damages. These events were followed by a cholera epidemics which lasted until the end of 1867 summer, while the province of Palermo and other parts of Sicily were put under military rule. Cannizzaro perceived the failure of his plans, and was keen to accept the offers of the universities of Naples and Turin, but at the end decided to stay. A better occasion came when, after the 20 September 1870, the end of the Pope's rule in Rome, Cannizzaro was asked to transfer in the reformed university of Rome. He was in fact appointed in 1872, made Senator by the King, and finally succeeded in establishing the chemistry school in Rome. The school he had left in Palermo remained under the direction of the young Emanuele Paternò, the most clever and ambitious of his pupils.

(\*) Seminario di Storia della Scienza, Facoltà di Scienze M.F.N., Università di Palermo.

(\*\*) Relazione presentata al V Convegno Nazionale di «Storia e Fondamenti della Chimica» (Perugia, 27-30 ottobre 1993). Ricerca svolta con il contributo del M.U.R.S.T. Quota 40% 1990 e 1991 - Quota 60% 1991.

1. LA CHIMICA NELLA FACOLTÀ MEDICA DELL'UNIVERSITÀ DI PALERMO: 1787-1860.

Stanislao Cannizzaro iniziò lo studio della chimica come studente della Facoltà di medicina nell'anno 1842. Tornato a Palermo come professore alla fine del novembre 1861, così lo ricorda: «Trovai il Laboratorio nello stesso stato in cui era quando seguì il corso di chimica nel 1842-43; consistente cioè in alcuni armadi posti nella stessa sala delle lezioni, nei quali armadi vi era l'occorrente per le più elementari dimostrazioni delle lezioni» [1]. Era allora professore il napoletano Filippo Casoria (1809?-1861), che in quell'anno iniziava il corso come titolare della cattedra di «Chimica filosofica e farmaceutica». Egli era stato nominato a seguito di un concorso, dopo la riforma degli ordinamenti universitari del 1841, riforma che rendeva formalmente più ampio lo spazio della chimica. Nella Facoltà di scienze fisiche e matematiche era stata infatti istituita una cattedra di «Chimica applicata alle arti» accanto alla «Chimica filosofica e farmaceutica». Il professore titolare di quest'ultima dava le sue lezioni anche per la Facoltà di scienze mediche, dove l'esame era obbligatorio già a livello della licenza [2]. Dell'attività di Casoria come chimico non restano documenti, salvo i libri che pubblicò tra il 1847 e il 1852 per gli studenti dei suoi corsi [3]. Non risulta che egli abbia svolto una qualche attività di analisi o di ricerca.

Nei fatti la riforma non aveva introdotto mutamenti degni di nota rispetto alla situazione precedente. Il primo ad insegnare la chimica era stato Giovanni Meli (1740-1815), una personalità celebre per le opere poetiche e di narrativa pubblicate in lingua siciliana e italiana, nominato titolare della cattedra di «Chimica e farmaceutica» nel settembre 1787 dal Viceré di Sicilia Francesco d'Aquino principe di Caramanico. Il Meli aveva completato nel 1764 gli studi per la licenza di medicina ed esercitato la professione nel villaggio di Cinisi fino al 1771 [4]. Appare verosimile che la cattedra gli sia stata conferita per provvederlo di uno stipendio (allora 60 onze annuali) che gli garantisse mezzi minimi di vita. All'atto della nomina del Meli la Scuola medica era parte della Regia Accademia degli Studi di Palermo, che il re Ferdinando III aveva istituito il 1 maggio 1779. Il 3 settembre 1805 il re promosse l'Accademia degli Studi al rango di Università assegnandole come sede la casa conventuale dei Teatini annessa alla Chiesa di San Giuseppe, con l'obbligo all'università di scegliere tra i loro padri il Rettore ed il direttore spirituale, dando così ad essi il governo effettivo dell'università stessa. Nella trasformazione la cattedra della Facoltà medica fu denominata semplicemente «Chimica», mentre una con identico nome venne assegnata alla Facoltà filosofica [5]. Naturalmente Meli restò unico professore delle due cattedre, con un aumento dello stipendio a 80 onze annue, ma non ottenne lo spazio di lavoro ed i mezzi che chiedeva e morì nel 1815 senza aver pubblicato alcun lavoro su temi di chimica. Dai suoi appunti delle lezioni risulta che, dopo aver iniziato i suoi corsi seguendo la dottrina del flogisto, aderì alla riforma di Lavoisier verso il 1798-1800 [6].

Successore di Meli alla cattedra di chimica fu Antonino Furitano (1778-1836). Nominato «Professore interino» alla morte del Meli, fu promosso «Professore proprietario» nel 1823. L'attività professionale di Furitano, che non risulta essere stato allievo del Meli, doveva essere conosciuta già nel 1825, quando il Governo lo incaricò di analizzare «le acque termali di Sclafani, di Cefelà Diana, di Termini e quelle non termali del Bivuto» [7]. Questa circostanza non sembra tuttavia aver indotto le autorità siciliane ad attrezzare un laboratorio nei locali dell'università. Il lavoro analitico infatti veniva svolto dal Furitano «nel suo Laboratorio Chimico nel Convento di Santa Teresa fuori porta Nuova». Questa informazione si trova nella lettera che il fratello, Eugenio Furitano, scrisse il 19 gennaio 1837 da Lercara de' Freddi ad Emmanuele Vaccaro, il quale la pubblicò in appendice al necrologio stampato a Palermo nel 1837 [7]. Alla morte di Furitano seguì un periodo di interinato affidato, in attesa della riforma, a Francesco Dotto-Scribani (1814-1895) che tenne il corso fino all'anno accademico 1841-42.

Un'indagine archivistica di Armando Di Pasquale indica che dopo la riforma, nell'anno accademico 1841-42 gli studenti universitari (scuole «alte») erano 779; di essi 189 erano nella facoltà di medicina, 55 nella facoltà di scienze fisiche e matematiche, 45 nella scuola di farmacia [8]. Il corso di chimica doveva avere quindi, secondo gli ordinamenti vigenti, intorno ad 80 studenti. Questo contesto rimase immutato anche dopo gli eventi rivoluzionari siciliani del 1848-49. Il giovane Cannizzaro, che vi aveva avuto parte attiva, alla conclusione della vicenda rivoluzionaria nel maggio 1849 non ebbe altra scelta che l'emigrazione [9].

Lo stato della chimica dell'università di Palermo cambiò solo dopo che Stanislao Cannizzaro, giunto a Palermo reduce dal Congresso chimico di Carlshuhe, tra il 24-25 settembre, ispirò le modifiche dell'ordinamento universitario deliberate dal governo del Pro-Dittatore Antonio Mordini (1819-1902). Il 17 ottobre 1860 la legge Casati venne estesa alla Sicilia, con alcune modifiche. Ecco quelle che direttamente interessarono l'ordinamento universitario siciliano:

«Art. 2. All'Amministrazione generale della pubblica Istruzione soprastante, sotto la dipendenza del Ministro o Segretario di Stato, il Consiglio superiore d'Istruzione pubblica, residente in Palermo ...»

Art. 7. Alla facoltà di scienze fisiche e matematiche dell'Università di Palermo sarà annessa una scuola d'applicazione, i cui insegnamenti risponderanno a quelli indicati nell'articolo 53 della legge 13 novembre 1859, e saranno determinati da apposito regolamento ...».

Cannizzaro fu nominato membro del Consiglio Superiore previsto dall'art. 2, e di fatto restò a Palermo fino alla fine dell'anno 1860, durante tutto il periodo in cui Gregorio Ugdulena fu ministro dell'Istruzione del governo Mordini, e certamente influì sulla riforma di tutti gli ordinamenti scolastici [10]. Tra i provvedimenti presi in rapida successione dal 19 al 20 ottobre va ricordato anzitutto quello che provvide i mezzi finanziari per l'ammodernamento delle università siciliane, assegnando un fondo straordinario di lire sei milioni per la fondazione e l'ingran-

dimento dei gabinetti e laboratori scientifici, ripartiti in tre milioni per l'Università di Palermo, un milione cinquecentomila per Catania ed altrettanto per Messina.

Subito dopo venne emanato il decreto che modificava l'assetto delle cattedre nell'Università di Palermo, provvedendo 14 cattedre per nuovi insegnamenti e sdoppiando 4 delle antiche cattedre con cambiamenti di denominazione. Tra queste, l'insegnamento della chimica veniva sdoppiato in «Chimica organica» e «Chimica inorganica», aggiungendo a ciascuna cattedra una distinta scuola pratica per i farmacisti. Filippo Casoria era nominato alla cattedra di «Chimica inorganica», mentre alla «chimica organica, aggiuntavi la Direzione dell'annesso Laboratorio, [andava] il sig. Stanislao Cannizzaro».

Casoria fu nominato Rettore dell'università di Palermo il 22 ottobre 1860, contestualmente alla revoca del «regio dispaccio del 3 settembre 1805» che affidava il governo dell'Università ai Padri Teatini. Egli fu il primo laico in tale carica, che tenne effettivamente per circa quattro mesi. Dopo una malattia manifestatasi nel febbraio 1861, durante la quale venne sostituito nelle funzioni dal preside anziano Gregorio Ugdulena, Casoria morì il 17 maggio 1861. Nessun necrologio sembra essere stato pubblicato, né allora né poi, anche se di lui l'università conserva un ritratto ad olio esposto nella sala ufficiale del Rettore. In questo il contesto si aprì il decennio durante il quale Cannizzaro iniziò e svolse la sua attività a Palermo.

## 2. L'AVVIAMENTO DELLA SCUOLA DI CANNIZZARO: 1862-1865.

### *Le difficoltà iniziali: da De Sanctis a Matteucci.*

Cannizzaro lasciò Palermo per tornare a Genova all'inizio del gennaio 1861 e qui completò l'anno accademico. Nello stesso periodo portò avanti una complessa trattativa per ottenere che il suo trasferimento avesse una prospettiva di sviluppo adeguata e per assicurarsi alcuni vantaggi economici che lo compensassero della rinuncia alla cattedra dell'università di Pisa, alla quale il Governo Provvisorio delle Province Toscane lo aveva nominato già dal marzo 1860. Con un nuovo decreto egli fu nominato nell'università di Palermo professore di «Chimica organica e inorganica» e direttore del Laboratorio annesso alla cattedra, con decorrenza 1 novembre 1861.

A Palermo portò con sé il preparatore Antonio Rossi (1836-1908) promosso, con decorrenza 16 novembre, a primo assistente e vice-direttore con uno stipendio annuo di 2200 lire. Nello stesso tempo il palermitano Giovanni Campisi (1836-?), che era stato assistente onorario di Casoria, veniva nominato primo preparatore con lo stipendio di 1000 lire. Furono questi due collaboratori ad iniziare il corso il 20 novembre poiché Cannizzaro, trattenuto a Torino dai lavori di una commissione di concorso, giunse soltanto alla fine del mese.

Le trattative che avevano preceduto il trasferimento da Genova a Palermo si erano concluse con una lettera ufficiale: «... il Ministro sottoscritto ha oggi stesso [17 agosto] conferito facoltà alla Segreteria Generale delle Province [*ciò è al governo siciliano*] di iniziare tutte le pratiche ed i lavori occorrenti a tal uopo, riservandosi di impostare sul bilancio del 1862 la somma necessaria da prelevarsi sul fondo cospicuo assegnato dal Prodittatore con Decreto 19 ottobre 1860» [11]. Tale assicurazione era data dal ministro Francesco De Sanctis (1817-1883). Lo svolgimento successivo della vicenda fu più complesso di quanto Cannizzaro forse immaginava quando ebbe questa lettera. La crisi che aveva portato alla caduta del governo Ricasoli il 3 marzo 1862, cambiò infatti il titolare della Pubblica Istruzione, affidata dal nuovo presidente del consiglio Urbano Rattazzi (1808-1873) a Carlo Matteucci (1811-1868).

I rapporti di amicizia tra Matteucci e Cannizzaro erano ben noti, ed anche le loro divergenze di idee su vari aspetti della politica e della gestione universitaria. È probabile che per evitare situazioni di reciproco imbarazzo essi abbiano deciso di tenere i contatti attraverso una corrispondenza privata con Francesco Brioschi (1824-1897), allora segretario generale del ministero. A lui, in una lettera del 7 aprile, Cannizzaro così espone la situazione: «Il De Sanctis mi avea fatto sperare che in gennaio 62 si sarebbe posto mano alla costruzione del musco [di mineralogia] e del laboratorio [chimico]; siamo ad aprile e non se ne parla, ed ora è venuto sin anche il dubbio se si porrà mai mano a tali opere. Siamo attualmente qui accecati; il Rettore non esercita le sue funzioni e non si sa se siasi o no dimesso, un preside fa da Rettore ed è il Sig. Bruno; ma avendo degli altri uffici da compiere non ha tempo di attendere alla amministrazione, sicché non si sa come avviare le pratiche. Colle attribuzioni che si sono date ai Rettori, colla distanza dal governo centrale, qui abbisogna un Rettore che possa spendere tutta la giornata nella direzione degli affari» [12].

Nella lettera successiva venivano discusse la scelta del nuovo rettore, le agitazioni degli studenti, la situazione finanziaria, il viaggio di Cannizzaro a Londra come membro aggiunto della giuria internazionale per l'Esposizione Universale che doveva inaugurarsi il 1 maggio 1862. Da esse emerge un dissenso sulle scelte di fondo, che si trova riassunto in una lettera di Matteucci del 18 aprile: «Caro Cannizzaro, rispondo io a quella scritta al Brioschi e in quella parte a quella scritta prima a me... Per i soldi ai presidi ed altre spese tirate via e abbiate pazienza. Seguitate a stare a Palermo e sarete molto più utile che andando a Londra, dove potete andare anche più tardi. Vi dico in confidenza che sono deciso a farla finita con la vostra Delegazione [*l'organo esecutivo del governo siciliano*] e a passarne le attribuzioni anche ampliate al Consiglio Superiore che ancora avete [*organo proponente per l'istruzione nelle Province Siciliane*]. Da bravo, mettetela a posto e sul serio fatemi subito un progettino in questo senso, compreso il personale...» [13].

Questa manifestazione di dissenso, espressa con tono un po' paternalistico,

riflette il fatto che il professore amico si rivolge ora in veste di ministro a Cannizzaro, di quindici anni più giovane. Matteucci, dopo aver dimesso il rettore Salvatore Cacopardo (1815-?), nominò rettore per il triennio 1862-1865 Niccolò Musmeci (1819-1872).

Un altro cambiamento nelle prospettive con le quali Cannizzaro era andato a Palermo si ebbe pochi mesi dopo, quando Antonio Rossi decise di abbandonare Palermo. Possiamo presumere che, in un clima politico e sociale ben più turbolento di quello di Genova o di Torino, vedendo allontanarsi la prospettiva di avere un laboratorio organizzato a Palermo, il Rossi si sia preoccupato per il danno che poteva derivarne alla propria carriera. Sta di fatto che nell'ottobre la vicenda si era conclusa con il suo trasferimento nel laboratorio di Raffaele Piria (1815-1865) a Torino.

Dalle lettere che il giovane chimico viennese Adolf Lieben (1836-1914) scrisse a Cannizzaro tra il 5 ottobre 1862 e il 17 gennaio 1863 apprendiamo che, durante un loro incontro a Parigi, si era parlato della disponibilità di Lieben a venire in Italia. Il ministro Matteucci lo nominò a Palermo al posto di Rossi già dal dicembre, appena prima di lasciare la carica, ma Lieben giunse a Palermo nel marzo 1863 cioè dopo il tempo necessario per concludere gli impegni che aveva con l'università di Vienna.

Il ministro aveva promesso a Lieben che lo avrebbe nominato professore appena fosse stato in grado di far lezione in italiano. Ma gli impegni di un ministro sono sempre subordinati alle vicende della politica: il governo Rattazzi cadde nella crisi che seguì la discussione parlamentare del novembre 1862 sulla spedizione garibaldina, la battaglia dell'Aspromonte e la situazione dell'ordine pubblico nelle province meridionali.

Matteucci come ministro della Pubblica Istruzione non aveva dato a Cannizzaro molti motivi di soddisfazione.

#### *Michele Amari alla Pubblica Istruzione.*

Ben diversa fu la gestione del successore Michele Amari (1806-1889), iniziata l'8 dicembre 1862 nel Ministero Farini e continuata nel Ministero Minghetti fino al 28 settembre 1864. Il suo atto più rilevante a favore dell'università di Palermo fu il decreto del 30 agosto 1863 con il quale era approvata «la pianta numerica provvisoria degli impiegati ed inservienti negli stabilimenti scientifici». Esso riguardava ben tredici «stabilimenti» delle facoltà di Scienze e di Medicina, per i quali venivano istituiti posti e stipendi. Quello che riguardava direttamente Cannizzaro, il «Laboratorio e Scuola pratica di Chimica» era così definito:

1 Direttore	£. 800
1 Primo Assistente e Vice-Direttore della Scuola pratica	£. 2200

1 Secondo Assistente	£ 2000
1 Primo Preparatore	£ 1500
1 Secondo Preparatore	£ 1000
2 Inservienti a £ 700	£ 1400
	<hr/>
	£ 8900

Esso riceveva in assoluto la più alta dotazione di stipendi. Certamente questa decisione fu influenzata sia dalla dichiarata intenzione di Amari di «ben provvedere l'Università di Palermo», che dallo stretto rapporto di amicizia che aveva con Cannizzaro. Ma si trattò, e non secondariamente, anche di una scelta motivata: la percezione da parte del mondo politico del ruolo della chimica nel contesto delle innovazioni tendenti alla tutela della salute pubblica ed al cambiamento dei modi della produzione, soprattutto nell'agricoltura. Le nuove conoscenze chimiche influivano inoltre nella riforma degli insegnamenti farmaceutici e degli studi di patologia e di clinica, e questa innovazione era materia di dibattito sulla stampa periodica.

Il conflitto della tradizione conservatrice con le spinte degli innovatori acquistava veste politica mettendo in discussione, come limitante la libertà di insegnamento, il «Regolamento Universitario» emanato da Matteucci il 14 settembre 1862 per unificare gli ordinamenti dell'istruzione superiore nel regno. Sugli aspetti culturali e sulle implicazioni politiche di questo dibattito Cannizzaro intervenne l'11 novembre 1863 con la «Orazione inaugurale per l'apertura degli studi dell'anno scolastico 1864». Stampata a Palermo nel 1863, venne ristampata a Milano nel 1865 con il titolo «L'emancipazione della ragione ed il nesso tra tutti i rami dello scibile quali effetti del metodo delle scienze fisiche» [14].

Dalla documentazione finora reperita poco risulta sullo stato del Laboratorio chimico alla fine del 1864. L'andamento dei lavori è uno dei temi che ricorrono nelle lettere con cui Amari risponde alle sollecitazioni di Cannizzaro. La vicenda della sua sistemazione, al secondo piano dell'edificio universitario nell'ex-convento dei Padri Teatini in Via Macqueda, è sommariamente accennata nelle lettere in cui Amari descrive quanto faceva per rimuovere gli ostacoli frapposti dalla ripartizione delle competenze tra ministero dei Lavori pubblici, Genio Civile, Corte dei Conti, Prefettura. Tali interventi tuttavia non ebbero l'esito atteso poiché Lieben, rientrato a Palermo dopo le vacanze estive così ne scriveva il 31 ottobre 1864 a Cannizzaro (trattenuto a Piedimonte Etneo da problemi familiari): «Nel nostro laboratorio c'è meno nuovo di quel che avrei desiderato trovarvi; si è fatta la soffitta della sala analitica e si sta rassetando il vostro laboratorio particolare. Il gabinetto di mineralogia si trova esattamente nello stesso stato nel quale lo lasciai tre mesi oppure un anno addietro, quindi non c'è da pensare alla nostra scuola, sala da preparazioni e via» [15]. La scuola di chimica infatti doveva insediarsi nei locali, occupati, come deposito, dai materiali del costituendo museo e gabinetto di mineralogia. Cannizzaro, già informato sullo

stato dei lavori, se ne era lamentato con il successore di Amari alla Istruzione Pubblica Giuseppe Natoli (1815-1867), appena nominato, che gli aveva risposto il 2 novembre con una lettera personale, un po' burocratica. Riepilogate le difficoltà in cui si era già imbattuto il ministro Amari per il comportamento dei funzionari del Genio Civile di Palermo, dichiarava di dovere rimettersi, come il suo predecessore, alla competenza del ministero dei Lavori Pubblici [16]. Il decreto di Natoli del 31 dicembre 1864, preludio alla agibilità del Laboratorio, era stato registrato alla Corte dei Conti il 15 marzo 1865. Dall'arrivo di Cannizzaro a Palermo erano trascorsi quasi tre anni e mezzo!

#### *L'Istituto Tecnico di Palermo.*

Non possiamo documentare se, dove e come si sia svolto, in quel primo periodo, il lavoro chimico pratico degli studenti. Probabilmente le lezioni continuarono nei locali in cui aveva operato il Casoria, certamente inadeguati ad un corso come quello che Cannizzaro aveva svolto a Genova. Un primo soccorso per superare queste difficoltà venne dalla fondazione dell'Istituto Tecnico di Palermo in base ad un decreto, in data 30 ottobre 1862, del Ministro dell'Agricoltura, Industria e Commercio Gioacchino Pepoli (1825-1881) al quale faceva capo tutta l'istruzione tecnica. L'inaugurazione dell'Istituto ebbe luogo il 9 dicembre successivo con una solenne cerimonia nel Palazzo Pretorio, alla presenza di Mariano Stabile (1806-1863), sindaco da pochi giorni, mentre i corsi avevano sede nel piano nobile del Palazzo Comitini in Via Macqueda.

L'Istituto Tecnico era articolato in quattro sezioni: commercio e amministrazione; agronomia e agricoltura; costruzioni; meccanica e marina mercantile. Sua funzione primaria era di preparare alle professioni di contabile, agrimensore, capo-mastro edile o meccanico, capitano di lungo corso; tuttavia esso forniva anche la preparazione di base per iniziare gli studi universitari nell'area tecnico-scientifica. È in questo Istituto che nel dicembre 1863 venne nominato professore di chimica Alfred Naquet (1834-1916), professore *agrégé* nella Scuola di chimica della Facoltà medica di Parigi. La circostanza importante era che l'Istituto, governato dal *Reale Istituto d'Insegnamento di Agricoltura, Arti e Mestieri per la Sicilia*, una sorta di corpo accademico che aveva poteri deliberativi su varie materie, consentiva una più agevole gestione delle iniziative dirette all'innovazione degli studi scientifici, ed era dotato di laboratori dove Naquet e Campisi potevano far svolgere il lavoro pratico degli studenti.

Possiamo presumere che tali laboratori siano stati usati anche per alcuni dei corsi universitari. Questi erano destinati agli studenti della Facoltà di Scienze ed a quelli della Scuola di Farmacia, che avevano l'obbligo del laboratorio, mentre ai corsi per gli studenti di medicina provvedeva Francesco Dotto-Scribani [17]. Cannizzaro dava il suo corso come professore di chimica organica, Lieben era incaricato del corso di Chimica inorganica, Campisi svolgeva le funzioni assi-

stente alle esercitazioni. Tale netta separazione era favorita dalle modifiche della legge Casati introdotte da Matteucci. In base a questa nuova legislazione la Facoltà poteva conferire lauree in «Scienze fisico-matematiche», in «Scienze fisico-chimiche», in «Scienze naturali», che abilitavano all'insegnamento nelle scuole secondarie superiori. Negli anni 1862-1865 il numero degli studenti nella Facoltà di scienze oscillò tra 28 e 37, quello degli studenti della Scuola di farmacia tra 33 e 42. La Facoltà medica nell'anno 1864-65 registra un brusco calo, da 110 a 78, una riduzione molto marcata rispetto al decennio precedente e che si protrasse fino al 1879 [8].

Mentre i lavori di sistemazione dei locali destinati al Laboratorio chimico procedevano con grande lentezza, la presenza a Palermo di Lieben e Naquet permise a Cannizzaro ed al gruppo che collaborava con lui di programmare nuovi sviluppi. Il *Reale Istituto d'incoraggiamento* nella primavera del 1864 prese l'iniziativa di proporre al Ministro dell'Agricoltura, Industria e Commercio (Giovanni Manna (1813-1865), Governo Minghetti) una riforma dell'Istituto Tecnico con l'obiettivo di soddisfare meglio le esigenze formative delle nuove professioni. Progettata da una commissione presieduta dal botanico Giuseppe Inzenga (1815-1887), composta da Cannizzaro, dal matematico Federico Napoli (1819-?), dall'economista Giovanni Bruno (1818-1891) e da Francesco Anca (1803-1887), presidente della *Società di Acclimatazione* e promotore della sperimentazione agraria, la riforma divenne effettiva con un decreto del 2 novembre 1864. Dal precedente Istituto veniva scorporato l'insegnamento navale. Del nuovo Istituto Tecnico facevano parte «le scuole di agronomia e agrimensura, di commercio e amministrazione, di meccanica e costruzione, di concia e rifinitura delle pelli». L'Istituto era stato dotato di una Biblioteca e di un Museo industriale al cui finanziamento potevano contribuire le amministrazioni dello stato, della provincia, del municipio ed anche i privati. Il suo organo di vigilanza e di governo fu modificato e denominato *Consiglio di Perfezionamento*, con larga autonomia nelle decisioni accademiche e di spesa.

L'attività di ricerca sperimentale rimase tuttavia modesta in quel periodo. Naquet fu certamente impegnato nel redigere il testo delle proprie lezioni: è infatti a Palermo che egli preparò il manoscritto del suo trattato, in due volumi, *Principes de Chimie fondée sur les Théories Modernes*, la cui prima edizione fu pubblicata a Parigi nel 1865 (l'opera ebbe notevole successo: la seconda edizione fu pubblicata nel 1867, la terza nel 1875; fu tradotta in tedesco, in inglese ed in russo). Nello stesso periodo Naquet pubblicava sui *Comptes Rendus* dell'Accademia delle Scienze di Parigi due note in polemica con August Kekulé, del quale criticava la nozione di «atomicità», cioè di valenza, sostenendo, con riferimento ai cosiddetti «complessi molecolari», la tesi che aveva opposto Cannizzaro a Kekulé già nel congresso di Carlsruhe. Naquet lasciò Palermo all'inizio dell'estate del 1865, poiché a novembre terminava il biennio di congedo cui aveva diritto dopo la nomina ad *agrégé* nella Facoltà medica dell'Università di Parigi.

L'anno 1865 registrò altre novità positive. Il 4 marzo un decreto reale definì l'ordinamento della Scuola di Farmacia, alla quale di regola erano iscritti solo studenti provenienti dalla scuola secondaria inferiore: in essa erano riuniti tutti i corsi obbligatori per ottenere il diploma di «Farmacista», affidati ai professori della Facoltà di Scienze ed a quelli della Facoltà medica. Tale decreto ebbe efficacia dall'anno accademico 1865-66 e Cannizzaro ne venne nominato Direttore per il triennio novembre 1865-ottobre 1868.

Un'altra vicenda sospesa, la posizione di Lieben, trovò soluzione. L'impegno di Matteucci che Lieben sarebbe stato nominato professore appena in grado di far lezione in lingua italiana, rinnovato dal ministro Amari, venne mantenuto dal successore Natoli che il 29 luglio 1865, lo nominava ordinario di chimica inorganica a decorrere dal 1 agosto.

L'evento più rilevante del 1865 fu la pubblicazione del *Giornale di Scienze naturali ed Economiche*, qualificato come organo trimestrale del *Consiglio di Perfezionamento* dell'Istituto Tecnico, e destinato genericamente a realizzarne le finalità istitutive. L'obiettivo tuttavia fu soprattutto di avere una rivista per la pubblicazione dei lavori di ricerca, adeguata ad «entrare in relazioni scientifiche colle principali società dell'Italia e dell'estero».

Il primo fascicolo di 96 pagine uscì nel mese di giugno ed il secondo, di 76 pagine, in ottobre. Dalla loro lettura possiamo concludere che in quell'anno fu realizzato, per la prima volta a Palermo, un lavoro di ricerca chimica. La memoria «Intorno agli alcaloidi derivati dall'alcool benzilico» [pp. 77-91] è in assoluto la prima pubblicata da Cannizzaro dopo il suo arrivo a Palermo. Nel secondo fascicolo compaiono altre due memorie di chimica: una di Naquet, «Dell'azione del percloruro di fosforo sull'acido timotico» [pp. 145-150], ove è annotato: «Esperienze eseguite nel Laboratorio di Chimica dell'Istituto Tecnico di Palermo», ed un'altra di Cannizzaro, «Sulla costituzione dell'alcool anisico» [pp. 155-158].

Il primo volume venne completato da un fascicolo doppio di 152 pagine, pubblicato nell'aprile del 1866, che tuttavia non conteneva memorie di chimica. Complessivamente il *Giornale*, ricco di contributi scientifici, testimonia il clima di fervore dell'attività di ricerca nella Facoltà di Scienze. Il conseguimento di uno degli obiettivi che avevano determinato la fondazione del *Giornale* è indicato dalla lista delle pubblicazioni ricevute in dono per scambio, stampata a chiusura del volume: oltre quelle delle Società ed Accademie di varie città italiane troviamo pubblicazioni periodiche inviate da Parigi, Tolosa, Vienna, Lipsia, Augsburg, Heidelberg, Regensburg, Dresda, Basilea, Mosca, Boston (Mass.), New Haven (Conn.), Washington.

Nel settembre 1865 Cannizzaro entrò per la seconda volta nella competizione elettorale (aveva già tentato, senza successo, nel gennaio 1861). La *Società Patriottica* lo presentò nel collegio del Mandamento Tribunali, quello dove viveva, adiacente alla sede dell'università, avendo come avversari il barone Vito

D'Ondes Reggio (1815-1885), professore della facoltà di Giurisprudenza e come lui, durante l'esilio politico, già professore a Genova, e Luigi La Porta (1830-1894), garibaldino dei *Mille* che aveva preso parte alla battaglia di Palermo. Nel ballottaggio seguito alla prima tornata gli elettori decisero a favore di D'Ondes Reggio, che ebbe 374 voti contro i 275 dati a Cannizzaro, segnale del permanere e del prevalere nel corpo elettorale di idee e sentimenti ostili ai liberali sostenitori del governo nazionale. La sconfitta della lista della *Società Patriottica* segnalava il forte declino del gruppo politico di cui era espressione. La competizione elettorale vide perdenti nella città di Palermo, insieme a Cannizzaro, tutti i candidati della *Società*: Vincenzo Errante (1813-1891) nel collegio del Castellammare, Filippo Cordova (1811-1868) in quello di Palazzo Reale, Filippo Santocanale (1798-1884) in quello del Monte di Pietà. Nel ballottaggio solo Antonio Mordini prevalse sul principe di Lampedusa, mentre i voti clericali, confluendo sui candidati del partito autonomista-regionista, davano una misura del peso politico acquisito dagli oppositori del governo nazionale. In quegli stessi giorni di fine ottobre Cannizzaro venne nominato Rettore dell'Università, a decorrere dal 1 novembre.

### 3. CANNIZZARO RETTORE E LA CRISI DEL 1866-1868.

*Dalla guerra del 1866 alla rivolta del sette e mezzo.*

L'anno 1866 si apriva per Cannizzaro sotto il segno della sconfitta elettorale. Le vicende politiche nazionali sembravano creare tuttavia una atmosfera diversa che Alfonso Sansone (1853-1930), nella sua storia dell'Istituto tecnico, ricostruisce così: «Nel febbraio la *Gazzetta di Torino*, preoccupata dalle difficili condizioni economiche del paese, proponeva opportunamente una sottoscrizione popolare per l'estinzione progressiva del debito pubblico. La proposta fu accolta con giubilo dalla Giunta di Vigilanza e dal corpo insegnante dell'Istituto. I professori Todaro, Cannizzaro ed Inzenga sottoscrissero per lire 1000 ciascuno; i professori Lieben e Federico Napoli per 500 ognuno; gl'insegnanti... lasciarono un terzo del loro stipendio.

La guerra era prossima... Gli studenti dell'Istituto chiesero al grido di Morte all'Austria l'anticipo degli esami e si arruolarono quasi tutti al comitato della Legione di San Marco, che aveva diretto alla gioventù siciliana un vivace proclama...» [18].

In realtà questo era solo un segno di resistenza civile a fronte della difficile situazione che viveva la Sicilia ed in particolare la città di Palermo. La concreta realtà dell'ordine pubblico era tale che nessun benestante si sarebbe arrischiato ad allontanarsi di mezzo miglio per una passeggiata in carrozza fuori città senza correre il rischio di essere aggredito o sequestrato. Episodi del genere avevano coinvolto non solo i palermitani ma anche i visitatori stranieri [19].

In questo contesto l'attività scientifica e politica di Cannizzaro è ancora documentata attraverso il *Giornale di Scienze Naturali ed Economiche*. La prima parte del secondo volume (1866) contiene tre articoli di chimica di notevole valore didattico. In apertura del fascicolo troviamo infatti un esteso riassunto delle lezioni di Naquet sui procedimenti di sintesi in chimica organica, tema innovativo per le prospettive che apriva. Nell'area della chimica organica ancora l'articolo di Lieben su una serie di idrocarburi, e nell'area inorganica quello sulla chimica mineralogica dovuto a Ugo Schiff (1834-1915), allora un giovane docente tedesco stabilmente acquisito dall'Istituto di Studi Superiori di Firenze. Accanto a questi articoli troviamo i risultati dei lavori di ricerca fatti a Palermo: quello di Cannizzaro sul toluene bromurato e quello di Lieben sulla sintesi di alcoli. Naquet manda al *Giornale* una memoria sul lavoro fatto nella Facoltà medica di Parigi con il russo Wladimir Louguinine (1834-1911), mentre Schiff manda da Firenze una importante rassegna sulla nuova serie di basi organiche da lui stesso scoperte, le sostanze tutt'ora denominate «basi di Schiff». La chimica analitica è presente con una nota di Campisi sulle impurezze degli zuccheri del commercio, mentre la collaborazione tra chimici e fisiologi è attestata da una nota di Girolamo Piccolo (1816-1878) e di Lieben sul corpo luteo di vacca. Il quadro che emerge è quello di una scuola di chimica totalmente diversa da quella che aveva operato a Palermo nei decenni precedenti, che svolge un'attività educativa di ottimo livello, conduce ricerche nella sua propria sede, ha rapporti con altri centri qualificati e pubblica una rivista che funge da polo aggregante nella comunità nazionale.

Il *Consiglio di Perfezionamento* il 18 marzo 1866 deliberò il programma per una serie di conferenze pubbliche. La prima, tenuta in un'aula dell'università l'11 aprile da Pietro Blaserna (1836-1918), professore di fisica, trattò «la formazione del suono». L'annuncio che ne fece il *Giornale* porta questa annotazione: «Lo straordinario concorso verificatosi fin dalla prima, obbligò il Consiglio a trasportarle alla domenica all'ora una pomeridiana, onde servirsi della sala grande della R. Università, a tale scopo gentilmente concessa» [20].

Le conferenze successive, delle quali il *Giornale* pubblica un riassunto, trattarono i temi seguenti:

- 22 aprile, Giovanni Bruno: «Sulle cooperazioni e sulle banche popolari»
- 29 aprile, Pietro Tacchini: «Sulla costituzione del sole»
- 6 maggio, Stanislao Cannizzaro: «Sui vini»
- 13 maggio, Simone Corleo: «Sull'enfiteusi dei beni rurali ecclesiastici»
- 19 maggio, Adolfo Lieben: «Sulla fiamma»
- 27 maggio, Luigi Fasce: «Della respirazione nei suoi rapporti con l'igiene pubblica»
- 3 giugno, Giuseppe Inzenga: «Sulle regioni agrarie d'Europa»
- 10 giugno, Gactano Deltagnoso: «Sulle industrie di manifatture ed estrattive in Italia»

17 giugno, Agostino Todaro: «Sull'ibridismo e sulla sua influenza nelle varietà orticole».

Ritengo che tra gli obbiettivi dei promotori fosse anche la ricerca di un consenso più ampio intorno alle attività politiche sostenute dagli uomini di cultura dell'università e dell'istituto tecnico che, insieme agli amministratori della città, proponevano un'alternativa alla lunga tradizione dominante, contraria al pensiero scientifico di ispirazione liberale e positiva.

La seconda parte del *Giornale* dell'anno 1866 non venne pubblicata. La ragione è ovviamente la *rivolta del sette e mezzo*, scoppiata il 16 settembre, sostenuta da varie complicità nella polizia e negli ambienti filoborbonici. Il successo che ottenne durante la settimana successiva con l'occupazione di molta parte della città di Palermo, fu, come è noto, il preambolo all'epidemia di colera sopraggiunta con le truppe trasferite da Napoli e aggravata dall'imposizione dello stato di assedio. Cannizzaro lasciò Palermo con la propria famiglia (la moglie Enrichetta, i figli Anna, Mariano e Franca, di 7, 5 e 3 anni, la cognata Matilde), forse con il vapore postale del 21 settembre, e si trasferì a Firenze. Alcuni suoi amici e corrispondenti furono critici verso questo comportamento, considerato una fuga. Certamente egli si sentiva un bersaglio degli organizzatori clericali, mascherati da repubblicani, e forse temeva per la sua vita.

Durante i tre mesi e mezzo trascorsi a Firenze Cannizzaro partecipò a diverse commissioni ministeriali, compresa quella per il concorso alla cattedra di chimica a Torino, vacante dopo la morte di Piria avvenuta il 18 luglio 1865 (il concorso andò deserto per il dissenso che divise la commissione stessa in due gruppi contrapposti). Per l'università di Palermo egli ottenne dal ministro Domenico Berti (1820-1897) la effettiva istituzione della Scuola di Applicazione per gli ingegneri, prevista dai decreti dell'ottobre 1860, aggirando l'opposizione del Consiglio Superiore la cui maggioranza approvava i pareri contrari di Carlo Matteucci e di Michele Amari. L'ufficio di Rettore a Palermo fu tenuto dal Preside anziano Giuseppe Albergiani (1818-1892) fino a quando Cannizzaro tornò ad esercitarlo il 5 gennaio 1867.

Un riscontro oggettivo del peso di quel drammatico evento nella vita universitaria è dato dal numero totale degli studenti: gli iscritti dell'anno 1866-67 scesero a 178, minimo assoluto rispetto ai 212 dell'anno precedente ed i 207 del successivo, conseguenza delle diminuite iscrizioni nelle facoltà medica e di scienze, e nella scuola di farmacia [8]. Tra i nuovi iscritti dell'anno 1866-67 nella facoltà di scienze è Emanuele Paternò (1847-1935). Il 18 luglio 1866 egli aveva concluso i suoi studi secondari presso l'Istituto Tecnico con una tesi scritta sugli «Acidi corrispondenti agli alcoli monoatomici ed in particolare dell'acido acetico e valerico: acetificazione, aldeidi e chetoni». Relatore era stato Giovanni Campisi, incaricato dell'insegnamento della chimica dopo la partenza di Naquet.

*Dall'epidemia di colera del 1867 all'arrivo di Koerner.*

Il *Consiglio di Perfezionamento* riprese nel 1867 il programma di conferenze, facendone svolgere cinque tra il 24 febbraio e il 28 aprile. La situazione si aggravò nuovamente sul finire della primavera con una violenta ripresa dell'epidemia di colera. Cannizzaro, mandata a Napoli la propria famiglia, si fece carico spontaneamente della direzione dell'Ufficio Sanitario municipale. L'impegno di tutti i suoi collaboratori fu essenziale per operare con i nuovi mezzi di disinfezione che la chimica rendeva disponibili, non solo negli ospedali, ma anche nelle fognature, nelle strade e nelle case private: acido fenico, cloruro di calce, vetriolo ferrico. La vendita del cloruro di calce avveniva presso alcune farmacie a basso prezzo, concordato con l'Ufficio Sanitario, per favorire la pratica igienica anche come iniziativa personale.

A questa crisi locale si sovrappose la crisi politica nazionale determinata dalla presentazione del progetto di legge del governo Ricasoli su «Libertà della chiesa e liquidazione dell'asse ecclesiastico», una legge che il gruppo politico cui apparteneva Cannizzaro sollecitava da oltre tre anni. Il divieto governativo di manifestazioni contrarie al disegno di legge, particolarmente forti nel Veneto, sostenute dal clero e da gruppi politici dell'opposizione, fu respinto in parlamento e provocò lo scioglimento delle camere, decretato dal Re il 13 febbraio 1867. Dopo le elezioni del 10-17 marzo Bettino Ricasoli (1809-1880) perse la maggioranza e fu sostituito da Urbano Rattazzi. Il nuovo ministro dell'Istruzione pubblica, Michele Coppino (1822-1901), fece sapere a Cannizzaro all'inizio di agosto che, nel quadro di una generale riduzione della spesa pubblica, avrebbe soppresso una delle cattedre di chimica in tutte le università che ne avevano due, e chiese di sapere chi dei due titolari, se Cannizzaro stesso o Lieben, fosse disposto a trasferirsi a Torino.

La scelta fu decisa da loro due, attraverso uno scambio di lettere durante l'estate: Lieben sarebbe andato a Torino. Cannizzaro trattò col ministero per ridurre al minimo il danno. All'inizio dell'autunno, mentre volgeva al termine l'epidemia di colera, venne modificata la pianta organica del «Laboratorio e Scuola Pratica di Chimica» dell'università in una forma che Cannizzaro aveva così concordata:

1 Direttore	£ 700
1 Assistente e vice-Direttore	» 2200
2 Primi Preparatori a £ 1300	» 2600
1 Secondo Preparatore	» 1000
1 Terzo Preparatore	» 900
2 Inservienti a £ 700	» 1400
	<hr/>
	£ 8800

Cannizzaro fu nominato titolare della nuova cattedra di Chimica generale e

direttore del Laboratorio e nella stessa data Lieben fu trasferito, come professore e direttore, all'omonima cattedra dell'università di Torino.

Una occasione che consentì di contenere il danno era stata segnalata a Cannizzaro da Lieben nella lettera da Vienna del 30 settembre 1867: «... Ho ancora una cosa importante a dirvi, la quale richiede urgentemente una risposta da parte vostra. Kekulé mi disse che l'eccellente suo assistente "Koerner" deve secondo il consiglio dei medici passare l'inverno in un clima più mite, e sarebbe molto contento a trovare un posto di assistente a Palermo... È inutile dire che Koerner è molto alla corrente delle idee di Kekulé e di tutti i recenti lavori sulla serie aromatica. Io credo perciò che sarebbe specialmente per voi un preziosissimo acquisto. Nei giornali troverete anche delle pubblicazioni fatte da Koerner. Esso parla francese, inglese e tedesco, dovrebbe soltanto imparare l'italiano. Ho parlato con Koerner e gli dissi che scriverò a voi e spero che la cosa potrà accomodarsi. Egli si accontenterebbe di 2000, ed anche di 1500 fit. ... Aspetto con molto interesse la vostra risposta che deve decidere, chi di noi deve andare a Torino. In ogni modo fatemi sapere al più presto possibile, se avete modo di collocare Koerner da assistente, purché potessi informarlo...» [21].

Di fatto Wilhelm Koerner (1839-1925) arrivò a Palermo nel dicembre 1867 e Cannizzaro ebbe difficoltà a collocarlo nella nuova pianta organica. Dal 1 novembre al posto di primo assistente e vice-direttore era stato nominato Giovanni Campisi, che da cinque anni era secondo assistente. Dalla stessa data Domenico Amato (1839-1897) era stato nominato ad uno dei due posti di primo preparatore ed a Koerner toccò quindi la nomina all'altro posto, dotato di uno stipendio di sole 1300 lire. Cannizzaro durò fatica ad ottenere dal ministero che a ciò si aggiungesse una gratifica bimestrale da prelevare sui fondi destinati al posto vacante di terzo preparatore, con l'obbligo di supplenza nei compiti, in modo da aggungervi altre 900 lire.

#### *La ripresa difficile.*

La ripresa delle attività di ricerca nel 1868 fu difficile. Koerner era giunto a Palermo affetto da una grave forma reumatica ed aveva bisogno di qualche tempo per migliorare le proprie condizioni di salute. Doveva inoltre organizzarsi per poter lavorare e soprattutto apprendere l'italiano, necessario per svolgere le esercitazioni pratiche del corso di chimica organica, poiché al momento del suo arrivo poteva solo usare il francese con Cannizzaro ed il tedesco con il giovane studente interno Emanuele Paternò (la lingua della madre). Campisi, probabilmente impegnato nei compiti amministrativi di vice-direttore, sembrava soprattutto interessato al cumulo di stipendi: era infatti incaricato del corso di Chimica analitica nella Facoltà, professore nell'Istituto Tecnico quale reggente la cattedra che era stata di Naquet (pagata per metà dal Ministero di Agricoltura, Industria e Commercio e per metà dalla provincia), ed infine incaricato del corso di

Chimica applicata alle arti per la Scuola di Applicazione degli ingegneri appena aperta nell'anno 1867-68 sotto la direzione di G.B. Filippo Basile (1825-1891), con 14 studenti, che saliranno a 18 nel successivo triennio, mentre gli iscritti della facoltà di Scienze si ridurranno a poco più di una decina! Ad Amato spettavano le esercitazioni pratiche per il corso di Chimica generale.

Malgrado tutto, il *Consiglio di Perfezionamento* fece svolgere le conferenze con ritmo accresciuto. Dal volume IV del *Giornale* (pubblicato con la data 1869, registra solo eventi del 1868) apprendiamo che le 17 previste si tennero con regolarità dal 12 gennaio al 31 maggio 1868. Una innovazione significativa fu il ciclo su temi urbanistici svolto da Corrado Tommasi Crudeli (1834-1900) (aveva diretto l'Ufficio Sanitario municipale durante l'epidemia di colera del settembre-dicembre 1866): «La canalizzazione delle città» (cioè le fognature), «Le abitazioni popolari nelle grandi città». Agostino Todaro (1818-1892) parlò «Sulle rotazioni agrarie». Nei giorni 10, 17, 24 e 31 maggio, seguì il ciclo conclusivo svolto da Cannizzaro: «Quali sono le materie che le piante prendono dall'aria e dal terreno per crescere».

Lo stesso volume del *Giornale* mostra che l'unica attività di ricerca svoltasi «nel Laboratorio di chimica dell'Università di Palermo sotto la direzione del Prof. Cannizzaro» fu quella dello studente Paternò, che vi pubblicò tre note: «Azione dello zincoetile sull'acetale biclorurato»; «Sull'aldeide biclorurata»; «Sull'acetale triclorurato e sulla formazione del clorale». Accanto ai consueti lavori di botanica, fisiologia, paleontologia, fisica e astronomia, il *Giornale* pubblicò anche un altro lavoro di chimica, le «Ricerche sopra i derivati dell'isatina», svolte da Ugo Schiff a Firenze.

Il ministro della Istruzione pubblica Emilio Broglio (1814-1892), succeduto a Coppino il 27 ottobre 1867, progettava una riduzione di spesa da realizzare concentrando in un piccolo numero di università le risorse disponibili per la ricerca, mentre le altre, Palermo fra queste, avrebbero dovuto limitarsi a compiti sussidiari di formazione professionale ed a preparare gli insegnanti per i licei e gli istituti tecnici. Tra i sostenitori di questa tesi era anche Carlo Matteucci, e con lui Cannizzaro entrò in polemica pubblica attraverso il giornale *La Nazione* di Firenze. Questa polemica amareggiò molto i due protagonisti, legati da un lungo rapporto di amicizia, e si interruppe per la improvvisa morte di Matteucci all'Ardenza (Livorno) il 24 giugno 1868. Il provvedimento da cui essa aveva avuto origine non venne mai attuato.

Le vicende degli anni 1867 e 1868, trascorsi nella posizione di Rettore, avevano stancato Cannizzaro al punto che il 26 agosto 1868 scrisse al Ministro: «Lo stato di mia salute richiede che io passi in completo riposo ed in campagna i due mesi di settembre e di ottobre. Perciò prego V.S. Ill.ma di volermi sin d'ora sgravare dall'ufficio di Rettore che durerebbe a tutto ottobre, nominando il mio successore al quale sarebbe utile che io consegnassi l'ufficio prima di allontanarmi da Palermo». Su questa lettera si trova una annotazione a matita che recita: «Il

capo della Div. 3a amichevolmente gli scrisse per pregarlo di voler continuare nell'uff. di Rettore» [22]. Cannizzaro accettò l'invito e rimase Rettore fino alla scadenza prevista, pur sostituito saltuariamente dal Preside anziano e collega di Facoltà Giuseppe Albergiani. Questi gli successe a novembre come Rettore, mentre Cannizzaro ne prese il posto, eletto Preside della Facoltà di Scienze.

#### 4. LA SCUOLA DI CANNIZZARO NEL TRIENNIO 1869-1871.

##### *Il lavoro di Koerner a Palermo.*

Non c'è dubbio che alla fine dell'anno 1868 Cannizzaro valutasse come inadeguati, rispetto agli sforzi che vi aveva profuso, i risultati del suo impegno per fondare a Palermo una moderna scuola di chimica. Al senso di stanchezza che aveva motivato il suo tentativo di abbandonare anticipatamente la carica di Rettore, si aggiunsero le vicende politiche locali. Nelle elezioni amministrative dell'ottobre 1868 per il rinnovo del quinto dei consiglieri municipali, il gruppo liberale venne messo in minoranza. Il nuovo sindaco Domenico Peranni (1803-1875), pur essendo stato titolare del dicastero delle finanze nel governo garibaldino del Pro-Dittatore Antonio Mordini, era di fatto sostenuto da una maggioranza della quale erano membri influenti e condizionanti clericali e legitimisti borbonici. Gli uomini ai quali Cannizzaro era vicino, i sostenitori dell'iniziativa che aveva motivato il suo ritorno dall'esilio a Palermo, erano stati di fatto estromessi dal governo della città. Questa evoluzione negativa, che si profilava già dal 1866, aveva indotto Cannizzaro a considerare con favore l'eventualità di un trasferimento a Napoli, dove aveva molte relazioni e dove la sua presenza era desiderata da Sebastiano de Luca (1820-1880). Egli vedeva in prospettiva come inevitabile il distacco dall'ambiente palermitano, dominato dalla gerarchia cattolica, animatrice di un gruppo politicamente influente ed ostile alle idee per le quali egli aveva combattuto. Aveva rinunciato all'idea di poter vivere in una Palermo diversa da quella che lo aveva visto partire esule vent'anni prima, ma era trattenuto dall'angoscia di dover ricominciare da capo «una quinta volta», sentendosi quasi condannato a mai raccogliere il frutto di ciò che aveva seminato con tanta fatica.

Liberato dagli affanni dell'amministrazione universitaria, Cannizzaro riprese con maggiore intensità lo studio ed il lavoro nel Laboratorio. La testimonianza la troviamo nel volume V del *Giornale*: la cronologia dei lavori pubblicati nelle prime 250 pagine di esso va dal novembre 1868 al giugno 1869. Una analisi sommaria delle memorie di chimica è sufficiente ad evidenziare un'attività di notevole mole ed il ruolo direttivo di Cannizzaro. Ecco la lista di quelle del Laboratorio:

W. Koerner: Synthèse d'une base isomère à la toluidine, pp. 111-114

S. Cannizzaro: Considerazioni sulle memorie del Signor E. Paternò, pp. 115-116

E. Paternò: Intorno all'azione del percloruro di fosforo sul clorale, pp. 117-122

E. Paternò: Azione del percloruro di fosforo sull'aldeide bichlorurata, pp. 123-126

S. Cannizzaro: Rapporto sulla memoria del Sig. Koerner, pp. 208-211.

W. Koerner: Fatti per servire alla determinazione del luogo chimico nelle sostanze aromatiche, pp. 212-256.

Accanto a queste memorie il *Giornale* ne pubblicò altre due, provenienti dai centri dove si manifestava il nuovo della chimica in Italia:

U. Schiff (da Firenze): Ricerche sugli eteri dell'acido borico, pp. 9-52

A. Lieben (da Torino): Metodo per la trasformazione dei composti organici clorurati in iodurati, pp. 130-136.

Questa pubblicazione italiana di lavori destinati alle prestigiose riviste tedesche, era non solo un appoggio esplicito agli studiosi, diretto a farli conoscere, ma anche un gesto polemico verso coloro che osteggiavano la nomina di stranieri nelle nostre università. Una opposizione così motivata, per esempio da parte di Ascanio Sobrero (1812-1888) e di Paolo Tassinari (1829-1909), aveva impedito nel novembre 1866 la vittoria Alfred Naquet nel concorso alla cattedra di chimica dell'Università di Torino, andato deserto come già ricordato. Un altro obiettivo del programma di Cannizzaro era, sin dall'inizio, di inserire l'attività del proprio Laboratorio nel quadro generale della ricerca chimica internazionale. Questo era stato perseguito, per esempio, facendone ripubblicare quasi tutte le memorie, in una versione abbreviata, nei *Comptes Rendus* dell'Accademia delle Scienze di Parigi.

La presentazione del lavoro di Koerner su una tematica nuova per Palermo, fu una parte significativa di tale programma proprio nel momento in cui l'ambiente municipale regrediva nel conservatorismo e minacciava di diventare culturalmente soffocante. La struttura dei composti aromatici era infatti nel 1869 un tema attualissimo e controverso. Su questo egli prese posizione, spiegando al *Consiglio* il significato del lavoro che Koerner stava svolgendo, le ragioni per le quali era necessario pubblicare gli otto capitoli della memoria, nella quale veniva esposto il lavoro da lui compiuto «nel laboratorio di Chimica di questa Università», con la partecipazione di due giovani studenti interni (il capitolo settimo sul lavoro svolto «insieme al Sig. E. Paternò», l'ottavo su quello «insieme al Signor O. Simoncini»). Ecco il punto centrale del discorso di Cannizzaro:

«... furon pochi che sulle prime compresero bene la novella ipotesi di Kekulé e ne videro chiaramente tutte le conseguenze. Tra questi pochi debbono primi annoverarsi il Baeyer, antico allievo del Kekulé, ed il Koerner assistente del Kekulé nel tempo che sviluppava la sua teoria e collaboratore in una parte del suo classico libro di chimica organica... Il Koerner non solo confermava la teoria di Kekulé, ma faceva un passo importante nello sviluppo di essa, annunciando e provando come sarebbe stato possibile risolvere per mezzo dell'esperienza i due seguenti problemi:

1. Scoprire tra i derivati della benzina quelli nei quali i gruppi sostituenti sono in posti corrispondenti e così classificare i corpi aromatici in serie di costituzione simile;

2. Di determinare la posizione relativa degli atomi di idrogeno sostituiti; cioè per quanti atomi di idrogeno son separati l'uno dall'altro. Chiamò quest'ultimo problema la *determinazione dei luoghi chimici degli atomi o residui sostituenti*.

... Il Koerner si pose indefessamente ad accumulare i materiali per la soluzione definitiva del problema che egli si era posto e che secondo l'espressione del Kekulé è *uno dei più vasti che la chimica abbia posato sin ora* ... Egli ha continuato i suoi lavori nel laboratorio di Chimica di questa Università sin dallo scorso anno ... La scuola del Baeyer dirigeva anche i suoi studi a trovare i metodi di risolvere il problema la prima volta posto dal Koerner. In questo stato di cose sarebbe imprudenza per quest'ultimo ritardare la pubblicazione dei risultati sinora ottenuti e delle idee già maturate, aspettando uno stato di perfezione che richiederà molti anni per essere raggiunto.

Perciò ho io spinto il signor Koerner ad affrettare la pubblicazione degli otto capitoli della sua memoria che oggi presento a questo Corpo Accademico ... Ho anche io consigliato al signor Koerner di incominciare la sua memoria con una esposizione della teoria di Kekulé punto di partenza dei suoi lavori; poiché conosco che questa importante teoria non ancora abbastanza conosciuta non è mai stata esposta in un libro italiano ...» (corsivi nell'originale) [23].

Affinché non sembri retorica l'enfasi data da Cannizzaro a questo lavoro, e la mia citazione non appaia agiografica, mi limito a segnalare che questa memoria è stata oggetto nel 1980 di una analisi pubblicata da J. Michael McBride sul *Journal of the American Chemical Society* sotto il titolo: «Completion of Koerner's Proof that the Hydrogens of Benzene are Homotopic. An Application of Group Theory» [24]. Dopo oltre un secolo, la logica adottata da Koerner per avviare a soluzione i problemi esposti nella relazione di Cannizzaro, è stata formalizzata dal McBride nel linguaggio matematico della teoria dei gruppi. Va sottolineato che la lettura del lavoro di Koerner è stata fatta dal McBride sul *Giornale di scienze naturali ed economiche* posseduto dalla biblioteca della *Yale University*, la quale ne dispone grazie allo scambio iniziato nel 1865 con *The American Journal of Science and Arts*, all'epoca pubblicato presso quella università sotto la direzione del geologo James D. Dana (1813-1895).

Due tra le memorie di chimica sopra elencate meritano un commento aggiuntivo. La memoria di Koerner sulla base isomera della toluidina propone la prima formula di struttura corretta della piridina (un primato attualmente discusso in sede storica). Le due memorie di Paternò affrontavano, come aveva spiegato Cannizzaro nella presentazione, il problema della equivalenza dei tre atomi di idrogeno di un gruppo metile. Nella memoria sui prodotti ottenuti dal clorale per azione del percloruro di fosforo, la discussione dei possibili isomeri è fatta utilizzando la distribuzione spaziale tetraedrica degli atomi legati al

carbonio, attraverso una figura che illustra i modelli ipotizzati. Alcuni anni dopo questo lavoro fu la base di una rivendicazione di priorità per tale uso del carbonio tetraedrico. La pubblicazione era stata preceduta da uno scambio di lettere tra Paternò e Lieben, che il 25 giugno 1869 aveva scritto da Torino spiegando le ragioni del proprio dissenso: «Permettetemi una osservazione riguardo alla isomeria accennata tanto da voi quanto da Cannizzaro... Voi forse non avete pensato che ammettendo una tale isomeria *saltate il Rubicone* che separa le speculazioni considerate come lecite intorno al modo di combinarsi degli atomi, dalle speculazioni (meno lecite) intorno alla vera posizione degli atomi nello spazio... Ripeto che non considero come assurdo il supporre tali isomerie, ma non avendo noi nessun mezzo per conoscere la posizione topografica degli atomi (mentre ne abbiamo molti per conoscere il modo come son combinati) lo considero un po' pericoloso per la scienza. Slanciandosi nello spazio in cerca di atomi si rischia di perdere la terra sotto i piedi!» (corsivo nell'originale) [25].

Probabilmente nel 1869 Palermo era l'unico posto in cui potesse essere pubblicato un lavoro in cui si discuteva sull'isomeria nella struttura molecolare rappresentando gli atomi collocati nello spazio. Di ciò va dato merito a Cannizzaro ed a Koerner, il quale aveva usato per il benzene il modello del carbonio tetraedrico proposto nel 1867 da Friedrich A. Kekulé (1829-1896), facendolo conoscere a Palermo [26].

Le conferenze programmate dal *Consiglio di Perfezionamento* si tennero anche nel 1869: nel Giornale ne troviamo elencate undici, ma l'indicazione è limitata al titolo ed al nome dell'oratore. Le ultime due tenute da Cannizzaro ebbero come tema «Il solfo e la grande industria chimica». Non ne conosciamo il contenuto, ma possiamo ritenere che si riferisse alle prospettive di trasformazione della tradizionale attività estrattiva siciliana in un ciclo di produzione industriale, come quello attuato in Inghilterra, dove era esportata gran parte dello zolfo estratto in Sicilia. La conferenza tenuta da Corrado Tommasi Crudeli «Sulla necessità di rendere obbligatoria la istruzione primaria in Italia», ha riscontro in una memoria con lo stesso titolo pubblicata nel fascicolo di maggio della *Rivista Sicula di Scienze, Letteratura ed Arti*. Se ci rapportiamo al clima politico della città di Palermo, mutato da pochi mesi, possiamo intendere l'ansia con cui l'oratore disse queste parole: «Noi non abbiamo tempo da perdere: stretti come siamo da ogni lato da nemici interni ed esterni, i quali agognano la manomissione delle nostre libertà e la rovina del grande edificio nazionale, improvvisamente costruito sul fango del nostro passato. Sebbene l'Italia, in mezzo a tante difficoltà, abbia saputo unificarsi e reggersi a libertà, con una fortuna che ha superate le previsioni dei più ingenui ottimisti; non bisogna nascondersi che tutto rimane ancora in dubbio, finché le libertà sono più nelle leggi che nei costumi, e finché la impossibilità di tradurle nei costumi della grande maggioranza del paese, afflitta com'è dalla più crassa ignoranza, mantiene vive le speranze dei nostri irconciliabili nemici.

Io credo che questo rimedio eroico vi sia, che esso consista nell'adottare e nell'applicare in Italia il principio della *istruzione elementare obbligatoria*, cioè: nello stabilire, per legge, una pena da infliggersi ai padri o tutori che si rifiutano di dare ai loro figli o pupilli la istruzione primaria, e nel determinare il tempo durante il quale i fanciulli debbono riceverla. Io credo che la prima e indispensabile base di ogni insegnamento secondario, letterario o tecnico, debba essere costruita fra noi quanto più presto e più rapidamente si possa...» (corsivo nell'originale) [27].

L'unica ricerca chimica condotta nel Laboratorio di Cannizzaro nel 1869 è pubblicata nel volume sesto del *Giornale* (1870) da Emanuele Paternò e Domenico Amato, che avevano realizzata la sintesi dell'aldeide crotonica con un metodo originale. La materia era importante perché contemporaneamente Kekulé pubblicava un programma di ricerca inteso a dimostrare la struttura del benzene utilizzando appunto un procedimento di sintesi di tale aldeide e dei suoi omologhi [26]. Alla memoria seguiva una lunga nota di considerazioni fatte da Paternò sugli acidi della serie acrilica. Sullo stesso *Giornale* sono registrate le tredici conferenze organizzate a cura del *Consiglio di Perfezionamento* che nel primo semestre del 1870 vennero date in Palermo. Il ciclo, incentrato sui problemi cittadini, fu aperto da Simone Corleo (1823-1891) con due conferenze sui temi dell'igiene pubblica nelle grandi città, ed una di Niccolò Musmeci sulla popolazione urbana. Agostino Todaro e Giuseppe Inzenga parlarono sulla vegetazione spontanea dell'agro palermitano e sulla sua topografia agraria. Temi piuttosto singolari furono la conferenza di Cannizzaro sul pulviscolo atmosferico e quella di Blaserna sulle recenti esplorazioni dell'Africa centrale.

All'inizio dell'anno accademico 1869-70 Cannizzaro nuovamente si trovò a dover conciliare la formazione dei suoi collaboratori con i vincoli impostigli dalla disponibilità dei fondi. Il Koerner era scontento della propria posizione, aspirando legittimamente ad ottenere una cattedra, non solo per una migliore condizione economica, ma anche per avere dei collaboratori e liberarsi delle incombenze che gli imponeva la supplenza del posto di terzo preparatore. Per poter dare un sostegno economico ai giovani studenti interni che lavoravano con Koerner, Cannizzaro ottenne che il primo preparatore Domenico Amato si trasferisse come aiuto nel laboratorio di Schiff a Firenze, dove poteva continuare a lavorare sotto una guida valida, e chiese al ministro di essere «autorizzato a poter promettere ad uno o più giovani che facciano le veci del detto preparatore una qualche gratificazione sulla ricadenza dello stipendio del posto vuoto». Il ministro acconsentì.

Verso la fine dello stesso anno accademico quel posto vacante venne utilizzato da Cannizzaro per altri spostamenti: Paternò, a decorrere dal mese di ottobre 1870, ebbe l'incarico di primo preparatore, mentre su quello di secondo preparatore subentrava come incaricato Giuseppe Pisati (1842-1891), da Pavia, professore titolare di fisica nel liceo di Palermo. Andava così emergendo nel laboratorio la figura del giovane Paternò, capace, fortemente motivato ed ambizioso [28].

*Settembre 1870: la fondazione della Gazzetta Chimica Italiana.*

Cannizzaro aveva frattanto portato avanti una serie di contatti per dar vita anche in Italia ad una qualche organizzazione che, come era avvenuto in Germania, collegasse tra loro i chimici e desse vita ad un periodico che ne fosse l'espressione concreta. A tal fine aveva convocato per il 30 settembre a Firenze, presso il Laboratorio di Schiff, una riunione intesa a dar vita ad una società chimica italiana, alla quale avevano accettato di partecipare: Adolfo Lieben, Emilio Kopp e Antonio Rossi (Torino), Angelo Pavesi (Milano), Tullio Brugnattelli (Pavia), Giovanni Bizio (Venezia), Francesco Filippuzzi (Padova), Francesco Selmi (Bologna), Paolo Tassinari e Giuseppe Orosi (Pisa), Fausto Sestini (Forlì), Luigi Gabba (Treviso), questi due giovani docenti degli istituti tecnici nelle rispettive sedi. Di fatto i presenti furono, oltre Schiff ed Amato che vivevano a Firenze, Cannizzaro e Paternò venuti da Palermo, Selmi, Tassinari e Gabba, che redasse il «Processo Verbale» della riunione. Ritenuto di essere troppo pochi per dar vita ad una associazione nazionale, essi decisero di limitarsi ad invitare i colleghi italiani a dar vita al periodico, denominato *Gazzetta chimica italiana*, da stampare a Palermo sotto la direzione di Cannizzaro a partire dal 1871. All'iniziativa aderì un gruppo di 29 soci fondatori, che versarono una quota di 50 lire, ai quali corrisposero 107 abbonati con una quota di 20 lire [29]. Il primo fascicolo, di 132 pagine, uscì con la data del 31 marzo 1871.

Il contributo del Laboratorio di Palermo al primo fascicolo della *Gazzetta* era costituito dalle seguenti memorie: — tre note di ricerche originali sui prodotti di reazione dell'alcool benzilico, di Cannizzaro e dei suoi collaboratori Campisi ed Amato; — una nota di Pietro Blaserna, critica delle tesi sostenute da Friedrich Mohr (1806-1879) «sulla legge di Avogadro»; — un articolo di Cannizzaro che avviava una rassegna storica sulla teoria atomica e sulla sistematica delle formule molecolari. Questo fu il primo di sei articoli, con lo stesso titolo, il cui insieme, pubblicato nel primo volume, offrì ai docenti di chimica italiani una guida sicura per l'insegnamento moderno dei fondamenti della chimica e per la comprensione degli articoli che si pubblicavano dalle migliori scuole europee.

La situazione nel Laboratorio tuttavia era cambiata perché Koerner era finalmente riuscito ad ottenere una cattedra: su proposta del Consiglio Direttivo della Scuola Superiore di Agricoltura di Milano, il ministro di Agricoltura, Industria e Commercio il 14 dicembre 1870 lo aveva nominato professore di chimica, con lo stipendio annuo di 3000 lire a partire dal 1 gennaio 1871. Per la scuola di Palermo e per la redazione della *Gazzetta* che ad essa si appoggiava, fu una perdita notevole.

Cannizzaro, Paternò, Pisati e Blaserna furono direttamente coinvolti nella recensione delle riviste per redigere riassunti o per tradurre gli articoli ritenuti più significativi. Essi erano affiancati da Lieben, Schiff e Koerner per la chimica pura, da Emil Kopp (1817-1875) per la tecnologia, da Alfonso Cossa (1833-1902) per l'agraria e da Giovanni Strüver (1842-1915) per la cristallografia.

Questo promettente quadro di collaborazione venne tuttavia modificato da due eventi non prevedibili: alla fine di aprile 1871 Lieben accettò la nomina a professore nella università di Praga ed informò il ministro che rinunciava alla cattedra di Torino a partire dal 1 luglio; contemporaneamente Kopp, nominato professore nella Scuola Politecnica di Zurigo, rinunciò alla cattedra di «Tecnologia chimica» che aveva a Torino.

Le ricerche condotte nel Laboratorio permisero di pubblicare nel primo volume della *Gazzetta* ben dieci memorie. La metà di esse è dovuta a Paternò. In apertura del fascicolo VI, stampato il 16 luglio, la memoria in collaborazione con Pisati sviluppava il lavoro già avviato sulle trasformazioni realizzate impiegando il percloruro di fosforo. Ad essa seguirono altre quattro note nel fascicolo IX, stampato il 18 dicembre 1871, testimoniando un ritmo di lavoro che non aveva uguali nel laboratorio. Questa sua attività era ampiamente motivata dalle vicende che avevano modificato la situazione universitaria in Italia: — la vacanza della cattedra di Torino già tenuta da Lieben, per la quale era stato bandito il concorso già dal 19 settembre; — la notizia, ufficializzata il 9 dicembre, che Cannizzaro aveva accolto l'invito ad insegnare nell'Università di Roma. L'11 dicembre Paternò aveva presentato la domanda di partecipazione al concorso per la cattedra di Torino, elencando nei titoli anche quelli che formalmente sarebbero stati pubblicati una settimana dopo.

##### 5. L'EREDITÀ DI CANNIZZARO A PALERMO.

Ciò che accadeva era il riflesso sull'università palermitana dei mutamenti avvenuti nella situazione nazionale. Dieci giorni prima della riunione di fondazione della *Gazzetta chimica* a Firenze, le truppe italiane erano entrate a Roma dalla breccia aperta a Porta Pia. Era chiaro che il governo italiano dopo il trasferimento a Roma della capitale del Regno, avrebbe provveduto al rinnovamento dell'università romana. Alcuni chimici si erano fatti avanti direttamente presso il ministro Cesare Correnti (1815-1888) o per vie diverse. Cannizzaro si era tenuto in disparte. Della sua disponibilità a trasferirsi abbiamo tuttavia notizia in una lettera scritta il 23 luglio 1871 da Francesco Selmi (1817-1881) al Segretario generale del ministero Giovanni Cantoni (1818-1897). Dopo contatti riservati dei quali poco si conosce, continuati nel corso dell'estate, possiamo ritenere un segnale dell'attuazione di tale progetto la nomina di Cannizzaro a senatore, avvenuta il 15 novembre 1871 nella classe comprendente coloro che erano soci dell'Accademia delle Scienze di Torino da almeno sette anni. Ad essa seguì il 6 dicembre la nomina a «membro straordinario» del Consiglio Superiore della Pubblica Istruzione.

Cannizzaro partì per Roma dopo il 22 gennaio 1872, dichiarando che vi si recava per partecipare ai lavori del Senato e del Consiglio Superiore. Il decreto

di trasferimento fu emesso il 27 agosto 1872, con decorrenza dal 1 gennaio, dopo l'estensione all'università di Roma della legge Casati e dei regolamenti vigenti nel resto del regno. La Facoltà di Palermo pochi mesi dopo perse anche Pietro Blaserna, trasferito a Roma come ordinario di Fisica e direttore del relativo Gabinetto.

La Facoltà di Scienze nella seduta del 26 gennaio 1872 aveva proposto che «... fosse il Professore Cannizzaro supplito nella temporanea di lui assenza dal Sig. Paternò, avuto riguardo alle applaudite di lui pubblicazioni sulla scienza che coltiva e alle lezioni che più volte ha dato in di lui vece con ottimi risultati». La proposta fu ratificata dal Ministro il 9 febbraio successivo. La supplenza di Paternò al corso di Cannizzaro, decorrente dal febbraio 1872, era congiunta all'incarico della direzione del Laboratorio di chimica. Egli era inoltre in attesa dell'esito del concorso per la cattedra di Chimica generale dell'università di Torino, in base al giudizio di una commissione della quale Cannizzaro stesso era presidente. Nelle more dell'esito, il Consiglio di facoltà, riunitosi il 13 ottobre 1872 per affidare gli insegnamenti di Fisica e di Chimica nell'imminente inizio dell'anno accademico, propose per il primo di dare l'incarico a Giuseppe Pisati e per il secondo deliberò in questi termini: «In quanto all'insegnamento della chimica, la Facoltà ritenuto che il Sig. Emanuele Paternò ... ha di certo i titoli per essere nominato Professore straordinario di chimica organica ed inorganica ... lo propone a Professore straordinario di tale insegnamento».

Conosciuto l'esito del concorso per la cattedra di Torino, la Facoltà tornò a deliberare sull'argomento il 26 ottobre: «... essendo venuta in conoscenza che il Paternò è stato prescelto dalla suddetta competente Commissione a professore ordinario, ha esternato ad unanimità il suo voto di pregarsi il Governo, affinché egli sia destinato a professore ordinario di chimica generale in questa R. Università ...». Alla delibera, inoltrata al Ministro il 28 ottobre, seguì una lettera di Paternò che esprimeva la sua preferenza per la sede di Palermo. Dopo il parere favorevole del Consiglio Superiore, il decreto di nomina venne firmato il 28 novembre e comunicato al Rettore Albeggiani il 30. Paternò ne ricevette copia il 6 dicembre.

Al di là delle motivazioni personali di consenso verso Paternò, è fuori dubbio che la Facoltà agì per evitare che alla partenza di Cannizzaro seguisse la dispersione della scuola di chimica che egli aveva fondato a Palermo. Non soltanto fece tutto il possibile per trattenerci colui che appariva come il più brillante dei suoi allievi, ma volle anche impedire che, nominato Paternò a Torino, il ministro potesse affidare ad uno straniero, per esempio al Koerner, la cattedra di Palermo rimasta vacante. Non si tratta di una ipotesi, ma di una eventualità di cui parlò Koerner stesso, scontento per varie ragioni della posizione che aveva a Milano, in una lettera a Cannizzaro in data 18 luglio 1872 [28].

Paternò, erede di Cannizzaro, rimase a Palermo fino al 1892 quando ottenne di trasferirsi a Roma.

BIBLIOGRAFIA

- [1] L. PAGLIONI (a cura di): *Lettere a Stanislao Cannizzaro, scritti e carteggi 1857-1862*. Palermo 1992, p. 12.
- [2] G. LA GRUTTA, R. GIUFFRIDA (a cura di): *Regolamenti dell'Università degli Studi di Palermo (1805-1841)*. Ristampa anastatica, Palermo 1978. Introduzione, p. 21; Regolamenti, pp. 14-15 e p. 69.
- [3] F. CASORIA: *Studi elementari di chimica inorganica*. Napoli 1847. CASORIA F.: *Studi elementari di chimica organica. Con le più interessanti applicazioni alla farmacia e all'agricoltura*. Palermo 1852-1854.
- [4] I. CARMONA: «Giovanni Meli medico e biologo», in *Studi su Giovanni Meli nel II centenario della nascita (1740-1940)*. Palermo 1942, pp. 241-288.
- [5] L. SAMPOLO: *La R. Accademia degli studi di Palermo. Narrazione Storica*. Palermo 1888. Ristampa anastatica. Presentazione di G. La Grutta, introduzione di R. Giuffrida. Palermo 1976. Inoltre, L. SAMPOLO: «La R. Università di Palermo. Nota storica», in *Annuario della R. Università degli studi di Palermo 1879-1900*, pp. 73-84.
- [6] E. OLIVERI: «Giovanni Meli professore di chimica nella Reale Accademia degli Studi di Palermo dal 1787 al 1815», in *Studi su Giovanni Meli nel II centenario della nascita (1740-1940)*. Palermo 1942, pp. 371-383. Gli appunti autografi del Meli, non ordinati, raccolti in tre volumi, sono alla Biblioteca Comunale di Palermo, segnatura 4Qq c38, 39, 40. Altri appunti, in foglio, sono conservati alle segnature 4Qq D3, f. 79 e f. 85; 4Qq D6, pp. 10.
- [7] E. VACCARO: *Elogio di Antonino Furiato*. Palermo 1837.
- [8] A. DI PASQUALE: «La popolazione studentesca universitaria di Palermo dalle origini ai giorni nostri», *Statistica*, VIII, fasc. 4 (1948), pp. 468-482; IX, fasc. 1, pp. 27-56.
- [9] L. CERRETI, *Stanislao Cannizzaro didatta e riformatore. I. Impegno didattico, riflessione teorica*, *La Chimica e l'Industria*, vol. 64 (1982), pp. 667-673. II. *La scuola di via Panisperna*, *ivi*, vol. 64 (1982), pp. 742-747. III. *Per uno stato moderno*, *ivi*, vol. 65 (1983), pp. 645-650. IV. *Dall'epistemologia alla politica*, *ivi*, vol. 65 (1983), pp. 712-717.
- [10] *Rif.* 1, pp. 19-24.
- [11] *Rif.* 1, p. 266.
- [12] *Rif.* 1, p. 156.
- [13] *Rif.* 1, p. 161.
- [14] S. CANNIZZARO: *Orazioni inaugurali per l'apertura degli studi dell'anno scolastico 1864*. Palermo 1865.
- [15] L. PAGLIONI (a cura di): *Lettere a Stanislao Cannizzaro 1863-1868*. Palermo 1993, p. 234.
- [16] *Rif.* 15, p. 329.
- [17] A. PERATONER: «Francesco Dotto-Scribani», in *Annuario della R. Università degli studi di Palermo 1895-96*, pp. 117-118.
- [18] A. SANNONE: *Storia del R. Istituto Tecnico Filippo Parlatore (1862-1920)*. Palermo 1920, pp. 15-16.
- [19] R. TRINIVIAN: *Princes under the Volcano*. MacMillan, London 1972, pp. 210-213.
- [20] *Giornale di Scienze Naturali ed Economiche*, Palermo 1866, vol. II, p. 66.
- [21] *Rif.* 15, p. 246.
- [22] *Rif.* 15, p. 395.
- [23] S. CANNIZZARO: «Rapporto del Prof. Cannizzaro nella seduta del 13 giugno 1869», *Giornale di Scienze Naturali ed Economiche*, vol. V (1869), passim, pp. 209-211.

- [24] J.M. McBride: *Journal of the American Chemical Society*, vol. 102 (1980), pp. 4134-4137.
- [25] E. PATERNO: *Conferenze e discorsi scientifici*. Roma 1928, pp. 174-175. Vedere anche in *Gazzetta Chimica Italiana*, vol. 43 (1913), pp. 2-6.
- [26] L. PAOLONI: «The Stereochemical Models of Benzene 1869-1875: the Conflicting Views of Kekulé, Koerner, Le Bel, Van't Hoff», in *Bulletin for the History of Chemistry*, No. 12 (1992), pp. 10-24.
- [27] C. TOMMASI-CRUGIOLI: «Sulla necessità di rendere obbligatoria la istruzione primaria in Italia», in *Rivista Sicula di Scienze, Letteratura ed Arti*, vol. 1 (1869), pp. 363-394, citazione da p. 384.
- [28] L. PAOLONI (a cura di): *Lettere a Stanislao Cannizzaro 1868-1872*. Palermo 1994, in corso di stampa.
- [29] L. PAOLONI, G. PAOLONI: «La fondazione della Gazzetta Chimica Italiana (1870-1871)», in *Rendiconti della Accademia Nazionale delle Scienze detta dei XL. Memorie di Scienze Fisiche e Naturali*, serie V, vol. 14 (1990), T. II, P. II, pp. 245-280. Nel testo ed in appendice vengono date notizie biografiche sui partecipanti alla riunione del 30 settembre 1870 e sui soci fondatori.

CHRISTOPH MEINEL (\*)

## Structural Changes in International Scientific Communication: The Case of Chemistry (\*\*)

Scientific communities are social units that produce, select and channel information. They are demarcated and structured by networks of communication. Communication is therefore one of the most important functions in any science. If groups of scientists begin to cluster and interact in a new way, if they redefine themselves in disciplinary, professional, institutional, local or national boundaries, a corresponding re-structuring of their communications network should be expected.

Communication in science operates in two ways. First, it transfers and preserves the stock of accepted knowledge from one generation to the next. This happens in textbooks, handbooks, the various forms of apprenticeship, scientific schools and other forms of transmission related to teaching. Second, modern science has created new channels of information that enable rapid exchange and critical feedback, provided e.g. by meetings, correspondence, preprints, and journals.<sup>1</sup> For the historian journals are the most easily accessible remains of the entire communications structure in science and an authentic mirror of its vicissitudes. The medium itself, however, has received relatively little attention.<sup>2</sup>

(\*) University of Regensburg, Germany.

(\*\*) Presented at the V National Meeting «Storia e Fondamenti della Chimica» (Perugia, 27-30 ottobre 1993).

<sup>1</sup> Cf. R.G.A. DOLBY, *The Transmission of Science*, «History of Science», 15, 1977, pp. 1-43; A.J. MEADOWS, *Communication in Science*, London, 1974; R. v. GIZYCKI, *Centre and Periphery in the International Scientific Community: Germany, France and Great Britain in the 19th Century*, «Minerva», 11, 1973, pp. 474-494.

<sup>2</sup> Cf. W.H. BROCK, A.J. MEADOWS, *The Lamp of Learning*, London, 1984; A.J. MEADOWS (ed.), *Development of Science Publishing in Europe*, Amsterdam, 1980; A.J. MEADOWS (ed.), *The Scientific Journal*, London, 1979; D.A. KRONICK, *A History of Scientific and Technical Periodicals: The Origins and Development of the Scientific and Technical Press, 1665-1750*, 2nd. ed., Metuchen/N.J., 1976; B. HOUGHTON, *Scientific Periodicals: Their Historical Development, Characteristics and Control*, London, 1973.

The aim of this sketch is to explore the role scientific journals played in providing a network of communication in nineteenth-century Europe. We shall ask how this network was established, improved, and diversified to meet the needs of the emerging discipline; we shall ask how efficient it was and where its limitations were; and we shall ask for the reasons of its vicissitudes which can be interpreted as a transition from a highly personal trans-national pattern to a communications system that operated on the national level and was connected internationally through organizations.

Chemistry offers an especially rewarding case.<sup>3</sup> At a very early stage chemists developed a highly competitive system of specialized journals which soon almost completely superseded competing means of communication. Already the decisive debates over the antiphlogistic chemistry took place in journals rather than in letters or textbooks. Chemistry was in fact the first non-medical science to have, since 1778, a successful, discipline-oriented journalism.

There are various reasons for this success. One could point to the early formation of an autonomous academic discipline, its increasing professionalization, and the creation of a «market» for specialized periodicals. One should also mention the very nature of chemical laboratory research the results of which were scarcely «useful» or «diverting» enough to meet the standards of periodicals addressed to the general public, nor were they substantial enough to be published separately as a book.

#### *Formative years*

In the eighteenth century scientific communication operated on two levels: day-to-day business was done in letters, and the prestigious journals of learned societies were used to store lasting results. The new specialized, discipline-oriented journal emerged in open criticism of the traditional journals of the Academies. The latter ones were accused of being too exclusive and too expensive for most amateurs and practitioners. They were also blamed for their slow appearance. Publication times of two or three years were not unusual.

In 1773 the prototype of the private scientific journal, Rozier's *Observations sur la physique* proclaimed the program of the new medium: speed, competitiveness, social openness, complete coverage, and a fair price-utility-ratio.<sup>4</sup> The

<sup>3</sup> H. HARTY, *Die Entwicklung der deutschen chemischen Fachzeitschrift*, Berlin, 1941; S. WOLF, *Das deutsche pharmazeutische Reformchristum und Zeitschriftenwesen im 19. Jahrhundert*, Dissertation, Marburg, 1971.

<sup>4</sup> J.E. McCLELLAN, *The Scientific Press in Transition: Rozier's Journal and the Scientific Societies in the 1770's*, «Annals of Science», 36, 1979, pp. 425-449; D. McKIE, *The Observations of the Abbé François Rozier*, «Annals of Science», 13, 1957, pp. 73-89; cf. also S. LILLY, *Nicholson's Journal, 1797-1813*, «Annals of Science», 6, 1948, pp. 78-101.

journal was not meant to be a repository; instead, its main duty was to speed up the rate of discovery.

Five years later, Lorenz von Crell created what was to become the first successful journal devoted exclusively to one particular science: chemistry? Patriotism and scientific enthusiasm were the motives behind his *Chemisches Journal für Freunde der Naturlehre, Arzneygelahrtheit, Haushaltungskunst und Manufacturen*. Crell aimed at providing a platform for German chemists and at offering them, at the same time, every relevant piece of information from all over the world. The success of his venture is clearly demonstrated by almost 20 — if though unsuccessful — imitations. Even the French *Annales de chimie* originated in an attempt to get the *imprimatur* for a translation of Crell's journal.<sup>6</sup>

The new type of periodical was a private and competitive — sometimes even quite profitable — enterprise. Its success rested on a balance between speed and reliability, between originality and comprehensiveness. This meant, of course, that domestic as well as foreign information had to be covered adequately. Private subscribers, viz. doctors, pharmacists, manufacturers and administrators, expected to get, by means of translations, abstracts or reports, all the information they needed out of this single source. As a result, almost all of these early journals adapted between one and two thirds of their content from elsewhere, and again mainly from other journals.

#### *Establishing a pattern*

The Napoleonic Wars brought a deep crisis to communication for scholars all over Europe. Journal editors began to experience the importance of reliable mechanisms of information processing, and they worked hard to reorganize the links with foreign countries as soon as the war came to an end. In 1813 Thomas Thomson, then an extra-mural lecturer of chemistry in Edinburgh, started his *Annals of Philosophy; or Magazine of Chemistry, Mineralogy* ... with the keen hope: «We may now confidently anticipate an unrestrained communication between Great Britain and all the other countries in Europe. ... proper means will be taken, as soon as the channels of communication are open, to secure a regular correspondence in these countries».<sup>7</sup>

The most efficient chemical journalism during this period emerged in the German states. Reasons for this success can be found in the country's decentra-

<sup>6</sup> K. HUBBAUER, *The Formation of the German Chemical Community, 1720-1795*, Berkeley, 1982, pp. 62-82.

<sup>7</sup> S. COURT, *The Annales de Chimie, 1789-1815*, «Ambix», 19, 1972, pp. 113-128.

<sup>8</sup> Preface, «Annals of Philosophy», 2, 1813.

lized structure with so many small universities and weak academies. University professors writing for a local or commercial public were the typical editors. A well established book trade supported the distribution. In addition, the increasingly professionalized pharmacists created a market for this new type of chemical information. Competition was high and required efficiency and diversification, but it also resulted in stabilizing, by 1830, a few market leaders such as Trommsdorff's *Journal der Pharmacie*, Scherer's *Allgemeines Journal der Chemie*, Gilbert's *Annalen der Physik*, and Liebig's *Annalen der Pharmacie*.

### Speed

Attempts to reduce the number of journals or to avoid overlap were bound to failure. On the contrary, multiple publication and multiple translation was the rule. Copyright restrictions did not yet exist, and authors used to send manuscripts to several editors at the same time. Thus, important foreign work appeared in independent translations at various places. Sometimes it lasted less than a month for a paper to come out in print after it had reached the editor, and foreign translations were often published within 3-8 months. In this way chemistry had established a truly European communications system with an efficiency astounding even today.

The discovery of catalysis is an especially impressive example.<sup>8</sup> On 3 August, 1823, Johann Wolfgang Döbereiner in Jena, Saxony, discovered that a jet of hydrogen, directed at a platinum sponge, burst into flame — the Döbereiner lighter was invented. Immediately he sent a summary to four different journals. On 3 September, the article appeared in Schweigger's *Journal für Chemie und Physik* and almost simultaneously in Gilbert's *Annalen der Physik*, Trommsdorff's *Neues Journal der Pharmacie*, the *Bibliothèque Universelle*, and in Oken's *Isis*. — In the meantime foreign scientists had become aware of the discovery. Kastner from Erlangen informed Liebig, who was in Paris at the time, Liebig talked to Alexander von Humboldt, the latter to Louis Jacques Thenard, and Thenard reported the news to the *Académie des Sciences* on 26 August. Two days earlier the *Journal des Débats* already released a preliminary note. Immediately Thenard and Dulong began testing the new phenomenon and reported back to the *Académie* on 15 September. The next day, the physicist Hachette wrote to Michael Faraday in London, and Faraday began working on catalysis on 27 September. The October issue of the *Quarterly Journal of Sciences and Arts*, which he edited, contained his first results, while translations of Döbe-

<sup>8</sup> P. COLLINS, *Johann Wolfgang Döbereiner and Heterogeneous Catalysis*, «Ambix», 23, 1976, pp. 96-115.

reiner's papers and Thenard's and Dulong's reports appeared in the *Philosophical Magazine* of 31 October, the latter as a translation from the *Annales de Chimie et de Physique*. — Thus, by the end of 1823, Döbereiner's work was available in his four «original» German publications and in the leading French and British journals, not to mention short notices and abstracts that had appeared elsewhere.

Thus, by the first third of the 19th century chemistry possessed an information system typical of a mature discipline. Relevant work could be communicated and checked internationally, and controversies could be settled rapidly and efficiently.

There were even attempts to develop a truly international cooperative publications system. As early as 1830 Faraday made arrangements to publish Continental material simultaneously in his *Journal of the Royal Institution*.<sup>9</sup> In 1837 Liebig planned to transform his *Annalen* into a journal of general chemistry that ought to be published simultaneously in German, French, and English. Thomas Graham and Jean-Baptiste Dumas were named co-editors.<sup>10</sup> The bold project failed, but a few years later Charles Gerhardt in Montpellier and August Wilhelm Hofmann in London pursued a similar venture.

### Experiments

The growth of knowledge was soon to become a problem. Already in the 1840's editors would no longer have promised to render their journal «as complete a register as possible of all the improvements made in chemistry and the kindred sciences, not merely in Great Britain, but in every part of the world», as Thomas Thomson had done it for the *Annals of Philosophy* in 1813. The intrinsic dilemma of the journal to be, at the same time, a lasting repository and a rapid medium for current debates, required new solutions.

In the 1830's and 1840's we observe, therefore, a period of deliberate experimentation with new forms of chemical journalism. The most successful type was the abstract journal. Gustav Theodor Fechner's *Pharmaceutisches Centralblatt* of 1830 (which was to become the *Chemisches Zentralblatt* later on) was the first of this kind. Its working assumption was that scientific articles could be condensed to mere facts and data.

In general, however, nineteenth-century scientists were less positivistic than they sometimes appear. They enjoyed feeling the editor's personality, his predi-

<sup>9</sup> Cf. M. BERGMAN, *Social Change and Scientific Organisation: The Royal Institution, 1799-1844*, London, 1978, pp. 141-145.

<sup>10</sup> H.S. VAN KLOOSTER, *The Story of Liebig's Annalen der Chemie*, «Journal of Chemical Education», 34, 1957, pp. 27-30.

lections and even his oddities. A bit of polemics was almost indispensable to make a journal worth reading. The early chemical community was in fact an assembly of individuals. As a consequence, annual reports written by outstanding scientists enjoyed great popularity, and this just because of their selectivity and idiosyncrasy.

The reports given by the secretaries of the major Academies served as a model for this type of journalism. In the private journal annual reports feature only sporadically, mainly in order to keep up with developments abroad. Thus, in 1802 Scherer reviewed recent French publications in his *Allgemeines Journal der Chemie*; in 1814 Thomas Thomson's *Annals of Philosophy* summarized recent developments in chemistry on the Continent of Europe, and in 1817 Brande adopted this model in a regular «Analytical Review of the Scientific Journals published on the Continent» printed with the Royal Institution's *Journal of Science and the Arts*. Yet, the most influential of all these annual reports was the one Jöns Jacob Berzelius gave to the Swedish Academy every March from 1822 to his death in 1848.<sup>11</sup> Delivered in Swedish, his account was immediately translated into German, French, Italian and, with little success, into English. But it was the German version through which the genre became popular and gave birth to dozens of similar *Jahresberichte* for the various branches of science later in the century.

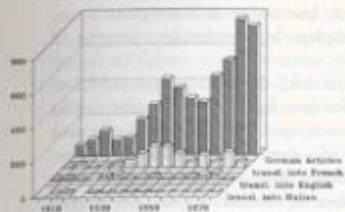
#### *Comparisons and differences*

A rough quantitative estimate of the efficiency of chemical communication during that period might be useful. For this purpose the transfer of information across language barriers can be used as an indicator. The following analysis (see figures) is based on the total of chemical papers by the 200 nineteenth-century chemists included in the *Dictionary of Scientific Biography* (New York, 1970-1990), and the subsequent translations of these papers into other languages. The papers are those listed in the *Royal Society Catalogue of Scientific Papers* (London, 1867-1925) which covers a fairly complete choice of journals.

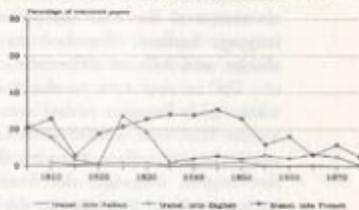
Using statistics historians will not need to be warned against over-interpretation. Chemical papers are not like peas or dryophila flies. Exchange of information does not work mechanically. Each step, from publication of a paper in a particular journal, its recognition as a relevant paper, up to its transmission and subsequent reception abroad, all of this is part of a complex process of both scientific and social selection and evaluation. The status of the field, expect-

<sup>11</sup> W. ODELSBERG, *Berzelius as Permanent Secretary*, in «Science in Sweden: The Royal Swedish Academy of Science, 1739-1989», Canton/MA, 1989, pp. 124-147.

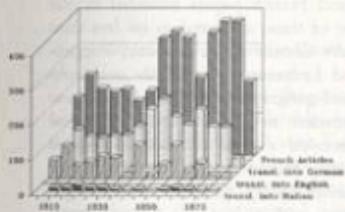
Articles from German Journals



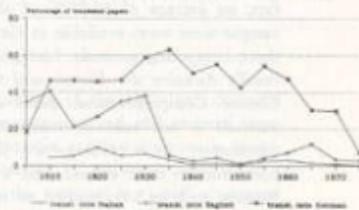
Articles from German Journals



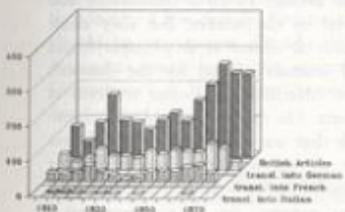
Articles from French Journals



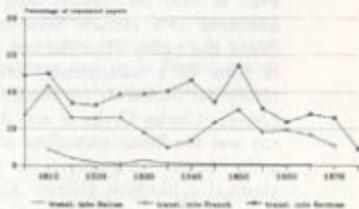
Articles from French Journals



Articles from British Journals



Articles from British Journals



tations of the scientific community, the author's fame, personal ties, local and institutional factors, and even pure chance do make a difference. If I am using translations, I take them as mere indicators of awareness and reception, but by no means as the only mechanism by which knowledge is transferred across language barriers. Therefore my analysis displays but tendencies, patterns of change, and national differences.

Let us now turn to the graphs. On the left, chemical papers published within each five-year period are listed in absolute figures. The graphs display articles that were published in German, French, and British journals. In each graph the rear pillars represent the number of «source» articles in the respective original language, the front pillars display their translations into other languages. Note that, due to the great number of German papers, the respective vertical scale has been reduced, and multiple translations of the same paper into one language are counted but once. — On the right, the same information is given in relative figures (number of «source» articles = 100%).

First of all we observe the take-off of German publications in the 1840's and, correspondingly, the great proportion of papers translated into German. In fact, an average of 30-50% of all English and French papers included in our sample were soon available in German. Most of these appeared in no less than three competing journals: Liebig's *Annalen der Chemie und Pharmacie*, Poggen-dorf's *Annalen der Physik und Chemie*, and Erdmann's *Journal für praktische Chemie*. Competitiveness, speed, efficiency and geographical position gave these journals a key role in transmitting information to the European chemical community. As a consequence, they also received a great number of original contributions from abroad, and were deliberately chosen by e.g. Scandinavian or Russian authors who wished to make themselves known to the rest of Europe. To some extent German served even as an intermediate language between more «distant» communications networks.

The French journals, on the other hand, continued to receive the highest attention from abroad, but contained a much lower proportion of foreign information themselves. This is especially true for the prestigious *Annales de chimie*. Prior to 1815 the *Annales* used to have an average of 20% translations and additional 15% extracts from letters received by the editors. But they abandoned this policy when the new series *Annales de chimie et de physique* began in 1816. As a consequence, less renowned journals catered for the demand, chiefly the *Journal de pharmacie*, run by two Alsacians and former students of Liebig's, Charles Gerhardt and Adolphe Wurtz. On the applied side of chemistry was the *Revue scientifique et industrielle* that was continued by the fortnightly *Moniteur scientifique du chimiste et du manufacturier*, edited by the chemical industrialist Gustave Augustin Quesneville from 1840. An interesting, if shortlived, journal was the *Comptes rendus mensuels des travaux chimiques à l'étranger* by the enfants terribles Auguste Laurent and Charles Gerhardt who

used this medium to give their own theories greater publicity. In general, however, the official, Paris-centred French chemistry was increasingly inward-bound and less concerned with foreign developments.

Turning to Britain, we are struck by the low awareness of foreign work. The few attempts to compensate for the neglect of «foreign intelligence» were bound to failure — a recurrent theme during the «Decline Debates» of the 1830's. Robert Thomson's *Records of General Science*, established in 1835 «to afford information in reference to the progress of science abroad», lasted for only two years. William Sturgeon's *Annals of Electricity, Magnetism & Chemistry*, published from 1836 through 1843, was explicitly aimed at printing translations, but the editor seems to have misunderstood the very nature of a journal, for some of the papers he reprinted were as old as 45 years. A market for discipline-oriented, specialized scientific journals did hardly exist in Britain during the first half of the century. In chemistry the situation improved only from 1842, when William Francis and Henry Croft started their fortnightly *Chemical Gazette* which soon became the only reliable source of information about Continental chemistry available in English for some 17 years.<sup>12</sup>

#### *Nationalization — internationalization*

In the second half of the century the structure of the European chemical community changed considerably. As the nation-state emerged and national organizations were founded all over Europe, in scientific communities too a transition took place from the earlier trans-national pattern of personal exchange to a communications system that was organized on the national level and connected internationally through national societies.

The earliest chemical societies still bear the hallmark of the old cosmopolitan idea of a supra-national *république des hommes de lettres*. In the London *Chemical Society* of 1841, the earliest of its kind, strong transnational ties were part of the Society's identity. Group cohesion on a local level and communication abroad were complementary tasks. This was even more so when, in 1857, the *Société Chimique de Paris* was founded. Its statutes say that this society should be «un moyen d'établir un lien entre la chimie française et la chimie étrangère», «une association scientifique de chimistes tant de la France que de l'Étranger».<sup>13</sup> A Swede was the second president, and 32 out of 191 members lived abroad.

<sup>12</sup> W.H. Brock, *The Fontana History of Chemistry*, London, 1992, pp. 436-461.

<sup>13</sup> «Société Chimique de Paris, Bulletin», 1858-1860, p. 1 [1857]; see *Cinquantième de la Société Chimique de France*, Paris, 1908; cf. T.S. Moore, J.C. Pilling, *The Chemical Society, 1841-1941*, London, 1947.

During the 1860's, however, the national character of these societies became more prominent. The *Deutsche Chemische Gesellschaft*, founded in 1868, was the first chemical society to explicitly claim being *the* representative of German chemistry.<sup>14</sup> This did not go unchallenged as the older generation of chemists still thought in terms of a *république des lettres* and disliked the idea of national representation. After all, there was no political unit «Germany» in 1868. Yet, by the turn of the century Britain, France, Germany, Denmark, Sweden, Belgium, Finland, and Norway, all had their own national chemical societies.

The impact on the communications system was immediate. The national societies now became the switchboards for information. They nominated delegates to international conferences and named juries at World Exhibitions. They also took over some of the formerly private journals or established their own periodicals.

London's *Chemical Society* was the first to launch its own journal. From 1849, it had a special supplement with abstracts and translations of foreign papers. In 1871 this was re-organized to become a separate abstract section, and as a consequence, translations virtually disappeared from the *Journal of the Chemical Society*. In 1858 the *Bulletin de la Société Chimique de Paris* took over two formerly private abstract journals, viz. Adolphe Wurtz's *Répertoire de Chimie Pure* and Charles Barresvil's *Répertoire de Chimie Appliquée*. In Berlin the *Deutsche Chemische Gesellschaft* issued its *Berichte* from 1868. Five years later they included an index to papers from other journals which developed into a full abstract section in 1878. This practice was discontinued in 1897 when the Society took over the *Chemisches Centralblatt*, that had been run as a private commercial journal since 1830.

Compared to their private competitors the society journals provided much greater efficiency and continuity, as they could rely on a powerful organization and on a more stable subscription basis. Facing an ever increasing flood of publications all over the world, the service they offered surpassed the means of any private editor-entrepreneur. Thus the journals, reports and abstract services issued by the national chemical societies quickly defeated their private rivals. The societies monopolized at least parts of the market. As a result, the remaining commercial journals came under pressure and almost all of them abolished full-length translations and reprints of articles that had appeared elsewhere. The first journal to adopt this new policy was Hermann Kolbe's *Journal für praktische Chemie* in 1870. By the end of the decade, multiple publications and translations — so typical for the medium up to then — had almost entirely disappeared or were restricted to languages such as Russian. The decline can be seen in our graphs (see above) and this explains why no figures are given after 1875.

<sup>14</sup> W. RUNKE, *100 Jahre Deutsche Chemische Gesellschaft*, Weinheim, 1967.

An efficient and reliable abstract service published as a separate journal is of course a good alternative to translations that were published in between «original» articles. Yet, if foreign information was relegated to a «secondary» level, filtered through an impersonal abstract service provided by a national organization, the way a chemist perceived the chemical world had become very different. The supra-national republic of letters, in which each scientist enjoyed direct civil rights, transformed itself into a more federal system, characterized by a fusion on the national level and outward representation through national organizations. Whereas cosmopolitan scientists used to believe that science should be advanced through immediate, personal contacts and the joint effort of individuals, it was now felt that strong national organizations were needed to keep up with the progress of science abroad and to survive in the struggle for national superiority. The social structure of European chemistry had thus changed from an individualized trans-national relationship to an institutionalized form of organized international relations.<sup>15</sup>

The cumbersome business of corresponding in a foreign language, searching foreign journals, and representing one's interests abroad, could now be left to one's national chemical society. Thus even scientists with European reputation such as Henry Edward Armstrong, Louis Pasteur or Emil Fischer could easily do without much personal contact to colleagues abroad — an attitude that would have been hardly possible 50 years earlier.

The history of the congresses on chemical nomenclature also attests to this change. The Karlsruhe Conference of 1860 was organized under the scheme that, if possible, each professor of chemistry from every European university should be invited individually. In 1892, however, the Geneva Conference was organized according to a balanced representation of the nine most important central European countries.<sup>16</sup> In Karlsruhe it was taken for granted that decisions could only be made by the entire chemical community, and voting at the conference was therefore expressly avoided; in Geneva, however, national delegates voted on a majority basis. The subsequent conferences on chemical nomenclature from Saint-Etienne (1897) to Liège (1930) testify that their success depended on the support given by influential national organizations.

<sup>15</sup> F.S.L. LYONS, *Internationalism in Europe, 1815-1914*, Leiden, 1963; B. SCHÖDER, *Caractéristiques des relations scientifiques internationales, 1870-1914*, «Journal of World History», 10, 1966, pp. 161-177.

<sup>16</sup> P.E. VERKADE, *La naissance de la nomenclature de Genève*, «Bulletin de la Société Chimique de France», 1966, pp. 1807-1812; M.P. CROSLAND, *Historical Studies in the Language of Chemistry*, London, 1962, pp. 347.

### Limits

By the turn of the century the sheer amount of information was calling for new solutions. E.g. the abstract section of the *Journal of the Chemical Society* grew from 604 pages in 1871 to 3250 pages in 1925. The *Jahresbericht über die Fortschritte der Chemie* — the main rival of the German Chemical Society's *Chemisches Zentralblatt* — grew from 3370 pages in 1888 (compiled by 13 people) to more than 5000 pages in 1897 (compiled by 54 people). And when the ultimate volume for 1905/08 came out in 1912 it amounted to more than 9400 pages. In the end the editors had to admit that this kind of journalism was no longer feasible.

The idea of producing just one, truly international abstract service composed by the chemical societies of various nations would have been a way out of this dilemma. Yet, all of these societies were part of their country's quest for prestige and power, and cooperation turned out to be a political issue. As early as 1869, Alexander William Williamson, a former student of Giessen and Paris, submitted a proposal to the *Deutsche Chemische Gesellschaft*, aimed at creating a monthly abstract service published jointly by the British, the French, and the German chemical societies. Yet in the turmoil of the Franco-Prussian War the suggestion came to nothing. Williamson had to content himself with establishing the abstract section of the *Journal of the Chemical Society*. In 1882 a similar suggestion by William Ramsay failed again since nationalistic objections were believed to be insurmountable.

### Mature and emerging fields

Besides nationalism there was also the influence of size and self-sufficiency of major communities. Earlier in the century, the chemical community was small and it was necessary to contact fellow-chemists disregarding national and language boundaries. But in the 1870's chemistry had become almost a mass discipline.

It is interesting, therefore, to compare mainstream chemistry with its younger subdisciplines to see if there is a difference between mature and emerging fields. When Wilhelm Ostwald, in 1887, founded the *Zeitschrift für Physikalische Chemie*, physical chemistry was still a disputed subject with little hope for support by the organic chemists who dominated the *Deutsche Chemische Gesellschaft*. Thus it was only natural for Ostwald to resume the old pattern of transnational cooperation between individual scholars instead of relying on national organizations. Consequently the *Zeitschrift für Physikalische Chemie*, edited by Ostwald and van't Hoff, displayed the names of 22 well-known scientists from

10 countries on the titlepage. In fact the *Zeitschrift* continued to be the international journal for physical chemistry for quite some time.<sup>17</sup>

Inorganic chemistry offers a similar case. The branch had suffered particularly from the predominance of organic chemistry. Its publishing possibilities were poor. As a consequence, Gerhard Krüss, an Extraordinarius of inorganic chemistry from Munich, negotiated with almost all his colleagues at home and abroad to solicit support for a new journal exclusively devoted to pure, inorganic chemistry. As a result the *Zeitschrift für anorganische Chemie* was created in 1892 and boasted an impressive list of 28 inorganic chemists from 11 countries as co-editors.

It is clear from these cases that a certain size of a scientific community and a certain stage of its development are prerequisites for organizing itself within national rather than purely disciplinary boundaries.

#### *Years of crisis*

By the end of the century, signs of a general crisis in chemical communication could no longer be ignored. A growing number of specialized and subspecialized journals, private abstract services, annual reports or yearbooks were competing with the huge and ponderous abstract services and journals of the national societies, and these in turn competed with each other. Complaints about the state of chemical journalism and proposals of how to improve the communications system were frequent in the years prior to World War I. Most of these arguments were targeted at the scientific journal.

Among the many proposals uttered in this context, Ostwald's bold vision was the most fascinating one.<sup>18</sup> What Ostwald had in mind was nothing less than a total abandonment of the traditional form of book and journal publishing. In his opinion, it was time to get rid of the idea that printed work deserved permanent storage. For books and journals carry a hotchpotch of soon outdated material. Only a minor proportion is actually used and permanently needed. Binding and shelving, however, preserves it for ever.

Positivist that he was, Ostwald wanted to keep just the essence of science, the facts and inventions, in a form that allows updating and modifying at any time according to the progress of science. For this purpose, he suggested publishing scientific results separately on loose sheets or as brochures, and in an

<sup>17</sup> T. HAPKE, *Die Zeitschrift für Physikalische Chemie: Hundert Jahre Wechselwirkung zwischen Fachwissenschaft, Kommunikationsmedium und Gesellschaft*, Heraberg, 1990.

<sup>18</sup> W. OSTWALD, *Die chemische Literatur und die Organisation der Wissenschaft*, Leipzig, 1919.

internationally standardized style, form and size. Out of this material scientists should be able to build up their personal stock of information. To exchange obsolete pages for up-to-date ones or to insert new material, all pieces had to be classified by a code determining their exact place within the overall system of scientific knowledge. In a way this was a combination of the modern principles of loose-leaf edition and publication on demand. According to Ostwald, this ought to be done in a «neutral», artificial language that would eliminate all national animosities and make translations superfluous. In fact, Ostwald himself had been busy in promoting Esperanto for this purpose, and in 1910 he developed Ido, a derivative of Esperanto, into a language tailored to meet the needs of chemical terminology.

In this way, Ostwald thought, a single international repository for all relevant discoveries and data could be built up by mere accumulation. It would eventually lead to what he called «the general handbook of science». Its methodological counterpart would form a problem-oriented «handbook of scientific techniques». And both these collections should be kept in an *International Institute for Chemistry*, the program of which Ostwald presented to the *International Association of Chemical Societies*, founded on his initiative in 1911.<sup>19</sup>

The War and the economic depression in its wake prevented these ideas from being discussed more widely, and it was only after the Second World War — then under the auspices of the American hegemony in science — that new forms and new technologies of information processing and scientific communication were proposed and developed.

### Conclusion

The way scientific information was transmitted in journals has helped us to discover structural changes within the European chemical community. We have seen how a specialized discipline-oriented journalism was established, improved, and diversified as chemistry emerged as an autonomous science. We have used translations as an indicator for the efficiency of the system, and we have met different national patterns to cope with this challenge. We have noticed the restructuring of communication in the 1870's as a consequence of the emergent national societies. And we have finally seen that the traditional form of information processing had reached its limits in the first decade of the twentieth century.

<sup>19</sup> N.R. Holt, *Wilhelm Ostwald's 'The Bridge'*, «British Journal for the History of Science», 10, 1977, pp. 146-150.

The overall process can be interpreted as a transition from a trans-national pattern of communication between individuals to a communications system that was organized on the national level and connected internationally through powerful organizations.<sup>20</sup> In that regard the vicissitudes of the scientific community are but part of a much wider cultural and political process that restructured the whole of Europe during the nineteenth century.

*La chimie et son rôle dans la révolution industrielle*  
*chimie et quantification*

*Chimie et la transition entre science et organisation industrielle*

En chimie, Thomas S. Kuhn a insisté sur le fait que la science moderne a été créée par un processus révolutionnaire. Avant la fin du XVIII<sup>e</sup> siècle, les chimistes travaillaient dans des ateliers, souvent dans des villes, et se concentraient sur la purification et la quantification de substances individuelles. Ils étaient souvent des artisans ou des commerçants, et leur travail était souvent financé par des clients ou des investisseurs. Cependant, à la fin du XVIII<sup>e</sup> siècle, la chimie a commencé à se transformer en une discipline scientifique moderne. Cette transformation a été facilitée par plusieurs facteurs, dont la découverte de la chimie analytique, l'essor de la chimie industrielle et l'établissement de sociétés savantes et de revues scientifiques.

En chimie, la révolution industrielle a été marquée par la découverte de la chimie analytique, l'essor de la chimie industrielle et l'établissement de sociétés savantes et de revues scientifiques. Ces facteurs ont permis à la chimie de passer d'une discipline artisanale à une science moderne.

*Chimie et la transition entre science et organisation industrielle*

En chimie, la transition entre science et organisation industrielle a été marquée par la découverte de la chimie analytique, l'essor de la chimie industrielle et l'établissement de sociétés savantes et de revues scientifiques.

*Chimie et la transition entre science et organisation industrielle*

En chimie, la transition entre science et organisation industrielle a été marquée par la découverte de la chimie analytique, l'essor de la chimie industrielle et l'établissement de sociétés savantes et de revues scientifiques.

<sup>20</sup> C. MEINEL, *Nationalismus und Internationalismus in der Chemie des 19. Jahrhunderts*, in «Perspektiven der Pharmaziegeschichte», ed. by P. Dlg, *Gez*, 1983, pp. 225-242.

VINCENZO AQUILANTI (\*)

## La chimica al confine tra meccanica classica e quantistica (\*\*)

Chemistry at the borderline between classical and quantum mechanics.

**Summary** - Chemists have played a major role in the main scientific revolution of this century, which has led to quantum mechanics beyond the limits of classical mechanics. Such a role has been played in the first instance by preparing this revolution through the contribution of an enormous wealth of experimental facts, and then by exploiting the new mechanics in order to put molecular sciences on new firm foundations. Problems for the interpretation of the theory are exemplified in this article by the debate on the wave-particle dualism, which is here sketched. The description of the microscopic world often requires the explicit treatment of the transition between classical and quantum behaviour. Modern advances in the so called semiclassical theories are briefly outlined: they allow both the treatment of the transition, and a useful framework for the interpretation of recent experiments on non linear spectroscopy and chemical kinetics.

«... mentre gli studenti uscivano dall'aula, Jakob si voltò a guardare ciò che aveva scritto sulla lavagna: le concise equazioni di un punto materiale idealizzato in moto sotto l'influenza di forze elastiche. Com'è bella la fisica classica! (Com'era bella; prima, cioè, della teoria quantistica dell'atomo)».

RUSSELL MCCORMACK, *Pensieri notturni di un fisico classico*.<sup>1</sup>

### 1. Introduzione.

Storicamente, il ruolo della chimica e dei chimici nella formulazione delle leggi fondamentali della realtà microscopica è stato decisivo, e non si limita alla

(\*) Dipartimento di Chimica dell'Università degli Studi di Perugia.

(\*\*) Relazione presentata al V Convegno Nazionale di «Storia e Fondamenti della Chimica» (Perugia, 27-30 ottobre 1993).

<sup>1</sup> Trad. it. di Franco Salvatorelli, Editori Riuniti, Roma 1990, p. 63 (Titolo originale: *Night thoughts of a classical physicist*, Harvard University Press, Cambridge, Mass. USA 1982). In questo romanzo il protagonista Jakob è un personaggio immaginario che, professore in una Università tedesca ai primi del secolo, vive il travaglio della nascita della meccanica quantistica.

classificazione delle proprietà periodiche degli elementi. Concetti base della meccanica quantistica come quello di numeri quantici e di spin hanno avuto le loro radici sperimentali nella classificazione degli spettri atomici ad opera dei chimici-fisici ottocenteschi e nella interpretazione del legame chimico, come agli inizi del secolo fu sistematizzata dalla teoria di Lewis dei doppietti elettronici e dell'ottetto.

Partiremo da questo tema (par. 2) per introdurre alcune nostre riflessioni sull'atteggiamento dei chimici rispetto all'introduzione della meccanica quantistica, che ha consentito di fondare su solide basi la descrizione del mondo a livello atomico e molecolare, al prezzo di dover abbandonare alcuni presupposti della meccanica classica.

I chimici hanno assimilato — talvolta semplificandolo (par. 3) — il linguaggio delle teorie quantistiche e sono stati solo marginalmente interessati al dibattito sui limiti e l'interpretazione della nuova meccanica. Non è infatti eccessivo sostenere che oggi la chimica teorica è il principale laboratorio di applicazione della meccanica quantistica. Ma le scienze molecolari si giovano anche della meccanica classica e dei suoi sviluppi recenti (studi sulla non linearità e sul caos) e anzi spesso vi contribuiscono con interessanti fenomenologie e con proposte di soluzioni spesso illuminanti anche in contesti più ampi.

Il comportamento dinamico della materia (alti stati eccitati delle molecole, collisioni elastiche ed inelastiche, reazioni chimiche) spesso cade in un regime ove la descrizione microscopica in termini di meccanica classica è in parte adeguata, ma richiede emendamenti per il manifestarsi di effetti quantistici. Come vedremo nel par. 4, sono state sviluppate recentemente tecniche asintotiche semiclassiche allo scopo di spiegare i fenomeni di interferenza e di risonanza che hanno luogo nel limite quantomeccanico delle onde corte. Si è così mostrato come trattare in tale limite anche effetti che classicamente portano a traiettorie separatrici tra modi e a traiettorie caotiche. Queste traiettorie sono associate a punti singolari (catastrofi) nelle superfici di energia potenziale e i relativi fenomeni sono descrivibili quantomeccanicamente e interpretabili semiclassicalmente (effetto crinale).

Formuleremo nel par. 5 alcune considerazioni ulteriori su queste ricerche che, recuperando parte del formalismo della meccanica classica, contribuiscono a facilitare la descrizione quantistica corretta dei fenomeni microscopici. Accenneremo infine alle difficoltà che si incontrano quando i chimici si accingono a costruire la modellistica dei sistemi macroscopici a partire dai processi elementari, seguendo la loro vocazione che — e qui uso un linguaggio a metà tra il letterale e il metaforico — li spinge a semplificare la complessità, mettere ordine nel caos ed evitare le catastrofi.

## 2. La nascita della chimica quantistica.

Lo sviluppo dei moderni strumenti teorici trova la sua motivazione nelle questioni aperte dagli studi attuali di spettroscopia, di cinetica dei processi elementari e di dinamica molecolare. E anche se è forse superfluo insistere sul fatto che il progresso della chimica e delle scienze molecolari in genere si fonda soprattutto sui risultati sperimentali, va tuttavia messo in rilievo che il nostro secolo ha visto sostanziali progressi per quanto riguarda gli aspetti teorici e interpretativi, che saranno oggetto delle riflessioni che seguono; esse sono qui esposte a settant'anni esatti dalla prima scintilla della importante rivoluzione scientifica che ha modificato sostanzialmente il nostro modo di interpretare la realtà a livello microscopico. A tale proposito, ci interessa subito ritoccare una data cruciale che si trova scritta comunemente in vari testi. L'introduzione del dualismo onda-particella ad opera di de Broglie per quanto riguarda l'elettrone viene fatta spesso risalire al 1924. La data è quella della sua tesi. Nella prima di una serie di tre note uscita nel '23 si trova la famosa equazione che attribuisce una lunghezza d'onda a un oggetto in movimento, ed è già detto chiaramente<sup>2</sup> «che un mobile qualunque può in certi casi dar luogo a fenomeni di diffrazione». Come è chiaro, de Broglie pensa essenzialmente agli elettroni, che sono per la Chimica ovviamente fondamentali, ma vedremo in seguito come per noi sia stato interessante verificare come il discorso si potesse ampliare anche a oggetti più pesanti, e cioè gli atomi stessi o addirittura le molecole.

Ancora de Broglie sottolinea più avanti<sup>3</sup> che «la nuova dinamica starà alla meccanica classica come l'ottica ondulatoria all'ottica geometrica». Anche se si rimane ancora nell'ambito della restrizione dell'elettrone considerato in assenza di forze applicate, si stanno gettando le premesse per la meccanica quantistica: poco dopo Schrödinger (1926) eliminerà questa restrizione — punto materiale libero — mostrando come si possa ottenere la quantizzazione dell'energia «confinando» le particelle in un potenziale. Con l'equazione di Schrödinger e gli sviluppi negli anni successivi si arriva alla consapevolezza, anche se ristretta ancora nell'ambito dei fisici teorici, che la meccanica quantistica sarebbe stata in grado di fornire la chiave interpretativa della realtà a livello atomico e molecolare.

A questo proposito, la citazione di prammatica è quella di Dirac, del 1929<sup>4</sup>:

<sup>2</sup> «... un mobile quelconque pourrait dans certains cas se diffracter. Un flot d'électrons traversant une ouverture assez petite présenterait des phénomènes de diffraction...», L. DE BROGLIE, *Comptes rendus des séances de l'Académie des Sciences de Paris*, t. 177, 1923, p. 548 (1.2.3). Le tre note sono ristampate in L. DE BROGLIE, *Recherches d'un demi-siècle*, Editions Albin Michel, Paris 1976, pp. 111-113. Un breve sunno, dal titolo *Waves and Quanta*, apparve in «*Nature*», 112, 540 (1923).

<sup>3</sup> «... La nouvelle dynamique du point matériel libre est à l'ancienne dynamique (y compris celle d'Einstein) ce que l'optique ondulatorie est à l'optique géométrique...», *Loc. cit.*

<sup>4</sup> «... The underlying physical laws necessary for the mathematical theory of a large part

La citazione, ampiamente nota, viene spesso riassunta sottolineando che già da allora Dirac aveva affermato che le leggi fisiche che sono alla base di gran parte della fisica e di tutta la *Chimica* sono completamente conosciute. Questa affermazione si inserisce, più o meno inconsapevolmente, nella linea di pensiero che definiremmo riduzionista, tipica di quegli anni, p.es. nel Circolo di Vienna (ma anche implicita nell'attività scientifica quotidiana di molti chimici: si veda il par. 5 sul tema della riduzione dei sistemi complessi a un insieme di processi elementari).

Ma questa è anche una specie di pietra tombale secondo alcuni per la possibilità per la chimica di dare contributi a livello conoscitivo fondamentale. Senonché la citazione completa è più articolata:<sup>5</sup> infatti Dirac aggiungeva «però la difficoltà consiste nel fatto che le equazioni sono difficili da risolvere ...» e anticipa che occorre sviluppare schemi di approssimazione. La via per la nascita della *Chimica Quantistica*, che costituisce ormai un patrimonio di modelli per la lettura della realtà microscopica, è dunque tracciata, e si sa dall'inizio che sarà una via ardua.

La *Chimica Quantistica* si giova di avanzamenti a livello matematico ma anche dei progressi a livello computazionale. Un capitolo a parte che meriterebbe di essere scritto nella storia della ricerca dovrebbe riguardare il contributo dei chimici (quantistici ma anche cristallografi) all'introduzione del calcolo elettronico intensivo in Università e Centri di Ricerca Italiani. Un grosso impulso negli anni '50 e successivamente è venuto grazie a tale impegno, a supporto dell'affermazione<sup>6</sup> che ormai da alcuni anni il calcolatore è uno strumento a pieno diritto del laboratorio chimico.

E il ruolo e l'impegno dei chimici nello sviluppo delle idee che hanno portato alla formulazione della meccanica quantistica sono talvolta trascurati: l'idea che in chimica fossero ricorrenti alcuni numeri, p.es. il doppietto e l'ottetto di elettroni come — citando esemplarmente tra tutti — sistemizzato negli anni '10 da Newton Lewis; la via per il concetto di riempimento degli orbitali a due a due e l'introduzione dello spin era spianata per Pauli (1925), per cui lo stesso sistema periodico — in fondo una sistemazione in matrici

of physics and the whole of chemistry are thus completely known ...», P.A.M. DIRAC, *Quantum Mechanics of Many-Electron Systems*, «Proc. Roy. Soc. (London)», A123, 714-733 (1929).

<sup>5</sup> La precedente citazione continua: «... and the difficulty is only that the exact application of these laws leads to equations much too complicated to be soluble. It therefore becomes desirable that approximate practical methods of applying quantum mechanics should be developed. ...», *Loc. cit.*

<sup>6</sup> «... I want to stress the power of the modern computer. In favorable cases its final numerical values have as accuracy as great as or even greater than that of the best experiment ... Quantum chemistry can now be regarded as a highly refined instrument on par with, or even superior to, the finest laboratory instruments ...», CHARLES A. COULSON, *Inaugural Lecture as First Professor of Theoretical Chemistry, The University of Oxford, February 13, 1973*. Ringrazio il Prof. Richard N. Zare, Stanford University, per avermi suggerito questa citazione.

secondo righe e colonne etichettate da numeri —, viene finalmente razionalizzato. Analogamente lo studio delle righe degli spettri atomici, pazientemente classificate dai chimici soprattutto tedeschi (Bunsen) a scopo analitico, aveva portato a leggi, tipo Balmer, che avevano propiziato l'idea di Bohr di introdurre i numeri quantici, e cioè in definitiva la quantizzazione dello spazio delle fasi (Bohr-Sommerfeld). Si veda più avanti (par. 4) come le moderne teorie semi-classiche recuperino la quantizzazione di Bohr e Sommerfeld, e cioè la cosiddetta vecchia teoria dei quanti.

Questo per quanto riguarda gli anni precedenti ai fatidici 1925-'30. Per quanto riguarda gli anni successivi, in Europa la nuova meccanica ebbe particolare ricezione tra i chimici inglesi e tedeschi — si può consultare uno studio<sup>7</sup> che è apparso nei *Rendiconti dell'Accademia Nazionale delle Scienze detta dei XL*, che pubblica anche gli atti del presente convegno. Soprattutto la comunità scientifica tedesca si giovò dell'opera di scienziati come significativamente Wigner e von Neumann che erano di estrazione chimica, prima di diventare l'uno, uno dei maggiori fisici teorici dei nuclei e delle particelle elementari, l'altro uno dei grandi matematici del secolo e tra i fondatori del calcolo elettronico.<sup>8</sup> Successivamente agli anni '31-'32, la comunità tedesca, cui si deve principalmente la spiegazione del legame covalente (Heitler e London), fu per i noti fatti dispersa, la scena si sposta in America, si sviluppa il contributo decisivo di Slater, Pauling, Eyring, Mulliken e si ha la fondazione del *Journal of Chemical Physics* nel 1933 con direttore H.C. Urey, che l'anno dopo avrà il premio Nobel per la Chimica per la scoperta dell'idrogeno pesante. Sia G. Newton Lewis, che è nell'Advisory Editorial Board, che Linus Pauling, che è Associate Editor, sono presenti sin dal primo fascicolo.<sup>9</sup>

<sup>7</sup> PAOLA ANTONIOTTI, *La ricezione della chimica quantistica tra il 1925 e 1940*, «Rendiconti Accademia Nazionale delle Scienze detta dei XL», serie V, vol. 14, tomo II, parte II, 1990, pp. 479-492.

<sup>8</sup> Wigner continuò a contribuire esplicitamente a risolvere importanti problemi di chimica fisica per tutti gli anni '30. Il contributo di von Neumann è stato indiretto, anche se nel 1925 si era laureato in ingegneria chimica all'Eidgenössische Technische Hochschule di Zurigo. Per questa notizia, si veda H.H. GOLLDISTINE, *Il Computer da Pascal a von Neumann*, Etas, 1972, p. 201.

<sup>9</sup> È importante sottolineare il ruolo che le riviste scientifiche hanno avuto nella storia della scienza, ma anche come talvolta il loro nome possa condizionare le parole stesse del mondo della ricerca e dell'Università. Noi in Italia continuiamo ad avere corsi, cattedre, gruppi concorsuali di «Chimica Generale ed Inorganica» come eredità nominale di una famosa rivista risalente all'Ottocento tedesco! Nel suo «Editorial» (*J. Chem. Phys.*, 1, 1 (1933)), Urey elenca i nuovi metodi delle Scienze fisiche e chimiche, e cita «... most important of all, the experimental and theoretical work associated with the quantum theory has made a profound contribution to our knowledge of chemistry and physics». Articolo di Lewis, *Chemical Bond* è alle pagine 17-29, quello di Pauling, *Normal State of the Helium Molecule-Ions He<sub>2</sub><sup>+</sup> e He<sub>2</sub><sup>2+</sup>*, alle pagine 56-60. Interessante il titolo di Pauling a pag. 280, *Calculation of Matrix Elements for*

### 3. Il problema del linguaggio e il dualismo onda-particella.

Una indagine sull'impatto della Chimica quantistica negli Stati Uniti e successivamente negli altri paesi dovrebbe dunque mostrare come essa sia stata definitivamente accettata dai chimici come la teoria base per la descrizione della realtà chimica a livello atomico e molecolare. Paoloni<sup>10</sup> si è particolarmente occupato di alcuni di questi temi.

Ma è anche noto come la meccanica quantistica abbia scatenato accessissime discussioni per quanto riguarda le implicazioni sperimentali e i fondamenti filosofici. Il «partito» risultato alla fine prevalente è quello che possiamo definire positivista. Si veda tra tutti un testo notissimo neopositivista,<sup>11</sup> che recepisce in pieno dal punto di vista filosofico le idee che erano di Bohr, Heisenberg, Born. Vediamo schierati in posizioni critiche rispetto a questi, scienziati del calibro di Schrödinger, de Broglie, Einstein.

I chimici come sappiamo dalla quotidianità, sono consapevoli dell'interpretazione ufficiale, nello spirito p.es. del libro già citato;<sup>11</sup> sin dalle prime lezioni universitarie imparano che non ha senso domandarsi dove sia l'elettrone, quanto piuttosto quale sia la probabilità che si trovi in una certa posizione, e poi parlano e scrivono tranquillamente di densità di carica, per esempio, con riferimento al modulo al quadrato della lunghezza d'onda.

C'è dunque *dualismo* più o meno consapevole nel linguaggio usato quotidianamente dai chimici. I chimici hanno dunque imparato a convivere col *dualismo* onda particella: per loro il successo delle applicazioni della nuova

*Lewis Electronic Structures of Molecules*. E in realtà la teoria di Pauling del legame chimico (metodo del legame di valenza) è quella che in maniera più «morbida» ha propiziato il guado dei chimici dai modelli fondati sulla fisica classica alla meccanica quantistica. Molti altri articoli fondamentali già appaiono nel primo volume: per le nostre considerazioni è particolarmente rilevante quello di H.M. JAMES e A.S. COOLIDGE, *Ground State of the Hydrogen Molecule* (pp. 825-835), la prima trattazione rigorosa in termini quantomeccanici del legame covalente.

<sup>10</sup> LEONELLO PAOLONI, *Classical mechanics and quantum mechanics: an elementary approach to the comparison of the two viewpoints*, «Eur. J. Sci. Educ.», 1982, vol. 4, n. 3, pp. 241-251; e anche: *La représentation des molécules en chimie: une image de la réalité, ou la réalité d'une image?*, «L'actualité Chimique», Mai 1985, pp. 47-52. Una testimonianza significativa dello sviluppo della chimica quantistica in Italia, che ha inizio solo nel dopoguerra, è rappresentata dal libro: *Quantum chemistry for chemistry. Selected papers by Massimo Simonetta*, Edited by A. Gamba, A. Gavezotti, Eras, Milano 1987.

<sup>11</sup> HANS REICHENBACH, *Philosophical Foundations of Quantum Mechanics*, University of California Press, Berkeley and Los Angeles, 1942. [I fondamenti filosofici della meccanica quantistica, trad. A. Caracciolo di Torino, Einaudi, 1954]. In linea col positivismo logico del Circolo di Vienna, questo libro privilegia gli aspetti legati al linguaggio (o ai linguaggi) della nuova meccanica, sottolineandone vantaggi e deficienze. E conclude «Tali deficienze devono piuttosto essere considerate come l'espressione linguistica della struttura del mondo atomico, il quale viene così riconosciuto come intrinsecamente diverso dal macrocosmo e diverso, al tempo stesso, dal mondo atomico che la fisica classica aveva immaginato», *Loc. cit.*, p. 297.

meccanica appare più importante della discussione dei suoi fondamenti. Può accadere però, come illustrato qui appresso prendendo spunto dalla mia esperienza personale, che ci si trovi a poter fornire una testimonianza diretta di questa discussione, che qui non possiamo riassumere, nemmeno per sommi capi.

Ricordiamo soltanto che, tra tutte le linee di pensiero che portavano a posizioni critiche nei confronti dell'interpretazione «vincente» della meccanica quantistica, quella più inquietante trovò la sua formulazione (1935) nel famoso paradosso di Einstein-Podolsky-Rosen, talmente conosciuto che ad esso si fa riferimento semplicemente come al paradosso EPR,<sup>12</sup> EPR denunciava il disagio da parte di Einstein e collaboratori riguardo al fatto che la meccanica quantistica sembra mettere in discussione vari concetti intuitivi sulla realtà del mondo in cui viviamo, e in particolare sulla cosiddetta *località* delle leggi fisiche (un sistema non può essere influenzato da eventi da lui lontanissimi). E infatti tutte le interazioni decadono con la distanza e non si propagano se non attraverso «segnali» che non possono comunque viaggiare a una velocità maggiore di quella della luce.

In una delle forme più note, EPR invita a supporre di aver un sistema che decade (per esempio un atomo eccitato), a partire da un determinato stato che abbia momento angolare totale, p.es. di spin, nullo. Se dal decadimento emergono due fotoni in direzione opposta con polarizzazioni differenti, queste sono sicuramente correlate (devono sommarsi a zero!), quindi ciascuna sarà «informato» al momento della misura anche di quale sarà esattamente il risultato della misura dell'altro, e ciò in un tempo inferiore rispetto a quello necessario a qualunque segnale luminoso per propagarsi da un osservatore all'altro.

Questo è un tipo di problemi che non influenza direttamente l'interpretazione dei problemi microscopici, ma apre importanti questioni sui fondamenti della meccanica quantistica. La possibilità di realizzare esperimenti cruciali fu aperta quando nel 1965 uscì un teorema, tra i più famosi del nostro secolo, dovuto a Bell.<sup>13</sup> Bell calcolò quantitativamente quali sono le conseguenze sperimentalmente osservabili di una teoria fisica che godesse di certe proprietà di «realismo» e «località» opportunamente definite nello spirito di Einstein. Questo teorema è un importante esempio di elegante sviluppo logico matematico a partire ovviamente da certe premesse, e nel seguito ne sono state date molte estensioni e riformulazioni, una delle più dirette dovuta al solito Wigner, il quale però non si sbilanciò mai molto sulle implicazioni filosofiche.

<sup>12</sup> La letteratura sul paradosso EPR e sul problema del dualismo onda-particella è molto vasta. Mi limito a indicare due libri di FRANCO SELLERI, *Fisica senza dogma*, Dedalo, Bari 1989 e *Quantum Paradoxes and Physical Reality*, Kluwer, Dordrecht 1990, che inquadrano compiutamente questo problema, nell'ambito più generale dello studio critico dei fondamenti della fisica moderna.

<sup>13</sup> Anche sul teorema di Bell si vedano i libri di Selleri già citati.

Il teorema di Bell porta a delle disuguaglianze nella misura di osservabili (p.es. la correlazione negli angoli tra le direzioni di polarizzazione tra i due fotoni emessi nella realizzazione sperimentale del paradosso EPR). La meccanica quantistica prevede risultati sperimentali che violano queste disuguaglianze (le sue previsioni possono calcolarsi senza introdurre alcuna interpretazione), e quindi non obbedisce ai criteri di realismo e località come definiti e posti a fondamento della trattazione di Bell. Sono state date successivamente anche definizioni meno rigide, che portano a disuguaglianze più deboli.<sup>13</sup>

Negli anni '80 sul tema si sviluppò una grossa mole di lavoro sia teorico che sperimentale per verificare le disuguaglianze di Bell. L'interesse del nostro gruppo di ricerca a Perugia per questi esperimenti risiedeva non tanto nelle loro finalità, quanto nell'analogia delle tecniche sperimentali da noi usate per problemi di trasferimento di energia elettronica in collisioni atomiche e molecolari. Qui si evidenzia ove ce ne fosse bisogno l'importanza del lavoro interdisciplinare e dei contatti tra chimici e fisici. Per effettuare misure in coincidenza (di fotoni e ioni nel nostro caso), la disposizione era sorprendentemente simile a quella di EPR, e anche per noi era particolarmente importante poter eseguire misure di polarizzazione. L'interesse comune nasceva dunque dal fatto che in entrambi i casi si sfruttava il progresso nelle tecniche sperimentali per la misura di polarizzazioni di fotoni e trattamento di segnali; tale progresso era necessario in generale per riuscire ad abbattere il rumore di fondo e superare l'indeterminazione introdotta dagli analizzatori di polarizzazione, che doveva essere ridotta a un livello sufficiente per le delicate misure di discriminazione tra le previsioni della meccanica quantistica da un lato e i limiti posti dalle disuguaglianze di Bell dall'altro.

Così quando ci fu dato di organizzare un convegno a Perugia nel 1981, nell'ambito del settore di Fisica Atomica e Molecolare del Consiglio Nazionale delle Ricerche, settore di cui all'epoca ero coordinatore per quanto riguarda la parte chimica, invitai il fisico Vittorio Rapisarda, dell'Università di Catania, che aveva proposto un esperimento nello spirito tracciato da EPR e Bell; l'idea era che i due fotoni che vengono emessi con lunghezza d'onda differente (si tratta di una cascata dell'atomo eccitato di calcio) venissero analizzati non da polarizzatori ruotanti ma da prismi di calcite, così che le quattro componenti (due per parte) potevano essere misurate in coincidenza con alta efficienza.<sup>14</sup> Ci sembra appropriato riportare per esteso il sunto della comunicazione di Rapisarda.

L'esperimento consiste in quanto segue. Un fascio di atomi viene eccitato in volo tramite un processo a due fotoni che popola un livello di momento angolare definito. La ricaduta a livello fondamentale avviene per cascata di due fotoni  $\gamma_a$  e  $\gamma_b$  di colore diverso. Nessuno di essi è in uno stato di polarizzazione definito, ma la coppia, nel suo

<sup>14</sup> Il sunto della comunicazione di V.A. RAPISARDA, «Misure di correlazione tra le polarizzazioni di fotoni ottici in cascata atomica» è a pag. 11 degli Atti del Convegno di Perugia, Febbraio 1981, *Forze Interatomiche e Intermolecolari*.

complesso, ha uno stato di polarizzazione definito nel quale appaiono mescolati, in modo non fattorizzabile, gli stati di polarizzazione di base per ciascuno dei due partner. Ognuno dei due fotoni della coppia è analizzato nelle sue componenti di polarizzazione lineare, ordinaria e straordinaria, secondo un angolo  $\varphi_k$  ( $k = a, b$ ). Vengono contati i segnali, in coincidenza, tra ciascuno dei due canali (ordinario e straordinario) in cui  $\gamma_a$  e  $\gamma_b$  possono essere rivelati. Siano  $N(a,b)$ ,  $N(a,b^*)$ ,  $N(a^*,b)$ ,  $N(a^*,b^*)$  questi conteggi. Essi vengono normalizzati alla loro somma e quindi usati per il calcolo dei valori di aspettazione, in funzione dell'angolo relativo  $\varphi_a$  e  $\varphi_b$  tra i due polarizzatori.

È possibile quindi verificare se le suddette aspettative sono quelle previste dalla Meccanica Quantistica: in tal caso, la disuguaglianza di Bell sarebbe violata, e la correlazione non è spiegabile in termini locali.

Tra le possibili spiegazioni alternative di una correlazione non locale citiamo le due seguenti misure che fanno parte del nostro programma.

- 1) Studio della possibilità di un'eventuale informazione correlante che si propaga a velocità minore o uguale a quella della luce.
- 2) Misura della velocità superluminale (nel nostro laboratorio prevediamo di poter misurare sino a 10 c) di un eventuale segnale correlante.

L'esperimento si prevedeva costosissimo (qualche centinaia di milioni di lire), almeno in considerazione dei bilanci tipici di un laboratorio universitario di fisica atomica e molecolare. (La fisica delle particelle o delle alte energie gode tradizionalmente di fondi che sono ordini di grandezza superiori). Il coinvolgimento da parte mia era come ho detto essenzialmente motivato da affinità per le tecniche sperimentali, ma si estese ben al di là nel giro di pochi mesi.

Infatti in quel periodo si avvicinava il novantesimo compleanno di de Broglie, e mi fu chiesto di contribuire alla celebrazione. Così noi organizzammo nel 1982 una conferenza internazionale,<sup>15</sup> sul tema appunto del dualismo ondaparticella: de Broglie stesso si ammalò a ridosso della conferenza, e non poté venire a Perugia (morirà nel 1988), ma vennero da tutto il mondo scienziati a dibattere problemi allora più che mai caldi, perché si intravedeva la possibilità che le tecniche sperimentali potessero finalmente aver raggiunto la precisione necessaria per dirimere la questione della incompatibilità tra la meccanica quantistica e il realismo e la località einsteiniana.

Aggiungeva interesse alla conferenza di Perugia la notizia che pervenne durante l'organizzazione che Rapisarda aveva ottenuto fondi, notevoli per l'epoca, dal Consiglio Nazionale delle Ricerche e soprattutto dall'Istituto Nazionale di Fisica Nucleare, fino ad allora cauto su questi problemi. La conferenza avrebbe avuto luogo nell'Aprile 1982; nel febbraio Rapisarda morì in un incidente stradale a Gioia del Colle guidando da Catania a Bari (all'Università di Bari opera

<sup>15</sup> *The Wave-Particle Duality. A Tribute to Louis de Broglie on his 90th Birthday*, Edited by S. Diner et al., Reidel, Dordrecht 1984. Il Convegno di Perugia (22-30 Aprile 1982) fu da noi organizzato in collaborazione con la Fondation Louis de Broglie di Parigi, diretta da Georges Lochak. Il Prof. Franco Selleri dell'Università di Bari, giocò un ruolo decisivo nel dar vita a questo convegno.

il gruppo guidato da Franco Selleri, che più di ogni altro in Italia ha contribuito e contribuisce all'approfondimento teorico di questi problemi).

Il contributo sperimentale del gruppo di Rapisarda a questo convegno, ancora sulla messa a punto delle varie complicate parti sperimentali che l'esperimento nel suo complesso richiedeva, fu presentato alla conferenza di Perugia dai suoi collaboratori.<sup>16</sup>

I suoi collaboratori e Selleri hanno più volte ripetuto di aver riscontrato notevole turbamento in Rapisarda negli ultimi giorni della sua vita, turbamento originato dall'aver appreso che a Parigi Alain Aspect, allora ad Orsay, anche lui da qualche tempo attivato su temi simili, aveva rapidamente modificato il suo esperimento introducendo analizzatori di polarizzazione (anche se differenti in pratica), in notevole analogia con la proposta di Rapisarda della misura simultanea delle quattro componenti: pare che Rapisarda stesso avesse verificato in un viaggio a Parigi poco prima del fatidico 21 Febbraio 1982 che i mezzi di cui Aspect disponeva e lo stadio del suo esperimento rendevano immediatamente problematica una competizione coronata da successo da parte sua.

Aspect stesso venne alla Conferenza e presentò i risultati preliminari ma già significativi del suo esperimento,<sup>17</sup> analogo a quello proposto da Rapisarda alcuni anni prima, ma le differenze fra i tempi e i mezzi di realizzazione delle idee tra Orsay e l'Università di Catania sono evidentemente tali che non c'è stata speranza di competitività per il gruppo italiano. Aspect conclude così il suo articolo: «... these experiments show that we must renounce interpreting E.P.R. correlations with a picture in the spirit of Einstein's ideas of separability and causality. Quantum Mechanics demand pictures more alien from our common sense».

Questo è a tutt'oggi considerato l'esperimento cruciale per la falsificazione delle teorie cosiddette «localistiche» e «realistiche» in fisica a favore della meccanica quantistica, perché questo esperimento mostrò che una forma delle disuguaglianze di Bell era violata. Bell morirà nel 1990 ma la ricerca e l'approfondimento di questi temi sono andati comunque avanti, tanto che mi sembra appropriato indicare che nel numero uscito nello stesso mese di Ottobre 1993 in cui si è svolto il Convegno nel quale queste riflessioni sono state presentate e di cui state leggendo gli Atti, la rivista *Le Scienze*<sup>18</sup> presenta una rassegna di nuovi risultati che violano le teorie locali in perfetto accordo con le previsioni

<sup>16</sup> F. FALCIGLIA, L. FORNARI, A. GARUCCIO, G. IACI, L. PAPPALARDO, *A new approach to testing the separability in microphysics: Rapisarda's experiment*, *Loc. cit.*, pp. 397-412.

<sup>17</sup> A. ASPECT, *Experimental tests of Bell's inequalities*, *Loc. cit.*, pp. 377-390.

<sup>18</sup> R.Y. CHAO, P.G. KWIAK e A.M. STENBERG, *Più veloce della luce?*, in «*Le Scienze*, edizione italiana di *Scientific American*», n. 302, vol. LI, Ottobre 1993. Il sottotitolo di questo articolo, in cui gli autori mostrano recenti esperimenti che costituiscono «un forte indizio a favore della non località», recita: «Esperimenti di ottica quantistica mostrano come due eventi distanti nello spazio si possano influenzare a vicenda in un tempo più breve di quello impiegato da qualunque segnale per passare dall'uno all'altro».

della meccanica quantistica. Vi si troveranno interessanti versioni di queste teorie locali e deterministiche, sotto vari nomi; molto nota a questo proposito è la *teoria delle variabili nascoste*, dovuta a Bohm, che ipotizza l'esistenza di un mondo più piccolo del microscopico, regolato da leggi deterministiche, tali che la meccanica quantistica, che è probabilistica, sta per così dire a queste teorie come sta la meccanica statistica alla meccanica classica, consentendo di descrivere un fluido come tale, ma a partire dalla esplicita coscienza dell'esistenza di una realtà molecolare. Oggi si può affermare che questa teoria sia stata falsificata, anche se vengono continuamente proposte varianti meno rigide.

#### 4. Meccanica semiclassica.

L'interesse per questo dibattito, per importante che sia in sé, può senz'altro sembrare marginale per quanto riguarda la Chimica. Meno marginale è invece il problema del rapporto tra meccanica quantistica e meccanica classica nei termini almeno che verranno ora discussi. A questo punto occorre domandarsi, come già facemmo a quell'epoca,<sup>19</sup> quali sono le caratteristiche della meccanica quantistica nel cosiddetto limite semiclassico.

Ritorniamo a de Broglie che citavamo all'inizio:<sup>2</sup> egli diceva che si aspettava una verifica delle sue idee dallo studio del comportamento degli elettroni, ma dichiarava esplicitamente che c'era da attendersi comportamento ondulatorio *in certi casi* da un oggetto qualsiasi. Sappiamo ora in quali casi anche atomi o molecole, per quanto pesanti, possano dar luogo a fenomeni di interferenza quantomeccanica. Bisognava attendere gli anni sessanta e lo sviluppo delle tecniche dei fasci molecolari per evidenziare e sfruttare tali fenomeni.

Se infatti calcoliamo con la formula di de Broglie la lunghezza d'onda di una particella qualunque, certamente per gli elettroni essa è sufficientemente grande da poter dar luogo al manifestarsi di comportamento ondulatorio nelle condizioni le più ampie, ma se andiamo a considerare oggetti come gli atomi e le molecole, che sono per noi chimici tutto sommato delle particelle classiche, scopriamo che possiamo evidenziare fenomeni ondulatori anche nello studio delle loro collisioni. Prendiamo esplicitamente in considerazione un tipico potenziale d'interazione interatomico, che ha un'estensione dell'ordine di  $10^{-8}$  cm: dallo studio delle traiettorie previste dalla meccanica classica, per effetto combinato dell'attrazione a lungo raggio e della repulsione a corto raggio si possono avere traiettorie praticamente inflesse; se adesso noi attribuiamo comportamento ondulatorio a queste traiettorie, ciò può portare a interferenze con traiettorie lontane che non subiscono l'effetto del potenziale (questo è il cosiddetto effetto *aureola*): è inte-

<sup>19</sup> V. AQUILANTI, *Atomic collision experiments at the border line between classical and quantum mechanics*, *Loc. cit.*, (nota 15), pp. 273-290.

ressante e produttivo sfruttare l'analogia con i fenomeni ottici — si ricordi la profetica citazione di de Broglie<sup>20</sup> sul fatto che la nuova meccanica sarebbe dovuto stare alla vecchia come l'ottica geometrica a quella ondulatoria. Non solo le tecniche semiclassicali di avvalgono di questa analogia, ma è anche frequente l'uso della stessa terminologia. Ben noto è l'esempio del fenomeno dell'*arcobaleno* in fisica molecolare,<sup>20</sup> interpretato qualitativamente costruendo la deflessione delle traiettorie percorse dagli atomi sotto l'influenza di un potenziale d'interazione: nella costruzione il ruolo di quest'ultimo è molto simile a quello della goccia d'acqua nella descrizione di Cartesio del fenomeno dell'*arcobaleno* ottico, risultante dall'interferenza dei raggi del sole deflessi dalle gocce.

Come si diceva, dalla fine degli anni '50 a tutt'oggi si è sviluppata un'attività sperimentale e interpretativa — basata sulla tecnica dei fasci molecolari — che ha consentito di investigare il comportamento quantistico degli atomi e delle molecole allo scopo di studiarne meglio le interazioni. Così l'effetto aureola e l'effetto arcobaleno si manifestano nelle sezioni d'urto rispettivamente integrale e differenziale per collisioni molecolari.

Possiamo quindi trovarci in chimica in particolare e nelle scienze molecolari in generale in una specie di limbo intermedio in cui dobbiamo descrivere sì quantisticamente gli elettroni, ma se gli atomi sembrano spesso seguire traiettorie, p.es. nei gas, o lungo un «cammino di reazione», non possiamo però trascurarne un possibile comportamento ondulatorio.

Questo tipo di discipline, in cui ci si va a situare in un mondo in cui la costante di Planck è piccola ma non zero, costituisce un *corpus* di teorie cosiddette semiclassicali, che sono così a fondamento di molti studi recenti rilevanti per le scienze molecolari (e quindi per la chimica in generale).

Ed è interessante scoprire, ripercorrendo la storia di queste tecniche semiclassicali, che più esplicitamente si riferiscono alla investigazione del comportamento della meccanica quantistica nel limite asintotico delle onde corte, — ove cioè la lunghezza d'onda di de Broglie è piccola rispetto al «range» delle interazioni, — che esse si giovano di teorie matematiche fondate su strumenti analitici che vanno fatti risalire a un lavoro<sup>21</sup> uscito a Milano nel 1817. Cent'anni

<sup>20</sup> Per un aggiornamento sulle tecniche di misura e le applicazioni si veda V. AQUILANTI and G.G. VOLPI, *Molecular beam studies of the dynamics of elementary chemical processes, in From Molecular Dynamics to Combustion Chemistry*, Editors S. Carri and N. Rahman, World Scientific, Singapore 1992, pp. 67-81.

<sup>21</sup> L'articolo di FRANCESCO CARLINI, *Ricerche sulla convergenza della serie che serve alla soluzione del problema di Keplero*, compare nelle *Effemeridi Astronomiche di Milano per l'anno 1818 calcolate da Francesco Carlini ed Enrico Brambilla*, Milano dall'Imp. Regia Stamperia, 1817, pp. 3-48. La traduzione di Jacobi è: *Untersuchungen über die Konvergenz der Reihe durch welche das Keplersche Problem gelöst wird*, «*Ann. Nacht.*», 30 (1850), pp. 198-211. Su Carlini che fu direttore dell'Osservatorio di Brezà, vedasi p.es. nel libro citato nella nota 7, G. TAGLIAPIETRA e P. TUCCI, *Gli studi sul magnetismo terrestre in Italia tra il 1830 e 1880*, pp. 329-342.

prima di de Broglie e Schrödinger, l'astronomo Francesco Carlini sviluppò in serie certe soluzioni del problema di Keplero (come astronomo, per Carlini il sistema a tre corpi preferito è sole-terra-luna!) in una forma che è alla base dei progressi futuri. Il suo lavoro, in italiano, pareva destinato all'oblio ma ebbe un destino singolare, perché nientemeno che Jacobi ne pubblicò una traduzione tedesca nel 1850. In quell'epoca Jacobi aveva già introdotto la formulazione della meccanica classica nella forma che risulterà più trasparente per lo studio del limite della meccanica quantistica, e aveva utilizzato genialmente il concetto di spazio delle fasi: ora sappiamo che p.es. la quantizzazione di Bohr e Sommerfeld, e cioè la cosiddetta vecchia teoria dei quanti, consiste nell'imporre che areole o volumetti in tale spazio siano vincolate dall'essere multipli della costante di Planck. Questa è *in nuce* l'essenza delle tecniche semi-classiche, che pur partendo dall'equazione di Schrödinger tuttavia recuperano non solo la quantizzazione di Bohr Sommerfeld, ma ne consentono la rigorosa generalizzazione, così come recuperano e generalizzano le tecniche WKB (Wentzel-Kramers-Brillouin, 1926) per il calcolo approssimato degli sfasamenti d'onda previsti dalla meccanica quantistica nelle condizioni le più ampie, incluse quelle tipiche delle collisioni atomiche e molecolari.<sup>22</sup>

<sup>22</sup> La storia delle teorie semiclassiche moderne, a partire da Carlini (1817) e dalla traduzione di Jacobi (1850), va fatta risalire dal punto di vista formale, alle teorie di Sturm e Liouville delle equazioni differenziali e ai contributi di Stokes per quanto riguarda le divergenze nelle serie asintotiche ai cosiddetti punti di transizione. Per la relazione tra i punti di transizione, le catastrofi topologiche e il concetto di crinale (ridge), si veda V. AQUILANTI, S. CAVALLI and G. GROSSI, *Dynamics on reactive potential energy surfaces: the hyperspherical view*, in *Advances in Molecular Vibrations and Collision Dynamics*, vol. 2A, pp. 147-181. Naturalmente va attribuito a Poincaré l'avvio delle ricerche che modernamente vengono comprese nello studio del «caos» che si manifesta a causa della non linearità della meccanica classica. Con l'introduzione della quantizzazione degli stati legati di Bohr (1913) e Sommerfeld, queste tecniche passarono al riguardo l'attenzione di Einstein: [ALBERT EINSTEIN, *Zum Quantensatz von Sommerfeld und Epstein*, «Verh. Dtsch. Phys. Ges.», 19, 82 (1917)]. Dopo l'avvento della meccanica quantistica, fu sviluppata l'approssimazione di Wentzel-Kramers e Brillouin (WKB), che fu successivamente ampliata da J.A. Wheeler, M.V. Berry, M.C. Gutzwiller ed altri. Contributi decisivi allo sviluppo della teoria vennero ad opera dei chimici a partire dagli anni '70, principalmente ad opera di R.A. Marcus, W.H. Miller ed altri, i quali anche se sottolinearono la cruciale importanza per la spettroscopia molecolare, la cinetica e la fotochimica moderne. Si veda in proposito il libro M.S. GUILD, *Semiclassical Mechanics with Molecular Applications*, Clarendon Press., Oxford 1991. Per quanto riguarda gli sviluppi recenti dal punto di vista formale si vedano gli articoli: V. AQUILANTI, S. CAVALLI, M.B. SEVIRYUK, *Asymptotic (short-wave) equivalence of one-dimensional Schrödinger equations by formal canonical transformations and its generalizations*, «J. Phys. A: Math. Gen.», 24, 4475-4494 (1991); *Asymptotic (semiclassical) equivalence for Schrödinger equations with singular potentials and for related systems of two first-order equations*, «J. Math. Phys.», 34, 3351-3377 (1993).

5. *Considerazioni conclusive: dai processi elementari ai sistemi complessi.*

Questa attività di ricerca sulle tecniche semiclassiche si pone come obiettivo di gettare le basi per la comprensione di molti dei fenomeni che le moderne tecniche sperimentali svelano. Da tecniche avanzate di spettroscopie laser e fasci molecolari, noi ci aspettiamo di comprendere fenomeni complessi a partire dalla comprensione dei processi elementari, spesso miriadi, che li compongono.

I processi elementari dunque si situano al limite tra i due mondi, quello della meccanica quantistica e quello della meccanica classica. Ora le due teorie sono fondamentalmente diverse e quest'ultima, la meccanica classica, è essenzialmente non lineare; le soluzioni delle sue equazioni portano spesso a comportamento di tipo «caotico». Benché dalla pubblicistica divulgativa si possa ricavare l'impressione che lo studio dei fenomeni caotici sia una sconvolgente novità, è bene ricordare, anche senza risalire a Poincaré, che i chimici hanno da tempo avuto a che fare con questo tipo di teorie, da quando Boltzmann ha gettato alla fine del secolo scorso le fondamenta della teoria cinetica dei gas;<sup>23</sup> e le ipotesi ergodiche (semplificando, l'interscambiabilità tra medie spaziali e temporali o anche l'ipotesi del riempimento omogeneo dello spazio delle fasi) sono tra quelle su cui si basa appunto la teoria cinetica.

Un sorprendente progresso nello studio della meccanica classica si è avuto proprio a partire dagli anni '50 di questo secolo (il biliardo di Sinai, il teorema KAM). Esso è stato vigorosamente stimolato da una serie di problemi, che vanno da quelli di teoria cinetica dei fluidi fino a quelli della meccanica celeste.

Su questi temi, che per essere sviluppati richiedono molto più spazio di quanto appropriato in questa sede, io qui non posso entrare; chi è interessato può consultare due recenti pubblicazioni,<sup>24</sup> nelle quali mi preoccupo di passare appunto in rassegna come dallo studio dei processi chimici elementari si possa apprendere come utilizzare la meccanica quantistica e in particolare le tecniche semiclassiche per classificare singolarità topologiche (catastrofi) nelle superfici di energia potenziale, in particolare individuando linee di transizione (crinali) corrispondenti alle separatrici classiche del moto. Si può mostrare che le tecniche semiclassiche consentono di aggirare molte delle difficoltà della meccanica classica. Infatti l'insorgere del comportamento caotico può essere spesso localizzato nell'intorno di queste linee, che separano «modi» qualitativamente differenti: ed è importante studiare il problema quantistico in queste condizioni, perché cominciano a essere attualmente accessibili informazioni sperimentali di grande

<sup>23</sup> È interessante ricordare che la parola «gas» è stata coniata dal chimico van Helmont di Bruxelles nel 1644 per analogia con il greco «chaos».

<sup>24</sup> V. AQUILANTI, *Elementary chemical processes: how quantum and semiclassical mechanics avoid classical catastrophes and chaos*, nel libro *Conceptual Tools for Understanding Nature*, World Scientific, Singapore 1994, e V. AQUILANTI *et al.* (vedi nota 22).

interesse al riguardo (spettroscopia molecolare di vibrazioni di legame di grande ampiezza, analisi dei «modi» dei complessi intermedi delle reazioni chimiche).

Possiamo quindi affermare che a livello di descrizione dei processi chimici elementari come ausilio per l'interpretazione quantistica abbiamo a disposizione tecniche semiclassiche che ci consentono di utilizzare parte del patrimonio della meccanica classica, opportunamente arricchita però senza le «trappole» legate alla sua intrinseca non linearità e con precise ricette per rendere ragione degli effetti tipicamente ondulatori (interferenze, tunnel, risonanze).

Ciò dimostra che noi possiamo vincere delle battaglie contro il caos (almeno a livello dei processi elementari, introducendo la meccanica quantistica, che è una teoria lineare), ma non dobbiamo però illuderci di aver vinto la guerra; e infatti vediamo cosa accade quando passiamo a preoccuparci della descrizione dei fenomeni complessi a partire dai processi elementari — quando cioè, andiamo a fare della modellistica, p.es. rimanendo nell'ambito della cinetica gassosa, delle combustioni, delle atmosfere, ecc. —. All'attenzione del chimico vengono sottoposti continuamente tanti fenomeni che riguardano l'inquinamento, l'effetto serra, il buco dell'ozono: la loro modellistica è estremamente delicata, dipendendo da molti processi elementari la cui caratterizzazione è a tutt'oggi solo parziale.

Quando dunque passiamo al problema della discussione di sistemi complessi, le equazioni cinetiche sono inerentemente non lineari — la velocità di reazione, cioè le derivate temporali delle concentrazioni, dipendono da potenze delle concentrazioni stesse (gli ordini di reazione). L'arma vincente contro il caos usata dalla meccanica quantistica è come sappiamo l'eliminazione della non linearità, anche se a scapito della perdita del determinismo. A questo livello noi ci troviamo quindi di fronte al problema di imparare a padroneggiare «il caos chimico»<sup>25</sup> che lungi dall'essere una minaccia è invece un campo di ricerca che i chimici coltivano e che ha fornito notevoli contributi alla teoria sui fenomeni non lineari, teoria che come è noto riguarda non soltanto la chimica quanto anche molte altre aree della ricerca moderna.

<sup>25</sup> Si veda il libro di S.K. Scott, *Chemical Chaos*, Clarendon Press, Oxford 1991.

DAVID KNIGHT (\*)

## What is the History of Chemistry? (\*\*)

### *Settling Priorities?*

There has recently been some fierce controversy in scientific journals about a question in the history of chemistry:<sup>1</sup> should credit for the benzene ring go to August Kekulé or to Josef Loschmidt? Loschmidt's work was privately published in a booklet, which seems to have had a small circulation; he never subsequently made priority claims for himself. Was he an unsung hero, to whom posthumous justice must be done? and is the discovery of such precursors of modern views a major objective of the historian of science? To Loschmidt's rediscoverers, his diagrams, with a large circle for benzene, look like modern molecular models; to many historians of chemistry, they look like Auguste Laurent's «nuclei» of the 1850s, where the question of structure was shelved<sup>2</sup> — but these details need not concern us too much. We want to know what approaches to the history of chemistry are most fruitful. A committee giving prizes has to look for the first person or group to propound some principle, or discover some substance, of great importance: and in the sciences there are no silver and bronze models for runners-up. Some might think that we historians are in the same position.

A number of studies of the history of chemistry appeared in 1992/3;<sup>3</sup> and

(\*) Department of Philosophy, University of Durham.

(\*\*) Presented at the V National Meeting «Storia e Fondamenti della Chimica» (Perugia, 27-30 ottobre 1993).

<sup>1</sup> A. BAUER, *Josef Loschmidt, the Father of Molecular Modelling*, «Royal Institution Proceedings», 64 (1993), 197-205; A.J. ROOPE, *Waking up to the Facts?*, «Chemistry in Britain», 29 (1993), 401-2.

<sup>2</sup> Or even like John Dalton's hypothetical musings, *New System of Chemistry*, Manchester, 1808-11, vol. 1, plate 6. A. LAURENT, *Chemical Method*, tr. W. Odling, London 1855, part 5.

<sup>3</sup> B. BENAÏDE VINCENT and I. STINGERS, *Histoire de la chimie*, Paris: Editions la Découverte, 1993; W.H. BROCK, *The Fontana History of Chemistry*, London: Fontana, 1992; D.M. KNIGHT, *Ideas in Chemistry: a History of the Science*, London: Athlone, 1992.

while they differ considerably in their approaches to the subject — enough to warrant some entertaining public discussions<sup>4</sup> — none of them are concerned with establishing priorities. Rather, they look for the generally accepted view at any particular time; while they are clear about the importance of priority for participants in the chemistry of past centuries as in ours, they do not see it as an important part of the historian's job to be a detective investigating past injustices. There are other questions to wrestle with. Our predecessors and ancestors lived in a very different world from ours. We tend to assume that because «chemistry» is a very old word, the science must have been around for ages. Durham Cathedral celebrates its 900th anniversary this year; the present building was begun in 1093 and essentially completed forty years later. Though there have been substantial changes since, we can say that throughout that time it has been the same edifice.

With political parties it is different. The Conservative Party in Britain are called Tories, which in the eighteenth century implied loyalty to the exiled Stuart kings rather than to their Hanoverian replacements. Two hundred years on, their doctrines are quite different; the party's history is continuous, but in the course of it almost everything has changed. Which model best fits chemistry, or indeed other sciences? Eighteenth-century chemistry was done practically by dyers, metalworkers and apothecaries; while theory and novel experiment or discovery was a spare time activity for professional men (clergy, lawyers and doctors), military officers and gentlemen. The world views of these groups was very different from ours; and so were their ideas of science. There are people who try to find in prophetic writings of the past guides to the politics of the present; but we do not see followers of Nostradamus or decoders of the Book of Revelation as respectable. Prophecy is an important witness to its own day, and perhaps to the human condition; but it cannot be anticipation of a very distant future. The prophet had immediate problems and concerns to speak and write about.

The same is true of the long-dead scientist (if we can use that word which only became current in the later nineteenth century); who will have been considering rather different evidence from that available to us, against a different background of explanation.<sup>5</sup> In the eighteenth century, in chemistry this usually involved phlogiston, emitted in combustion. After A.L. Lavoisier's labours,<sup>6</sup> this idea was «exploded», and the chemical world came to believe in the oxygen theory instead. Joseph Priestley to his dying day in 1804 continued to adhere to

<sup>4</sup> There were colloquia at the Science Museum, London, and at the Université de Paris X, Nanterre, on May 22nd and 28th 1993.

<sup>5</sup> M. BERETA, *A History of Non-printed Science: a Select catalogue of the Waller Collection*, Uppsala, 1993, p. 14.

<sup>6</sup> A. DONOHAN, *Antoine Lavoisier*, Oxford: Blackwell, 1993.

phlogiston; and has been widely tut-tutted at ever since. Humphry Davy<sup>7</sup> after isolating the alkali metals in 1807 toyed publicly with phlogiston; but this was a brief flirtation with a zombie, and the theory was not to be resuscitated so soon after its death.

#### *Finding Precursors?*

On April 28th 1871 the eminent chemist William Odling, the translator of Laurent, gave an address at the Royal Institution in London (where Davy and Michael Faraday had done their work) «On the Revived Theory of Phlogiston».<sup>8</sup> This exercise in revisionist history makes an interesting read; his thesis is that «the partial truth contributed by Lavoisier was indeed more wanted, more adapted to the needs of the time, than the partial truth which it displaced»; but that perhaps things were different by 1871. Odling's view was that phlogiston really meant chemical potential energy; and that «accordingly, the phlogistic and antiphlogistic views are in reality complementary and not, as suggested by their names and usually maintained, antagonistic to one another». He concluded carefully that «it is not meant to attribute to ... [phlogistic] authors the precise notion of energy that now prevails. It is contended only that the phlogistians had, in their time, possession of a real truth in nature which, altogether lost sight in the intermediate period, has since crystallized out in a definite form. "I trust", said Beccher, "that I have got hold of my pitcher by the right handle". And what he and his followers got hold of and retained so tenaciously, though it may be shiftingly and ignorantly, we now hold to knowingly, definitely, and quantitatively, as part and parcel of the grandest generalization in science that has ever yet been established».

Conservation of energy lay behind chemical thermodynamics and the emerging discipline of physical chemistry; making Odling look back at history from a different perspective, and find modernity where it had not previously been suspected. In the same way, modern molecular modelling has led to interest in Loschmidt. All our interests in history must be connected with our own concerns;<sup>9</sup> we do not study the history of anything just because it is there, and our own experience helps us put the past «to the question» — a term from Inquisitorial justice used by Francis Bacon in writing of scientific method. Problems with jobs and money in the last decade have set historians of science investigating much more seriously how science was supported in the past, and

<sup>7</sup> D. KNIGHT, *Humphry Davy: Science and Power*, Oxford, 1992.

<sup>8</sup> W. ODLING, 'Phlogiston', *Proceedings of the Royal Institution*, 6 (1870-2), 315-25; esp. pp. 322-3, 325.

<sup>9</sup> G. DRYSDALE, *Mr Bligh's Bad Language*, Cambridge, 1992.

how the rhetoric of fundraising has changed. Similarly, urgent unease over their professional status has stimulated them to study closely the process of professionalization in the science of the nineteenth century,<sup>10</sup> when a large community of people committed full-time to science emerged.

We may wonder how serious Odling was: his address might have been a kind of academic joke. It is clearly very valuable in doing history of science not to focus exclusively on the winning side. A look at losers and eccentrics can be very valuable in establishing context. It may be that truth is mighty and will prevail, but this does not happen without a good deal of effort on the part of many people: history as bland progress towards the present is dull stuff, and if it is turned into a contest of the good against the bad it becomes melodrama. Serious study of past contexts, where there were alternative ways of perceiving, is fascinating. The idea that past insights were not false, but partial truths, brings the humility we associate with historical perspective. And as Odling suggests, there is something like fashion in the sciences: styles which had become outmoded may later come back — but never exactly, today's flared trousers not being cut quite like those of the '70s, and the *tout ensemble* looking different.

Davy in a Royal Institution lecture<sup>11</sup> declared of Lavoisier's oxygen theory of acids that it was «the baseless fabric of a vision», quoting from a famous speech of Prospero, exiled Duke of Milan, in Shakespeare's *Tempest* — whose context was an insubstantial pageant, and dreaming. Davy wanted to make the point that experiments «are things themselves, whereas even the most perfect hypotheses are but as shadows of things». Science required imagination; but we should never assume that «there are no mysteries in nature; that our triumphs are complete, and that there are no new worlds to conquer». Davy came to the conclusion that C.W. Scheele, who first isolated the gas Davy named chlorine, had correctly perceived its nature in calling it *dephlogisticated marine acid*, whereas Lavoisier, for whom it was *oxymuriatic acid*, had got it wrong. In scientific revolutions, babies may certainly be thrown out with bath water; and the tradition of finding good in the phlogiston theory is an old one. How plausible is it?

#### Contexts.

An eighteenth-century theory had to account for a set of facts different from those confronting its successors. Weights were less important than qualities; combustion the central reaction; the gaseous state only just being reco-

<sup>10</sup> J. MORRELL and A. THACKER, *Gentlemen of Science*, Oxford, 1981.

<sup>11</sup> H. DAVY, *Collected Works*, ed. J. Davy, London, 1839-40, vol. 8, pp. 315, 317, 318.

gnised. Some experimental facts from that period survive: we accept that iron is more reactive than copper; but Davy's idea that experiments disclose things themselves will not really do — even he might have admitted that some of his experimental results were theory laden. Because Lavoisier and his associates made the chemical world see things their way, the science took a particular turn: later developments in the understanding of acidity and of energetics came out of the development of, and reactions to, the oxygen theory. Davy's translation of *dephlogisticated marine acid* into his word *chlorine* was bold. By 1811 «element» meant something different in chemistry because of Lavoisier's «Table of Simple Substances».<sup>12</sup> Scheele could not have meant just what Davy did. Thomas Kuhn<sup>13</sup> has urged that translation across a scientific revolution is not possible, because the two paradigms must be incommensurable; this seems to be an exaggeration, and Davy was not alone in translating between the phlogistic and the antiphlogistic languages,<sup>14</sup> but it cannot be done with complete exactness: as in the Italian proverb, the translator is a traitor.

Heat and flames have always been a spectacular feature of chemical reactions, and no doubt we could push back the study of chemical energy into the dark backward and abysm of time to the ancient element of *fire*. But search for precursors as distant as that is really going a bit far; and it is not clear where we should ever stop. We must accept that there is an element of chance about which chemists' names survive. Some have been eminent in their own day, and are now virtually forgotten, like the Englishman William Hyde Wollaston; others like his contemporary Amadeo Avogadro were relatively obscure but are now remembered. It helps if like Alessandro Volta's your name gets attached to a unit in everyday use; a second best is an hypothesis or an experiment or an institution. Avogadro's fame is largely due to the generosity of Stanislaw Cannizzaro, who regarded himself as merely resurrecting the work of his countryman: in fact, he made sense of the chemistry of 1860 using ideas which had been around (but seemed discredited) for half a century, rather as Charles Darwin made sense of biology and geology by refining and tightening earlier evolutionary notions. Just as fame and titles went to Kekulé<sup>15</sup> for the benzene ring so the scientific community at the time and afterwards determines who becomes famous. The social history of institutions<sup>16</sup> can be very important in explaining

<sup>12</sup> A.L. LAVOISIER, *Elements of Chemistry*, tr. R. Kerr, Edinburgh, 1790, pp. 175f.

<sup>13</sup> T.S. KUHN, *The Structure of Scientific Revolutions*, 2nd ed., Chicago, 1970. See also I. HACKING (ed.), *Scientific Revolutions*, Oxford, 1981; and on terms such as *paradigm* and *revolution*, D. KNIGHT, *A Companion to the Physical Sciences*, London, 1989.

<sup>14</sup> W. SHEA, *Revolutions in Science: their Meaning and Relevance*, Canton MA, 1988, papers by Knight and by Marcello Pera.

<sup>15</sup> G.P. SCHEIDT, *A Heretical look at the Benzolfest*, «British Journal for the History of Science», 26 (1993), 195-205.

<sup>16</sup> T. FRANSSMYR (ed.), *Science in Sweden: the Royal Swedish Academy of Sciences, 1739-*

why these names emerged; we abandon the pursuit of justice in favour of explanation, well knowing that we do not live in a world which is fair, but one where chance and opportunism, friendship and hatred, group feeling and nationalism<sup>17</sup> are crucial.

There are then advantages for the historian in plotting the course things actually took, rather than doing abstract justice; but this does not mean that we need to admire the winners, any more than those who have seized and held power in any other field. Posthumous rewards and punishments are God's business, as a rule; but understanding need not lead to pardoning, and historians are not apologists for science past or present. Wishing that the scientific community had listened to Scheele, Priestley, Lamarck or Avogadro can lead to sometimes interesting counter-factual history, like supposing Vienna had fallen to the Turks in the seventeenth century, or that Napoleon had won at Waterloo: but we should always be careful about it. There is a famous review of an unscholarly book: «half what is written here is true, but there is no way of telling which half». Odling's insight that past theories are partial truths can remind us that often we need subsequent knowledge, achieved using later ideas, to see what was important in the work of the neglected scientists of long ago.

«Let us now praise famous men», so the Biblical passage begins;<sup>18</sup> though it goes on to remind us that «some there be that have no memorial, who are perished as though they had never been». Resurrecting these is a part of our job; but let us now turn from the neglected to the famous, the winners in the struggle for fame and even perhaps fortune. Adolph Wurtz made the famous remark,<sup>19</sup> «Chemistry is a French science; its founder was Lavoisier of immortal fame»: we might more plausibly believe that it was a German science (as indeed Wurtz feared) down to 1914; but there were some episodes in which Britons and Italians played very important parts. These are early electrochemistry; and atomic and molecular theory.

#### *Early Electrochemistry.*

Chemistry and electricity were studied by Tiberius Cavallo, now almost forgotten: but Luigi Galvani's name is remembered because galvanizing is one of the rather few terms from chemistry which has passed into common use: galvanized iron or steel is still a commodity, and we speak of being galvanized into action — though most of those who use this phrase as a cliché must be unaware

1989, Canton MA, 1989; M.P. CROSLAND, *Science under Control: the French Academy of Sciences, 1795-1914*, Cambridge, 1992.

<sup>17</sup> E. CRAWFORD, *Nationalism and Internationalism in Science, 1880-1939*, Cambridge, 1992.

<sup>18</sup> *Ecclesiasticus*, chapter 44.

<sup>19</sup> W.H. BROCK, *Fontana History*, p. 87.

of the medical electricity of the 1790s,<sup>20</sup> and its alarming connections with *Frankenstein*.<sup>21</sup> The experiment with frogs' legs is famous<sup>22</sup> even if it is not always fully understood; and it was repeated and varied all over Europe in the 1790s. Electricity had been a matter of parlour tricks; it was becoming a part of very serious science; and Galvani's experiments were attractively in between these polar opposites. Moreover the connections with life and health made galvanism interesting to everybody. Priestley as early as 1775 had written «Hitherto philosophy has been chiefly conversant about the more sensible properties of bodies; electricity, together with chymistry, and the doctrine of light and colours, seems to be giving us an inlet into their internal structure, on which all their sensible properties depend».<sup>23</sup> He foresaw the bounds of science being unimaginably extended through this new light.

Galvani saw his phenomena as biological, whereas to Volta (bringing together two of Priestley's subjects) they were physical or chemical; the mere contact of dissimilar metals generated the electricity. His variation upon Galvani's experiment demonstrated to him and his disciples,<sup>24</sup> and eventually to the scientific world generally, that the frog's leg merely detected the current. His report, in French, was sent to the Royal Society, which (surprisingly) published it in that language;<sup>25</sup> but not until after it had been refereed, by William Nicholson and Anthony Carlisle, who repeated the experiment, making their own «pile»<sup>26</sup> of silver and zinc discs. With it, they decomposed water into oxygen and hydrogen. To Wollaston, Davy and others in Britain this suggested a chemical theory of the pile: a chemical reaction was responsible for the electricity, and the electricity could produce a chemical reaction.

Davy reported later that Volta's experiment was an alarm bell to experimenters.<sup>27</sup> He and his mentor Thomas Beddoes had apparently been importing frogs in order to experiment on them; Beddoes was a notorious left-winger, under surveillance in the 1790s after war with revolutionary France had broken out; it was a well-known fact in England that Frenchmen lived largely upon frogs, and thus it was clear that Davy and Beddoes were harbouring a spy. The

<sup>20</sup> An illustration of medical galvanism from 1799 is in W.R. SHEA (ed.), *Storia della Scienza*, vol. 2, Torino, 1992, p. 444.

<sup>21</sup> M. SHELLEY, *Frankenstein, or the Modern Prometheus*, ed. M. Hindle, London, 1985.

<sup>22</sup> L. GALVANI, *Effects of Electricity on Muscular Motion*, tr. M.G. Foley, ed. I.B. Cohen, Norwalk, Conn., 1933.

<sup>23</sup> J. PRIESTLEY, *The History and Present State of Electricity [1775]*, ed. R.E. Schofield, New York, 1966, vol. 1, p. xiv.

<sup>24</sup> M. PITA, in W. SHEA, *Revolutions in Science*, pp. 133-56.

<sup>25</sup> A. VOLTA, *On the electricity excited by the mere contact of conducting substances of different kinds*, «Philosophical Transactions», 90 (1800), 403-31.

<sup>26</sup> Volta's pile is preserved in Milan, and illustrated in W. SHEA, *Storia della Scienza*, p. 445.

<sup>27</sup> D. KNIGHT, *Humphrey Davy: Science and Power*, Oxford, 1992, pp. 39ff., 57-72.

link anyway between science and revolution in France seemed to contemporaries uncomfortably close; to separate chemistry from materialism was a promising objective, if men of science were to be trusted as good citizens of Britain. Davy did it.

Davy found that chemical properties seemed to depend upon *powers*, such as electric charge, rather than upon material components; these weightless powers or forces seemed to be the key to chemistry. His belief that chemical affinity was electrical led him in 1806 to put nature to the question in a theory-laden experiment: he passed an electric current through water, and found (as many others had) that the oxygen and hydrogen did not come off in exactly the 1:2 ratio one would expect; and also that alkali formed around the negative pole, and acid around the positive one. He was sure that these things must be side-reactions, and set out to make nature behave as he was sure she should. He suspected his apparatus. With water distilled from a silver still, in vessels of gold or agate with poles of platinum, he found that the amounts of acid and alkali were much reduced and the reaction nearly quantitative: round the poles there were now nitrous acid and ammonia, but not much of them. He recognised these as the result of nascent oxygen and hydrogen reacting with dissolved nitrogen; and when the experiment was done under an atmosphere of hydrogen, they disappeared.

He had proved to the satisfaction of contemporaries that chemical affinity and electricity were manifestations of one power; the French Institut awarded him a prize (real recognition from the centre of science); and his idea led him to the decomposition of potash and soda and the isolation of the extraordinary alkali metals. A translation of Volta's paper appeared in the last volume of the Royal Society's *Philosophical Transactions Abridged*, 1809<sup>28</sup> and to it was appended the note: «It was intended to subjoin to Mr. Volta's description of his electrical pile or battery, an account of Mr. Davy's discoveries, which constitute a new era in chemistry, relative to the decomposition of the alkalies and their metalization, by means of the above-mentioned apparatus». But it soon appeared that «even a summary statement of those brilliant discoveries» would take up too much space, and anyway they were recently published and available. Within ten years, electricity had become central to chemistry. Davy after receiving his French prize visited Italy, accompanied by the young Faraday,<sup>29</sup> and called upon Volta; who received him in formal dress, and was a little taken aback that his visitor arrived in his travelling clothes — perhaps romantic *deshabille*.

<sup>28</sup> *The Philosophical Transactions 1665-1800 Abridged*, ed. C. Hutson, G. Shaw and R. Pearson, London, 1809, vol. 18, pp. 744-6, 798.

<sup>29</sup> B. BOWEN and L. SWANSON (ed.), *Curiosity Perfectly Satisfied: Faraday's Travels in Europe 1813-1815*, London, 1991.

*Centres and Peripheries.*

Electrochemistry in Italy, in this time of wars and revolutions, did not maintain the momentum which Cavallo and then Galvani and Volta had given it. Davy, though now probably less familiar because his name only got attached to a device (the miner's safety lamp), became one of the best-known men of science in Europe, a knight, and in 1820 President of the Royal Society. His safety lamp, which confirmed his reputation and was one of the first achievements of «applied science», was not the only one: another was invented by the mining engineer George Stephenson, then obscure but himself to become famous with his railway locomotives. Stephenson's «Geordie» lamp was devised by trial and error, in the evolutionary way usual in the history of technology<sup>30</sup> (he used small tubes to restrict the flow of air, or gas, in and out of the lamp); and it could be said that if Davy had not come up with his device in the Royal Institution's laboratory, then Stephenson's would have been perfected and very likely done just as well. In the same way, Jacob Berzelius<sup>31</sup> would probably have isolated the alkali metals very soon; Friedrich Schelling had written that all force was one, and his *Naturphilosophie* was stimulating German chemists; and J.L. Gay-Lussac would almost certainly have got straight the nature of chlorine. Chemistry would have taken a somewhat different course if Davy had died in his 'teens, but not completely different, and perhaps its progress would have been hardly slower. The role of the hero or genius in science is circumscribed.

Davy commented on Volta<sup>32</sup> that he was «advanced in years, — I think nearly seventy, and in bad health. His conversation was not brilliant; his views rather limited, but marking great ingenuity. His manners were perfectly simple. He had not the air of a courtier, or even of a man who had seen the world. Indeed, I can say generally of the Italian savants, that, though none of them had much dignity or grace of manner, yet they were all free of affectation». Davy was not given to especially generous remarks on his contemporaries; but we can look upon these as a clue to the worlds in which Davy and Volta moved and worked. Davy went in 1801 from Bristol to London, where at the Royal Institution he was at the centre of things.<sup>33</sup> He moved in fashionable and aristocratic circles, in a wealthy country which was to defeat the French militarily, and was beginning to compete with them in science. At the Royal Institution, moneyed

<sup>30</sup> G. BASILLA, *The Evolution of Technology*, Cambridge, 1988.

<sup>31</sup> E.M. MELLIADO and T. FRANCISBY (ed.), *Enlightenment Science in the Romantic Era: the Chemistry of Berzelius and its Cultural Setting*, Cambridge, 1992, esp. chapters 3, 6 and 8.

<sup>32</sup> H. DAVY, *Collected Works*, ed. J. Davy, London, 1839-40, vol. 1, p. 187.

<sup>33</sup> M. BERGMAN, *Social Change and Scientific Organization: the Royal Institution, 1799-1844*, London, 1978; J. GOLINSKI, *Science as Public Culture: Chemistry and Enlightenment in Britain, 1760-1820*, Cambridge, 1992, chapter 7.

backers provided expensive apparatus; Davy's lectures attracted large audiences; the Royal Society was a forum for more technical papers, and its journal (of which Davy was for a time an editor) went to all the major learned societies of Europe. After his marriage to a wealthy widow, Davy's life style became that of a well-to-do Londoner, filling one of the most eminent posts in the scientific world in a great metropolis; he could never be ignored or forgotten.

By contrast, Italians had become peripheral. Their works of art had been taken to France, where Davy was disgusted to see them in the *Galerie Napoleon* at the Louvre in 1813; the Pope had also been removed to Fontainebleau; and even after the wars were over, in 1815, there was no centre like London or Paris where men of science could acquire the polish and *savoir faire* which Davy admired, and Volta lacked. But not all Englishmen thought as Davy did; he was in fact disliked, as President of the Royal Society, for what was perceived as snobbishness: Faraday, a humble man who belonged to an obscure sect<sup>34</sup> was very critical of his former mentor's behaviour. Their great contemporary John Dalton lived in Manchester, then a raw manufacturing town, and belonged to the plain and unfashionable sect of Quakers; he had no time for metropolitan arrogance or for titled people, and Davy's remarks about Volta could have been applied to him. But though we might like Dalton or Faraday better than Davy, neither of them could have managed to preside over the Royal Society, as Faraday in due course had the wisdom to see. Davy is the great example of science bringing social mobility, from humble provincial background to a glittering position; his intellectual property, his discoveries and inventions, were crucial in this trajectory, and he made sure that he got credit for all he did.

#### *Atoms and Molecules*

If Davy, like Lavoisier, is an example of the metropolitan man of science who makes sure the world sees things his way: Dalton is very different, the stubborn provincial (perhaps like Benjamin Franklin, or Dmitri Mendeleev) who is far removed from sophisticated discussions about the nature of matter or force, and sees things in a fresh light. Indeed one could say that it was not until Kekulé's time, following his Karlsruhe Conference of 1860<sup>35</sup> (at which Odling was a delegate, and Cannizzaro a protagonist), that chemical atomism became generally accepted<sup>36</sup> and a feature of the chemistry taught in centres of excel-

<sup>34</sup> G. CASTOR, *Michael Faraday, Sandemanian and Scientist: a Study of Science and Religion in the Nineteenth century*, London, 1991.

<sup>35</sup> H. HARTLEY, *Studies in the History of Chemistry*, Oxford, 1971, chapter 8.

<sup>36</sup> W.H. BUCK (ed.), *The Atomic Debates*, Leicester, 1967.

lence. Davy had seen himself as a patron of Dalton, and as President of the Royal Society was responsible for Dalton's receiving a Royal Medal for his atomic theory in 1826. Davy's Discourse on that occasion<sup>37</sup> is full of faint praise, and patronage; but basically separating the hypothesis from the laws of chemical composition, which deserved the medal and had been built upon by others.

Dalton, believing in the simplicity of nature, saw water as composed of one atom of hydrogen and of oxygen. He was also unclear about atoms and molecules, writing about atoms of compounds. Davy did not believe in chemical atoms,<sup>38</sup> but in the ultimate physical corpuscles of Robert Boyle, Isaac Newton, Roger Boscovich and Priestley; like Wollaston, he preferred to think of chemical «equivalents» or even just «numbers», rather than atoms. His experiments on the decomposition of water, with its 1:2 ratio of oxygen to hydrogen by volume, inclined him to accept an  $H_2O$  formula for water (using Berzelius' symbols); but the electrochemical theory made it very difficult to envisage two like atoms combining. Avogadro's hypothesis of 1811, that equal volumes of gases contain equal numbers of molecules, was thus hard to accept for both Daltonians and electrochemists: and he remained obscure,<sup>39</sup> though many chemists toyed with his idea; and A.M. Ampère hit upon something very like it independently. He made his reputation in the physics of electricity; but when eminent did not revive his neglected hypothesis.

Cannizzaro in a revived and (almost) united Italy brought together the work of Dalton and Avogadro, and in Kekulé's school<sup>40</sup> it became central to the understanding of chemistry. The Royal Society did give Dalton a medal, rather belatedly; but no prizes came Avogadro's way. One way to write about him would be to emphasize how unjust or injudicious his contemporaries had been; and particularly if accompanied by warnings against doing likewise today, this might be a rewarding way into history. But probably it is more interesting to look at the circumstances surrounding the chemists of the past, trying to appreciate the situation in which they found themselves, and what they thought they were doing; and why contemporaries took notice, and were (or were not) impressed. This will cut across the old divisions of progressive (or «whig») or critical, and internal or external, history: we cannot tell until we begin on any episode what will be the most relevant factors, and we cannot and should not escape our own position in history. Even science cannot be completely impersonal, and history must be personal — it involves an historian recognizing, selec-

<sup>37</sup> H. DAVY, *Collected Works*, vol. 7, pp. 93-9.

<sup>38</sup> A.J. ROCKE, *Chemical Atomism in the Nineteenth Century: from Dalton to Cannizzaro*, Columbus, Ohio, 1984.

<sup>39</sup> M. MORSELLI, *Amedeo Avogadro*, Dordrecht, 1984; J. HOFFMANN, *André-Marie Ampère*, Oxford, 1994.

<sup>40</sup> W.H. BROCK, *Fontana History*, chapter 7; D. KNIGHT, *Ideas in Chemistry*, chapter 9.

ting and mulling over data which has come down from the past. We are all describing things from our particular perspective; we must be honest, and make fair use of our sources, but there is no definitive history, not even a closed set of facts upon which to reason. We are involved in both the timebound, what happened, and the timeless, its interest for us: there is no one right way to do history, which makes it a fascinating and endless quest.

MARCO CIARDI (\*)

## La chimica? Una teoria particolare. Berthollet e la rivoluzione lavoisieriana (\*\*)

**Summary** - Claude-Louis Berthollet (1748-1822) determined, together with Laplace, the direction of European scientific research in the first fifteen years of the 19th Century. But did the theory of affinity formulated by Berthollet in his famous *Essai de statique chimique* really exert an influence upon chemistry in that period? This paper will try to answer this question, beginning with the analysis of the *Essai's* Italian translation by Vincenzo Dandolo and the works of Amedeo Avogadro.

La chimica, come scienza specifica, è nata indubbiamente nel Cinquecento, e si è progressivamente affermata come disciplina autonoma. La rivendicazione di questa autonomia, tuttavia, non è stata né semplice né scontata. Più volte si è cercato, infatti, nel periodo compreso tra la formulazione della filosofia chimica di Paracelso e la rivoluzione di Lavoisier, di offrire una spiegazione dei fenomeni chimici facendo ricorso ai principi della fisica. Sia Boyle che Newton tentarono di ridurre le proprietà macroscopiche delle sostanze alle proprietà elementari della materia. Per Paracelso e Stahl, al contrario, la chimica poteva essere costruita soltanto sulla base di principi qualitativi e particolari, che fossero in grado di spiegare esaurientemente le proprietà specifiche dei corpi e l'incredibile varietà dei composti esistenti in natura. Tuttavia questo non deve far pensare che le teorie di Newton e di Stahl abbiano storicamente rappresentato soltanto due metafisiche in contrasto; al contrario, da esse scaturirono programmi di ricerca, i cui elementi si intrecciano e si influenzano reciprocamente. Poiché le manifestazioni microscopiche della materia potevano essere analizzate e dedotte soltanto in relazione al comportamento dei fenomeni macroscopici, molti ricercatori del Settecento non ebbero difficoltà a dichiararsi

(\*) Università di Firenze.

(\*\*) Relazione presentata al V Convegno Nazionale di «Storia e Fondamenti della Chimica» (Perugia, 27-30 ottobre 1993).

seguaci di Newton in fisica e di Stahl in chimica.<sup>1</sup> Non a caso, i tentativi di quantificare le affinità chimiche in base al comportamento delle sostanze macroscopiche produssero le cosiddette tavole di affinità, che, pur avendo l'ambizione di individuare le leggi generali della chimica, erano tuttavia dotate di notazioni specifiche, spesso di origine alchemica.<sup>2</sup>

La rivoluzione di Lavoisier lasciò momentaneamente in disparte la questione delle affinità, nel tentativo di rendere la chimica una scienza definitivamente autonoma. Comunque, di lì a poco, il problema della quantificazione delle forze agenti tra le particelle ultime della materia, e più in generale di una riduzione della chimica alla fisica, fu riproposto da Claude-Louis Berthollet.

Claude-Louis Berthollet (1748-1822) nacque a Talloire, un villaggio della Savoia.<sup>3</sup> Dopo essersi laureato in medicina all'Università di Torino, nel 1770, si trasferì a Parigi, dove incontrò molti estimatori della sua abilità medica. Contemporaneamente una serie di importanti ricerche chimiche gli consentì di guadagnarsi il rispetto e la stima di scienziati come Macquer e Lavoisier, con il quale collaborerà alla realizzazione della *Méthode de nomenclature chimique* del 1787. La svolta nella carriera scientifica e politica di Berthollet avvenne comunque nel 1783, quando gli fu affidata la carica di *Directeur des teintures* ai Gobelins, una delle industrie parigine di proprietà statale legata al *Bureau de Commerce*. Gli *Eléments de l'art de la teinture* (1791) rappresenteranno, infatti, non solo il «trattato più sistematico di chimica tintoria prodotto sino ad allora dalla scienza europea»,<sup>4</sup> ma anche «la prima applicazione dei principi della chimica teorica alla spiegazione dei suoi procedimenti». <sup>5</sup> Negli *Eléments*, Berthollet non si limitò ad offrire ai lettori una descrizione delle proprietà della lana, del lino, del cotone, della seta e delle materie coloranti in generale, ma riuscì anche ad affrontare il problema degli effetti prodotti su una reazione chimica dalla temperatura, dalla quantità e dalla concentrazione dei reagenti. Un'indagine che proprio in questi anni venne affiancata al nascente progetto di Laplace di estendere la meccanica newtoniana a tutti gli aspetti della realtà naturale.<sup>6</sup>

<sup>1</sup> Cfr. A.W. THACKRAY, *Atomi e forze. Studio della teoria della materia in Newton*, Bologna, Il Mulino, 1981; F. ARMI, *Le terre, l'acqua, le arie. La rivoluzione chimica del Settecento*, Bologna, Il Mulino, 1984.

<sup>2</sup> Per uno studio complessivo sul linguaggio e la nomenclatura chimica si veda M. BERETTA, *The Enlightenment of Matter. The Definition of Chemistry from Agricola to Lavoisier*, Canton, Science History Publications, 1993 («Uppsala Studies in the History of Science», 15).

<sup>3</sup> Su Berthollet: M. SADOIN-GOUPIL, *Le chimiste Claude-Louis Berthollet, 1748-1822. Sa vie - Son oeuvre*, Paris, Vrin, 1977.

<sup>4</sup> F. ARMI, «De utilitate chemiae in oeconomia reipublicae», *La rivoluzione chimica nel Piemonte dell'antico regime*, «Studi storici», XXX, n. 2, 1989, p. 428.

<sup>5</sup> Ch.C. GILLISPIE, *Scienza e potere in Francia alla fine dell'ancien régime*, Bologna, Il Mulino, 1983, p. 492.

<sup>6</sup> Cfr. E. BELLONI, *I modelli e la concezione del mondo nella fisica moderna da Laplace a*

L'amicizia fra i due scienziati, che risale agli anni '80 del XVIII secolo, giocò un ruolo fondamentale nella realizzazione di una strategia scientifica comune e rappresentò un elemento determinante per comprendere la contemporanea ascesa dei due *savants* al vertice della scienza e della politica francese. Berthollet e Laplace furono i promotori di quella associazione che diventò il vero e proprio centro teorico e sperimentale delle ricerche transalpine nel primo decennio dell'Ottocento: la *Société d'Arcueil*.<sup>7</sup> La società, che non era dotata di una struttura giuridica e formale, annoverò tra i suoi membri alcuni dei migliori talenti della nuova generazione di scienziati francesi ed ebbe il costante appoggio di Napoleone. L'importanza attribuita da Bonaparte alle discipline scientifiche fu notevole. L'elezione a membro della prima classe dell'Institut de France, addirittura precedente al colpo di stato del 18 brumaio (9 novembre) 1799, testimonia gli stretti legami che intercorsero tra Napoleone e gli scienziati francesi. La propensione di Napoleone a circondarsi di tecnici esperti e competenti favorì le ambizioni politiche di molti scienziati ai quali, negli anni dell'*ancien régime*, erano già state affidate mansioni di notevole importanza. Il rapporto di collaborazione che Laplace e Berthollet strinsero con Napoleone fu determinante per la diffusione ed il predominio delle loro concezioni scientifiche nella Francia dei primi quindici anni dell'Ottocento.

Laplace intendeva estendere i principi della meccanica a tutti i fenomeni della realtà naturale, matematizzando, attraverso l'utilizzazione di modelli molecolari, tutta quella serie di fenomeni (ottici, termici, elettrici, chimici) che avevano suscitato l'interesse di Newton nelle varie edizioni dell'*Opticks*. Le *Recherches sur les lois de l'affinité* (1801) e l'*Essai de statique chimique* (1803) costituiscono le opere in cui Berthollet sviluppa il programma laplaciano, applicandolo alla chimica.

L'autore dell'*Essai* riprende il discorso esattamente dove Laplace lo aveva lasciato. Secondo Berthollet, la legge di gravitazione universale è l'espressione matematica dell'unica forza esistente in natura, la quale regola non solo il moto dei pianeti, ma anche l'andamento delle reazioni chimiche:

Le potenze che producono i fenomeni chimici derivano tutte dall'attrazione mutua delle molecole dei corpi, alla quale si è dato il nome di affinità, per distinguerla dall'attrazione astronomica.<sup>8</sup>

Bobb, Milano, Feltrinelli, 1973; R. FOX, *The Rise and the Fall of Laplacian Physics*, «Historical Studies in the Physical Sciences», IV, 1974, pp. 89-136.

<sup>7</sup> Cf. M.P. CROGLAND, *The Society of Arcueil*, London, Heinemann, 1967. Per un quadro complessivo sulla scienza francese tra la fine del Settecento e l'inizio dell'Ottocento, N. DUCOMBES, J. DUCOMBES, *Naissance d'un nouveau pouvoir, sciences et savants en France (1793-1824)*, Paris, Payot, 1989.

<sup>8</sup> C.L. BERTHOLLET, *Saggio di statica chimica*. Diviso in due parti. Traduzione di V. Dandolo arricchita di note, Como, Luigi Nones, 1804, I, p. 1.

Le reazioni chimiche e il moto dei pianeti rappresentano dunque la diversa manifestazione di un identico fenomeno, comprensibile in base ad un'unica legge. La pretesa della fisica di Berthollet è quella di porsi come spiegazione generale per qualsiasi indagine scientifica. Esiste una differenza fondamentale tra la fisica e le altre discipline, che «limitano le considerazioni loro a certi fatti o ad alcune classi di fenomeni»; queste discipline possono essere circoscritte «alla applicazione rigorosa delle proprietà ben osservate, e non essere in certa guisa che l'espressione riservata all'esperienza».<sup>9</sup> Le teorie particolari, possono essere utili alla fisica, ma non devono proporsi come spiegazioni di tipo generale.

Berthollet ritiene che ciò sia accaduto, in particolare, nel caso della «determinazione degli elementi delle sostanze e dei metodi coi quali si giunge a questa determinazione», ovvero sia la chimica di Lavoisier. La teoria di Lavoisier, infatti, è strutturata in modo tale da «essere ridotta a tutta quella certezza che può benissimo appartenere alle cognizioni fondate sulla testimonianza de' nostri sensi»,<sup>10</sup> ma non possiede le caratteristiche per essere adottata come visione generale del mondo. Berthollet è perfettamente consapevole che le analisi di Lavoisier sull'ossigeno, sui meccanismi di combustione e di ossidazione avevano permesso agli scienziati di riordinare il caotico mondo delle teorie chimiche del Settecento:

La viva luce che sparsero le sue scoperte immortali [...] meritò alla rivoluzione ch'egli produsse l'onore di essere riguardata come una teoria nuova e generale.<sup>11</sup>

Del resto Berthollet era stato uno dei primi a convertirsi pubblicamente alla nuova chimica nel 1785; tuttavia, nonostante la sua partecipazione alla *Méthode*, egli non fu mai uno stretto collaboratore della *coterie* lavoisieriana.

Lavoisier, pur rivoluzionando la chimica con l'utilizzazione di strumenti e metodi fisici, era stato guidato da una visione del mondo, che aveva come punto di riferimento le scienze naturali e la filosofia di Condillac.<sup>12</sup> Berthollet, al contrario, che pure fu un grande sperimentatore, poneva alla base di tutto il suo sistema la fisica. La fisica è «la teoria generale che abbraccia la considerazione di tutte le teorie particolari»; poiché, «occupata a sparger luce sopra a tutti gli oggetti, a perfezionare tutti i metodi, a raccogliere i risultati per paragonarli», la fisica «procura di riconoscere tutta la potenza di ciascheduna causa e di tutte le cause che possono concorrere in ciascun fenomeno», e quindi «porta le sue mire oltre ai limiti dell'osservazione».<sup>13</sup>

L'idea che esistesse un'unica legge generale alla base dell'incredibile varietà

<sup>9</sup> *Ivi*, I, pp. 7-8.

<sup>10</sup> *Ivi*, I, p. 8.

<sup>11</sup> *Ivi*, I, p. 8.

<sup>12</sup> F. ANAT, *Le terre*, cit., pp. 339-392.

<sup>13</sup> C.L. BERTHOLLET, *Saggio*, cit., I, p. 8.

dei fenomeni chimici influenzò in modo decisivo la teoria delle combinazioni di Berthollet.<sup>14</sup> Le proporzioni costanti furono infatti giudicate dallo scienziato francese come casi particolari appartenenti ad un sistema di reazioni assai più generale. Se condizioni specifiche come la temperatura, ad esempio, non avessero impedito alla forza di affinità di esercitarsi liberamente, le sostanze si sarebbero combinate in qualsiasi proporzione. Berthollet non ripropose soltanto lo storico tentativo della fisica di ridurre la chimica ai suoi principi, motivo già di per sé sufficiente a rendere diffidente qualsiasi chimico. Egli costruì una teoria che non poteva essere assolutamente utilizzata per la ricerca delle affinità. Paradossalmente, in questo modo, invece di avvicinare la chimica alla fisica, ne favorì il progressivo distacco.

Berthollet espose la sua teoria in maniera ampia e dettagliata nell'*Essai de Statique chimique*, opera che venne pubblicata in due volumi a Parigi nel 1803. L'*Essai* fu una delle opere più lette e diffuse del primo decennio dell'Ottocento. Al pari di altre grandi opere della scuola francese essa non ambiva ad essere soltanto un testo per specialisti, ma era stata composta in base a finalità didattiche. Per volere di Napoleone, infatti, numerosi trattati scientifici furono adottati come libri di testo nei licei dell'Impero. Non è un caso, quindi, che molti futuri scienziati di quel periodo si siano formati soprattutto su testi di natura divulgativa.

La versione italiana dell'*Essai* fu curata dal farmacista e politico veneziano Vincenzo Dandolo (1758-1819).<sup>15</sup>

<sup>14</sup> Da questo punto di vista Berthollet si collega direttamente a quella tradizione della fisica francese che, nel dibattito sulla natura delle forze newtoniane, faceva riferimento a Buffon. Su questo interessantissimo argomento, F. ABBU, *Newtonianesimo e scienza chimica nella Francia del Settecento: affinità e attrazione*, in *Il newtonianesimo del Settecento*, Roma, Istituto della Enciclopedia Italiana, Roma, 1983, pp. 105-118; A. DI MISO, *Affinità e attrazione. Aspetti del newtonianesimo nella chimica del Settecento*, in *Il newtonianesimo*, cit., pp. 119-132; L. FRIGONISSE, *Laplace's Theory of Capillarity: True or False Molecular Physics?*, in F. BEVILACQUA (a cura di), *History of Physics in Europe in the 19th and 20th Centuries*, Conference Proceedings, Vol. 42, Bologna, SIF, 1993, pp. 101-112.

<sup>15</sup> Vincenzo Dandolo (1758-1819), veneziano, dopo la laurea a Padova, attrezzò la sua farmacia di moderni strumenti chimici e in essa svolse anche attività politica. Dopo la rivoluzione del 1797 partecipò alla municipalità provvisoria, ma non riuscì ad impedire a Bonaparte di cedere il Veneto all'Austria. I due, tuttavia, resteranno sempre in ottimi rapporti. Formidabile imprenditore, intraprese numerose iniziative per lo sviluppo e il miglioramento del settore agricolo (allevamento delle pecore e dei bachi da seta, coltivazione delle patate, ecc.). Fu nominato da Napoleone provveditore generale in Dalmazia (luglio 1806-dicembre 1809). Rientrato in Italia venne fatto Senatore, ma sostanzialmente visse in maniera appartata gli ultimi anni del dominio napoleonico. La bibliografia su Dandolo è alquanto lacunosa e non esiste uno studio complessivo su questo importante e poliedrico personaggio; si veda comunque la voce di P. Preto in *Dizionario Biografico degli Italiani*, Roma, Istituto della Enciclopedia Italiana, XXXII, pp. 511-516, 1986; V. GIROMONI, *Vincenzo Dandolo, uno speciale illuminato nella Venezia dell'ultimo '700*, «Ateneo Veneto», CLXXV, 1989, pp. 59-130.

Com'è noto Dandolo fu il traduttore dei principali testi della rivoluzione lavoisieriana;<sup>16</sup> egli faceva parte infatti di quella compagine di chimici italiani che stava rivendicando la superiorità delle nuove idee provenienti dalla Francia sulle innumerevoli teorie del flogisto, caratteristiche della chimica settecentesca; non solo tali idee possedevano una maggiore consistenza teorica, ma soprattutto enormi potenzialità pratiche ed applicative. In questo senso non sorprende affatto l'amicizia esistente fra Dandolo e Giobert e la comune battaglia intrapresa per la diffusione dei principi lavoisieriani.<sup>17</sup>

Dandolo era stato uno dei più attenti divulgatori dell'opera di Lavoisier in Italia. Anche nella prefazione al *Saggio di Statica chimica* (1804), non mancò quindi di ribadire l'importanza fondamentale della rivoluzione chimica, soprattutto per le rinnovate possibilità pratiche ed applicative che essa aveva offerto. Secondo Dandolo, le menti più lucide d'Europa avevano perfettamente compreso che l'affermazione dei principi della «nuova teoria chimica» avrebbe senz'altro promosso e migliorato «l'industria de' popoli», donato nuova linfa all'«industria rurale in tanti luoghi cotanto avvilita» e alle «manifatture e alle arti».<sup>18</sup> Il farmacista veneziano confermava quindi il profondo interesse degli scienziati nei confronti dei progressi tecnologici strettamente collegati allo sviluppo delle scoperte scientifiche, affermando con forza il convincimento secondo il quale sia il progresso politico che quello sociale sono indissolubilmente vincolati a quello della scienza. Esisteva un preciso legame della politica «coll'agricoltura, colle arti, colle manifatture e con ogni genere d'industria»; l'attività dei governi doveva cercare perciò di «promuovere con ogni sforzo la chimica, facendone estendere ad ogni costo le sue benefiche applicazioni»,<sup>19</sup> per un decisivo miglioramento della società e della qualità della vita.

I vantaggi della teoria lavoisieriana non si limitavano comunque al campo delle utilizzazioni pratiche. Lavoisier aveva infatti offerto agli scienziati anche una irripetibile «occasione di estendere notabilmente i limiti delle scienze naturali»<sup>20</sup> e di perfezionare i metodi della ricerca scientifica. I nuovi principi chimici, sottolinea con un certo orgoglio Dandolo, non si basano su «l'adozione

<sup>16</sup> Su Dandolo come traduttore e divulgatore delle opere di Lavoisier, F. AMBI, *Lavoisier e Dandolo. Le edizioni italiane del *Traité élémentaire de chimie**, «Annali dell'Istituto di Filosofia dell'Università di Firenze», VI, 1985, pp. 163-182; M. BERETTA, *Italian translations of the «Méthode de nomenclature» and the «Traité élémentaire de chimie»: the case of V. Dandolo*, in *Acti del Workshop, Lavoisier in European Context. Negotiating a new language for Chemistry*, Paris, 9-10 May 1994 (in via di pubblicazione).

<sup>17</sup> Su Giovanni Antonio Giobert (1761-1834), membro dell'Accademia delle Scienze di Torino dal 1789 e professore di chimica all'Università dal 1801, e sulla chimica piemontese in generale, F. AMBI, «*De utilitate*», cit.

<sup>18</sup> V. DANDOLO, *Prefazione*, in C.L. BERTHOLLET, *Saggio*, cit., I, pp. IX-X.

<sup>19</sup> *Ivi*, p. XXIII.

<sup>20</sup> *Ivi*, p. IX.

di tante cause immaginarie ed ipotetiche», ma al contrario, eliminano, una volta per tutte «gli errori fisici che per tanti secoli hanno ingombrata la mente dei precettori e dei giovani studiosi». <sup>21</sup> In questo passo l'obiettivo polemico di Dandolo non è soltanto il flogisto, ma il perenne e costante tentativo attuato dalla fisica di ridurre ai suoi principi la scienza chimica.

Com'è noto, Lavoisier non attribuì mai una rilevante importanza al problema dell'esistenza delle particelle ultime della materia, o a quello dell'affinità. L'analisi chimica doveva limitarsi ad indicare quali erano le sostanze semplici osservabili sperimentalmente e in quale modo si combinavano; conseguentemente doveva escludere qualsiasi riferimento alle forze che operavano nella natura e che presumibilmente regolavano anche i fenomeni chimici. La ricerca delle affinità non aveva senso di esistere per Lavoisier. L'avversione di Dandolo verso la possibilità di ridurre la chimica ai principi della fisica fu ancor più radicale di quella dello scienziato francese. In una nota ad una delle traduzioni del *Traité élémentaire de chimie*, Dandolo aveva sostenuto, ad esempio, la assoluta impossibilità di conoscere i principi elementari che costituivano le sostanze materiali. <sup>22</sup>

Eppure in alcuni passi della prefazione al *Saggio di Statica chimica*, Dandolo sembra smentire la sua professione di fedeltà alla chimica lavoisieriana. Dandolo dichiara, infatti, che già da tempo ormai aveva sentito l'esigenza di proporre un trattato nel quale «la chimica della natura doveva essere separata dalla chimica di laboratorio»; un'opera che potesse dimostrare che i corpi naturali formano «una catena necessaria e continua di composizioni e decomposizioni», le quali confermano «l'ordine armonico della natura». <sup>23</sup> Da questo punto di vista l'*Essai* di Berthollet rappresentava per Dandolo il testo ideale: «un'opera sublime», che «mostra l'identità fra i fenomeni chimici ed i fenomeni fisici, da cui scorge che una sola essere dee la teoria di queste due scienze». <sup>24</sup>

Risulta fin troppo ovvio che l'idea di un'astratta teoria fisica alla base della spiegazione di tutti i fenomeni naturali, compresi quelli chimici, fondamentale per Berthollet, era decisamente in contrasto con la convinzione che il chimico dovesse limitare le sue indagini allo studio delle sostanze macroscopiche ottenute con l'analisi di laboratorio. In realtà Dandolo non aderì sinceramente ai contenuti dell'*Essai*; i suoi riconoscimenti di stima nei confronti dell'opera di Berthollet erano fortemente condizionati sia dalla fama scientifica che dall'influenza politica dello scienziato francese, veri motivi per cui egli tradusse un testo così lontano dallo spirito della chimica lavoisieriana. Del resto è lo stesso veneziano a fornire elementi che rendono più chiara la sua posizione nei

<sup>21</sup> *Ivi*, p. X.

<sup>22</sup> Cfr. F. AMBI, *Dandolo*, cit., p. 177.

<sup>23</sup> V. DANDOLO, *Prefazione*, cit., p. XVI.

<sup>24</sup> *Ivi*, p. XIX.

confronti dell'*Essai*. Egli sottolinea, ad esempio, rivolgendosi agli studenti, che la necessità di tradurre il testo nasceva soprattutto da esigenze didattiche: «Ripeto solo ch'egli era impossibile ch'io compreso dall'eccellenza e dal vantaggio della stessa, esitassi un istante ad offrirvela, tanto più che per gli allievi chimici fu dall'autore principalmente destinata».<sup>25</sup> Il problema dell'insegnamento della chimica era profondamente sentito da Dandolo; in questo senso, il testo di Berthollet poteva offrire un notevole contributo al miglioramento e alla diffusione di questa disciplina nelle scuole: «In quanto alle differenze di insegnamento che ora sussistono tra le stesse scuole nazionali, le luminose discussioni di Berthollet nell'opera ch'io offro, condurranno ogni studioso giovine, ben presto, ad un metodo uniforme e quindi essenzialmente utile».<sup>26</sup> Le discussioni a cui si riferisce Dandolo non sono però né quelle che riguardano l'affinità chimica né quelle che affrontano la questione delle proporzioni infinite nelle combinazioni. In realtà Dandolo (ed è questo uno dei pochissimi interventi personali) suggerisce di guardare in particolare la quindicesima nota del primo volume, nota che tratta, non a caso, un tema specificatamente lavoisieriano, quello della nomenclatura.<sup>27</sup>

Dandolo quindi, giustificandosi con il fatto che l'*Essai* doveva essere tradotto in tempi assai ristretti, confessa infine le sue perplessità nei confronti del testo:

Questa mia fretta (non lo dissimulo) mi avrà forse impedito di usare tutta quella più scrupolosa esattezza che potea rendere vieppiù chiara la versione di un'opera che, per esser appunto ripiena di sublimi e affatto nuove idee, talvolta riesce oscura. Egli è certo però che in me prevaler dovea il bisogno che questa fosse posta tra le vostre mani nell'anno scolastico che va a cominciare; e perciò deposi anche l'idea, a principio concepita, di fare ad essa molte note ed una tavola ragionata delle materie che contiene.<sup>28</sup>

In realtà, più che ad una presunta mancanza di tempo, l'assenza di note e di altri contributi personali è da attribuire alle difficoltà tecniche e di comprensione presentate dall'*Essai de statique chimique*. Le proposte teoriche di Berthollet non furono infatti di alcuna utilità per i chimici lavoisieriani. La polemica che vide lo scontro fra Berthollet e Proust non riguardò soltanto la verifica di alcuni dati sperimentali, ma mise di fronte due modi diversi di concepire la chimica. Negando l'idea che le sostanze potessero combinarsi in proporzioni costanti, Berthollet metteva in discussione l'esistenza stessa di elementi chimici

<sup>25</sup> *Ivi*, p. XIX.

<sup>26</sup> *Ivi*, p. XV.

<sup>27</sup> C.L. BERTHOLLET, *Saggio*, cit. I, pp. 462-464. Per il dibattito italiano sulla nomenclatura chimica cfr. M. BIZETTA, *Gli scienziati italiani e la rivoluzione chimica*, «Nuncius», IV, n. 2, 1989, pp. 119-146; *Id.*, *The Enlightenment*, cit., pp. 309-315.

<sup>28</sup> V. DANDOLO, *Prefazione*, cit., p. XX. La mancanza di note è sorprendente se si tiene presente la cura con cui Dandolo aveva tradotto le opere di Lavoisier.

dotati di principi specifici e negava quindi la possibilità stessa di fare chimica. Se le proprietà delle sostanze variavano a seconda del metodo di preparazione del composto, tali proprietà potevano essere soltanto relative. Ciò, tuttavia, rese impossibile anche qualsiasi tentativo di quantificazione delle affinità.

Amedeo Avogadro (1776-1856), fisico torinese, propose, nel 1809, una classificazione generale delle sostanze acide e basiche che, per sua esplicita ammissione, era direttamente ispirata ai principi dell'*Essai*.<sup>29</sup> L'idea che le sostanze dovessero essere distribuite lungo una scala verticale, assumendo una posizione che non determinava proprietà di tipo assoluto, ma relativo, è determinata proprio dall'idea che non esistano proprietà specifiche delle sostanze. Tuttavia quella di Avogadro restò un'esposizione teorica; egli non riuscì ad avviare nessun tentativo di quantificazione delle affinità né descrisse l'ordine secondo il quale le sostanze avrebbero dovuto disporsi. Berthollet aveva infatti teorizzato che la misurazione delle forze interparticellari era soprattutto da mettere in relazione alle quantità delle sostanze che si combinavano. Ma risultava impossibile misurare l'affinità di sostanze che potevano combinarsi in un numero infinito di rapporti. In sostanza, partendo dai principi della fisica, non esisteva nessuna possibilità di realizzare una chimica, che potesse essere anche utile per la quantificazione delle affinità. I progressi della chimica potevano avvenire soltanto lungo la strada indicata da Lavoisier e Avogadro ne era perfettamente consapevole.<sup>30</sup> Nelle sue opere, infatti, fisica e chimica seguiranno percorsi del tutto differenti. La chimica si occuperà sostanzialmente delle leggi matematiche che regolano la combinazione degli elementi, attraverso l'utilizzazione di modelli molecolari che non intendono esprimere alcun tipo di verità fisica. La fisica vera e propria, invece, continuerà in particolare ad interessarsi della costituzione molecolare dei corpi e delle forze che agiscono fra le particelle; ma lo farà esprimendo le proprie considerazioni in forma del tutto qualitativa, indipendentemente da qualsiasi considerazione di tipo matematico.<sup>31</sup> Ciò non significa che nell'opera di Avogadro saranno assenti contaminazioni, tipiche della scienza settecentesca, tra fisica e chimica. Ma, come allora, soltanto i modelli chimici potranno offrire indicazioni quantitative, seppur ipotetiche, sul mondo microscopico.

<sup>29</sup> A. AVOGADRO, *Idées sur l'acidité et l'alcalinité*, «Journal de Physique», LXIX, 1809, pp. 142-148.

<sup>30</sup> Su questo tema si veda M. CIARINI, *Teorie senza esperimenti. Le ricerche di Amedeo Avogadro sulla natura dei sali metallici*, «Nuncius», VII, n. 2, 1992, pp. 161-193.

<sup>31</sup> Alcune interessanti osservazioni sul rapporto tra fisica e chimica nel primo Ottocento in R. MARIOTTI, *La «Belle époque» dell'atomo. Ricerche sulla vittoria dell'atomismo nella fisica del primo Novecento*, Milano, Franco Angeli, 1988, pp. 11-29.

SERGIO TIRA (\*)

## Un alchimista di sorta militare alla corte di Carlo Emanuele I di Savoia (1580-1630) (\*\*)

**Summary** - The section concerning gold of the manuscript *Militari* 274, now in the Royal Library in Torino, entitled *Gromida*, is examined. The Author, Giacomo Antonio Gromo, born in Biella (North Italy) and living (?) in the second half of the XVI century, alchemist at the court of Savoy Duke Carlo Emanuele I (1580-1630), deals with military and alchemical matters, to which the manuscript is entirely dedicated.

Il manoscritto attualmente alla Biblioteca Reale di Torino, siglato *Militari* 274, vi giunge dalla Biblioteca del Duca di Genova, «Copia dell'orig. che era posseduto dal Colonnello Verani del Genio» [1]. In effetti Agostino Verani, figura nel Corpo del Genio dal 1815 come cadetto, e nel 1860 è Ufficiale Generale del Consiglio superiore del Genio Militare [2].

Il testo si compone di 394 pagine, di cui talune poche risultano bianche. Sostanzialmente l'Autore dedica una parte del volume a problemi militari (taluni anche chimici) ed altre (circa in pari misura) a questioni chimico farmaceutiche, di una delle quali qui ci interesseremo, lasciando ovviamente gli argomenti guerreschi, per dichiarata incompetenza nostra degli stessi. Dell'Opera fanno altresì parte, all'inizio, dieci Odi latine, tutte indirizzate a magnificare e tessere elogi del Gromo stesso [3].

L'Autore del testo, che egli intitola *Gromida*, si dichiara «Jacomo Antonio Gromo», biellese, presente nel 1537 in Ivrea assediata e poi ancora nel 1542 «con la casa piena di soldati». Gira buona parte del mondo, al servizio di Imperatori e Principi, ed infine, in Inghilterra, in seguito a una visione, ritiene di dedicarsi all'Alchimia: si ferma a Padova per studiarla (in laboratorio?) [3], poi

(\*) Istituto di Chimica Organica dell'Università di Torino.

(\*\*) Relazione presentata al V Convegno Nazionale di «Storia e Fondamenti della Chimica» (Perugia, 27-30 ottobre 1993).

viene chiamato a Torino dal Duca Carlo Emanuele I di Savoia, regnante dal 1580 al 1630, che, avutolo con sé, lo «stava volentieri a veder stillare essenze e comporre droghe» e lo seguiva quando «lo interteneva colla ricerca della pietra filosofale» [4].

Gromo, anch'esso nella logica del tempo (ed ancora, in parte, odierna), parla spesso dell'oro, che compare nel testo più di un centinaio di volte. Occhio vigile ha l'Autore per i (reali ?) poteri terapeutici del metallo e presenta, fra le altre, due preparazioni di derivati, entrambi superfarmaceutici. Ad una sua sostanza dotata anche di altre facoltà magiche (si veda in seguito), dà il nome di «oro mercuriale», che cura lebbra, mal francese [9] e tanti altri mali. Il che se fosse vero, indubbiamente sarebbe stato (ed ancor oggi) magnifico.

Dice Gromo che è «medicina di utile grandissimo» un prodotto che «altri» preparano così:

Amalgamano vna parte d'oro, o' uero d'arg.to con sette parti di mercurio ben purgato, passano poi cotal malgama per vna pezetta quadruplicata accompagnandola col' regolo dell'antimonio [9] bianco o' rosso minerale, cioè il bianco per la malgama del arg.to et il rosso per quella dell'oro. Mettono poi il tutto ben vnito a' putrefare nel bagno aliquanti giorni, poi la mettono a' fuoco de lucerna per pochi di poi a' sublimare et disseccare sette volte, imbeuendola ogni volta con acqua mercuriale fatta di regolo d'antimonio, bianco o' rosso conforme la qualità del composito, ritornando poi il tutto al fuoco de lucerna per pochi giorni (p. 262).

A parte questi cenni, ed altri sparsi nel testo, è il capitolo XXVIII (p. 209), che Gromo intitola «De l'oro et sue qualità, et prima dell'oro beuibile» in cui si addentra a fondo (ed intelligentemente) sul problema della preparazione di questa soluzione d'oro, dotata anche secondo Lui, di caratteristiche medicinali particolari [5]. L'Autore propone alcune vie per preparare l'oro da bere, fra cui scegliamo una ricetta anche per il notevole suo commento finale:

Mettoni cinque o' sei sacchetti di tela pieni d'arena netta in vna boza, o' storta di vetro grandetta, et capace di sei Ingrezare [9], sendo detto vaso ben lutato mettendo poi sopra i sacchetti vna libra de mele vergine aplicando poi al vaso vn recipiente ben grande, distillando poi quel mele, come si distilla l'oglio de vitriolo [9], p.ma lentamente vigorando il fuoco quando sarà uscita la flemma, sino che cessino i fumi, il qual destillato e fetidissimo nel qual si mette la quantità d'un'anelana [9] di sale de tartaro [9] finiss.o il quale fara strepitare l'acqua gagliardam.te, tornasi poi a dare altro sale de tartaro come prima, et poi vn'altra volta, sin che l'acqua non strepiti più, all'ora tutti li spiriti acri et corrodenti saranno precipitati, mettesi poi q.ta materia nel bagno destillandone vn'acqua dolce, la qual si salua, imbeuendo poi quella materia restata nel fondo del vaso con acqua piouana destillata, et, dissicandola al foco de cenere o' di sabia, sino che resti come mele, et non più dura. Macinasi poi con essa sopra vn porfido tanto oro foliato q.nto si vole, auertendo che ci vole grand.ma diligenza in amalgamarlo perche altrim.te si vnirebbe insieme rendendosi difficile alla calcinatione, doppo dunque hauerlo bene triturato metilo al forno de reuerbero taln.te qualificato che l'oro non si liquefacia, doppo tre hore cauato fuori, et sopra il porfido macinalo col' mele per vn'ora intiera diligentem.te, rimetti al forno, et così in vntiquat'hore ogni tre hore farai, et lo triturerai benissimo perche il triturar bene importa più che ogn'altra cosa in q.to, calcinato che sarà, metti l'acqua dolce di

sopra riseruata, sopra la materia che sopra nati dua o' tre dita, et poi il tutto in bagno lento conquassando spesso il vaso sin che l'acqua sij rossa come sangue o' come rubino, la quale si decanta poi rimettendone di noua sopra il residuo dell'oro sin che la non si rubifichi piu, distilla q. te acque pregne per bagno, restera al fondo il sal de tartaro con l'anima dell'oro della quale te ne puoi seruire cosi vnita con quel tartaro, perche è nobilissima medicina. Che se pur la volessi separata, vi soprafunderali vna buona quantita d'acqua piouana distillata, et la lasciarai cosi per spatio d'un' pater n'ro decantala poi destram.te et trouerali l'anima pura al fondo, asciugala sara poluere rossa; ma per che il corpo dell'oro resta pallido et di basso colore si, ma non gia totalm.te spogliato della sua tinctura, perciò pigliarai vna buona parte di sale comune, et lo metterai in vn' crosolo al fuoco a' decrepitare, poi augumenterai il fuoco de fusione et lo tenerai fuso per mezz' hora, all' hora gettalo, pistalo, et per storta lutata [9] a' fuoco de fiamma in vn' grande recipiente, ne destillerai tutti li spiriti, poni poi q. ta acqua sopra il corpo dell'oro pallido, falla bolire sopra le ceneri che tirata tutta la tintura, et lascia il corpo bianco al fuondo, destilla q. ta acqua gialla per bagno, qndo sara quasi destillata tutta, metteni sopra dell'acqua dulcificata di mele o' vero piouana distillata per dulcificar l'estrato del Sole accio che non habbia niente de salsedine, et cosi hauerai il puro e gran thesoro da molti desiderato, ma da pochi trouato. La dosi di questa Santissima medicina è doi grani alla piu tre, alli fanciulli mezo, quale pigliata per bocca sana il paziente da molti mali, mantiene l'huomo sino a' cinquanta giorni gagliardo senz'alcuno cibo con acqua sola (p. 213).

Si trovano in Gromida talora commenti al testo, di carattere religioso (cristiano), quale quello che precede (p. 215), ed altri analoghi, per i risultati ritenuti di maggior valore. E così «mediante la divina gratia» (p. 147), «a' honor de Dio» (p. 158), ed ancora «servando questo secreto, a' laude d'Iddio» (p. 161).

La tendenza (ovvia) a tentare di procurarsi oro da altre sostanze di minor valore è viva negli alchimisti, a quanto pare, fin dai tempi dei Cinesi [6] ed in Europa già da vari secoli a.C. (Artefio, secolo XI ?) e perdura nascosta forse ancora oggi [7]. Gli alchimisti hanno dato all'ente incognito, che trasforma in oro ogni altra cosa, il nome di *Pietra dei filosofi* (Filosofi amano chiamarsi essi stessi); in italiano *Pietra filosofale*. Di tentativi di ricerche di questa misteriosa sostanza è pieno l'universo.

Anche Gromo non è lontano da questa idea, ma forse colpito dalla Enciclica *Spondent pariter* che promette gran mali a chi di tale argomento si interessi [8], tenta altre strade, che prevedono esclusivamente reazioni su diversi prodotti chimici noti e ben indicati, e che quindi ciascun esperto di laboratorio dovrebbe saper ripetere, senza intervento di forze oscure, demoniache, fantastiche. La parola oro, la più ripetuta di sostanza chimica in Gromida, un centinaio di volte, (come già detto) non genera altro capitolo fuor che il precedente, limitato all'oro portabile: forse per la già detta ragione, le ricette sono sparse in tutto il testo.

Di esse la prima è probabilmente la peggiore:

Fissano altri quattro parti di mercurio volgare, amalgamando con vna parte di luna fina [9], coprendo bene la malgama con sale alkali [9], o' con vetro poluerizato chiudendo poi la botza, et dandoli fuoco grande vintiquattro hore, la quale fissazione sara

frangibile, et s'adocira fondendola, o copellandola, et dandoli sopra, a poco a poco, la poluere del stercio humano, si conuertira in arg.to, o oro conforme al metallo dell'amalgama (p. 190).

Altra proposta strana sta a pag. 253, e non riguarda l'oro ma l'argento, di minor valore, peraltro altresì metallo nobile:

Chiudendo il talcho in vn' sacheto nel brodo delle faue, si calcinara, et sublimandolo poi con sal armoniaco [9] sino che si risoluera in acqua coc. ma per molte cose, et trasmuta sessanta parte de stagno in argento perfetto. Il qual talcho si solue presto nell'acqua forte fatta d'alune de rocca et salnitro [9] nella quale vi sia vna parte de sale armoniaco prima disciolto chiudendo qu.to secreto nel tuo petto.

Al capitolo XXVIII, «Per far vn' lume perpetuo» che la sua «milizia acquatile non si lamenti della oscurità che la trouera nelle viscere delle Neriede», Gromio dice che (p. 245):

... Si piglia quattro onze d'acqua vite perfetissima, mezza libra di sal'armoniaco [9], mettensi nel bagno per duoi giorni poi si distilla l'acqua, la quale si torna a remettere sopra le fecie, lasciandola così per altri duoi giorni, et poi destillandone l'acqua reitirando cotali operationi, sino che il sale armoniaco passi tutto nel recipiente, il quale vole essere bene sigillato. Pigliasi poi una parte di mercurio calcinato et due parti dell'acqua sopra detta calcinandola nel bagno bagno (sic) per vn' giorno redistillandola tre volte il mercurio sublimara con l'acqua, et finalm.te si risoluera in acqua, la quale dissolue tutti li corpi imperfetti, riducendoli alla sua perfezione. Pigliando antimonio precipitato fesso et soluendolo nella det'acqua restara vn' oglio incombustibile che seruire per lume ppetuo (p. 247).

Per quanto sia utile avere, di notte, un lume perpetuo (1), giusto è chiedersi il significato dell'inserimento di queste righe, a prima vista fuori argomento del tutto; il seguito di Gromida dà la risposta (notevole):

Soluesi l'oro nella sudet'acqua in maniera che non puo piu ridursi in metallo, mettendo poi il tutto a putrefare in bagno per vn mese, redistillandolo poi s'hauera vn' oglio incombustibile, nel quale mettendoui l'argento fino lo rende oro perfetissimo in vinti-quatt' hore. Di piu soluendo il mercurio nell'acqua forte [9], dolcificando poi la sua calcina et asciugandola bene, reinbeuendola poi con det'acqua per sette volte, asciugando et distillando bene il mercurio si fissara, mezz'quarto del quale dato sopra mezz'onza d'argento fuso gli da il peso del oro et lo fissa (p. 248).

Non solo, ma ancora insiste perché la predetta milizia non stia oziosa, e gli fa preparare con allume di rocca calcinato, salnitro raffinato, sal comune, mercurio, acqua vite fina e, per distillazioni e fusioni ripetute, ne fa ottenere un «acqua spiritualissima, perho bisogna custodirla con diligentia» da usarsi sia come «medicina fortissima» sia ancora come fornitrice di oro in buona quantità (249):

Habbinsi poi amanite tre onze d'oro foliato in vna boza di vetro, dandogli poi sopra tanto di quest'acqua, che sopranti bene l'oro, otturando bene il vno et dandoli calor lento, ridura l'oro in forma di butiro. Decantasi poi l'acqua, la quale sempre e buona, però si serua diligentem.te. Pigliasi poi quel'oro in forma de butiro et si diuide in due parti sopra vna de quali metendoli tant'acqua vite ben fina accomodandola nel bagno per

quindici di, si conuertira in liquore sanguineo, il quale si dara sopra l'altra parte del dett'oro in forma de butiro, in vna bozza, sigillandola con sigillo Hermetico accomodandola nel forno di cenere in modo che la mita [9] della materia soprauani le ceneri, dandoli poi il calore a guisa del sole ne i giorni caniculari, sino che si faccia negra et perda la nigredine. Seguitando quest'ordine augumentando il calore d'un grado si vederano molti colori accrescendo poi il fuoco di grado in grado destramente sino alla bianchezza, continuando il fuoco, diuentara giallo, et poi diuentara rosso, al quale non manca altro che la proiectione [9], la quale sara tale. Si pigliarano mille parti d'oro fino ben fuso, et se gli dara sopra vna parte della detta medicina, o' sia tintura rossa, facendola bollire per tre quarti d'hora, redura tutto quell'oro in medicina, della quale dandone vna parte sopra mille parti d'arg.to fino fuso lo ridura in oro perfetiss.o. Dando poi vna parte della detta medicina sopra mille parti di mercurio viuo verra tutto medicina, vna parte della quale datta sopra mille altre di mercurio, sara oro molto alto di colore, si che tingera l'oro basso. Il qual'oro mercuriale infuocato et estinto nell'acqua vite, della quale ne beua quattr'onze vn' leproso a' digiuno sara liberato in vintiquattr'hore, et cosi dal mal francese, et da ogni gran male. Dando vna parte della sudeta medicina del detto oro sopra mille parti de rame fuso purgato, lasciandola in fusione vn mezzo quarto d'hora, gettando poi in verga s'hauerà oro beliss.o et dolce come piombo, il che si fara ancora con il stagno. Et volendola dare sopra il ferro per esser difficile alla fusione, si potra infuocarlo bene et darli la medesima tintura sopra a' discrezione sara oro beliss.o, ma aspero et frangibile, del quale se ne pigliara vna parte et si fundera con vna parte di quello fatto (sal) mercurio et sara oro perfetiss.o. Adoperando questa tintura con l'acqua vite fortifica la natura, ringiouenisce i uechij, rende le Donne sterili feconde, pigliandone ogni mattina vn chuchiaro pieno.

Le tecniche di preparazione dell'oro si susseguono sempre analoghe, con reazioni ripetute, in linea di massima più o meno con le stesse sostanze. Non mai però si parla di *Pietra filosofale*, (forse per la ragion già detta?) [8]. La parola chiave, «delli Philosophi» (autodenominazione degli alchimisti), compare invece nel Capitolo XX, dedicato a «Mercurio con le sue virtu et qualita».

Fassi vn'amalgama di sei onze di mercurio, et vna d'oro passandola poi per camozza [9] di modo che restino tre onze di mercurio con quell'vna dell'oro, destillasi poi l'acqua da sei onze di cuperosa [9], quattro di salnitro, id est salis petre, et da mezza libra de cinaprio [9], mettendo l'amalgama in dett'acqua a' dissoluere il mercurio restando l'oro calcinato. Fassi poi bollire il detto mercurio disciolto in vna bozza, sino che citrini, soluesi poi nella dett'acqua nouua, congelando come prima, sino alla terza volta con l'acqua nouua, et sara rubicundiss.o et si salua. Fassi poi essicare l'oro calcinato nel suo vaso polberizzando poi bene, soluendolo poi nell'acqua di sale armoniaco [9], et sale petra, idest salnitro, molto difficile da fare, ma ottima per soluere l'oro. Ella esce con gran furore fumosa, la quale si dice oglio delli Philosophi, et e grande secreto (p. 190).

#### E continua

Fassi poi euaporare la terza parte d'ogn'una delle sue acque, per se nel suo vaso, cioe della mercuriale, et della solare, congiogendole poi ambe due in vn vaso rappresentano vn'acqua negra, et fetida come luto [9], nella quale nigredine s'ausita la rubedine. Mettesi poi la bozza con le dette due acque, chiusa nel fimo [9], o' nel bagno per noue giorni, et sara chiara, la quale messa in luogo freddo, o' al aere, si condensara in pietra in fundo del vaso, euaporandone perho la terza parte dell'acqua, prima che metterla all'aere, separando poi l'acqua della sudetta pietra, mettendo poi la pietra nel

fimo, o' nel bagno per altri nove giorni a' dissolvere; poi si mette la boccia nelle ceneri, a' congelare, vna parte della quale medicina, conuertira cento parti di mercurio volgare ben purgato in oro vero. Distillansi per fare la sudet'acqua, due onze di sale armoniaco con due onze di salnitro fino poluerizzati, in vna storta alta di corpo, co'l suo recipiente, a fuoco lento, accio che non crepi la storta, et vscura poco meno d'un'onza d'acqua con il quale ordine, si puo fare quanta se ne vole per il sudetto effetto (p. 190).

«To be or not to be, that ist the question». Il dubbio del Principe danese scende su chi vuol dare un giudizio su Giacomo Antonio Gromo: chimico o farabutto? Nel 1601, il 15 dicembre, gli Ambasciatori Veneti presso la Corte Sabauda scrivono di lui che è «persona di professione molto ambigua» [10]. E, riletta tutta l'alchimia del suo *Gromida*, è l'unico parere si possa dare.

BIBLIOGRAFIA, NOTE e LESSICO

- [1] A. MANNO e V. PICHES, *Bibliografia storica degli Stati della Monarchia di Savoia*, I, 295. Bocca Librai di S.M., Torino 1884.
- [2] M. BORGATTI, *Storia dell'Arma del Genio*, Riv. Art. e Genio, Roma 1928.
- [3] L. BONA QUAGLIA e S. TIRA, *Studi piemontesi*, Vol. XXIII, I, 23, Torino 1994.
- [4] E. RICOTTI, *Storia della monarchia piemontese*, III, 329, Barbera, Firenze 1865.
- [5] «Oro colloidale elettrico, indicato nella cura del tifo, della polmonite, della setticemia e dei processi infettivi in generale. Oro colloidale blu, ..., proposto nella colloidoclastoterapia delle forme settiche generali e localizzate». «Medicamenta», VI Ediz., IV, 4090. Coop. Farm., Milano 1965.
- [6] I sec. a.C., secondo Gölchrist G., «L'Alchimia», 32, Convivio/Nardini, Firenze 1983.
- [7] A. PANCALDI, *Alchimia pratica*, Atanor, Roma 1983.
- [8] GIOVANNI XXIV (1316-1334). «I disgraziati alchimisti promettono ciò che non posseggono ... Noi ordiniamo che tutti questi uomini lascino per sempre il paese ... Se persone del clero sono incluse tra gli alchimisti, non troveranno grazia e saranno private della dignità ecclesiastica».
- [9] Lessico (Le definizioni siglate 'T.' sono tratte dal «Dizionario di alchimia e di chimica antiquaria» di Gino Testi, Edizioni Mediterranee, Roma 1980). *Acquaforse* = acido nitrico, T. / *Acqua mercuriale* = ottenuta bollendo 2 parti d'acqua ed 1 di mercurio, T. / *Allume di Rocca* = *Allume di Rocca* = allume ordinario, che un tempo si ricaveva a Rocca (Edessa) in Siria; solfato di alluminio e di potassio, T. / *Avellana* = noce di Abella in Campania = nocciola. / *Camozza* = pelle scamosciata. / *Cinapso* = tutti gli ossidi e solfuri metallici colorati in rosso. / *Coperosa* = Coperrosa azzurra = solfato (o vetriolo) di rame; C. bianca = di zinco, C. verde = di ferro. / *Coppellare, Coppella* = Crogiolo usato per affinare i metalli preziosi. / *Fino* = letame. / *Inghrestare = Inghistare* = «Te inghistare son noce libre». (*Gronida*, p. 205, in margine). / *Lama* = Argento. / *Lato, Luato* = Fango, oppure impastio di argille mescolate con olio di lino cotto, ed eventualmente altri ingredienti per chiudere connesure. / *Mal francese* = la sifilide. / *Mita* = Oro di mita, composto per metà d'oro fino, metà di lega, Tommasco, Dizionario, 1869. / *Olio di vetriolo* = acido solforico del commercio. / *Onza = Oncie* = peso di circa 20/30 grammi di oggi. Vale 8/10 dramme, 24/30 scrupoli, dodicesima parte della libbra. / *Proiezione* = operazione con la quale gli alchimisti intendevano l'unione di una certa sostanza (polvere di ...) con il metallo ignobile da trasformare in oro; atto di versare un principio attivo per ottenere una trasformazione di sostanza, T. / *Regolo di antimonio bianco* = antimonio metallico. / *Idem rosso* = pentasolfuro di antimonio. / *Sale armonico* = cloruro d'ammonio, T. / *Sale alcali* = sale di vetro, sale amaro, ooglio o spirito filosofico, T. / *Sale di tartaro* = carbonato potassico od anche acido tartarico, T. / *Salnitro* = nitrato di potassio, T. / *Sole* = Oro, T. / *Tartaro* = tartarato di potassio, cremor di tartaro.
- [10] F. MURZELLI, *Storia arcana ed aneddotica d'Italia raccontata dai veneti Ambasciatori*, Venezia 1858, vol. III, pp. 254 sgg.

ANTONIO DI MEO (\*)

### La natura come sistema di cicli chimici (\*\*)

**Summary** - The idea that there exist two general ways of describing natural time — either a cyclical time or a linear one — has always been considered in succession: first a cyclical time and then, since modern era, a linear time. Yet the study of chemical philosophy of nature (from the 17th century) on leads to a new hypothesis according to which temporal circularity of natural phenomena remains unchanged, even when the idea of a linear succession of events in time is affirmed at a more general cosmogonic and geogonic levels.

1. Un diffuso luogo comune storiografico sostiene che l'uso di metafore temporali di tipo ciclico per designare le vicissitudini della storia umana e naturale appartenga all'antichità e da questa giunga alle soglie dell'epoca moderna, a partire dalla quale si è venuta affermando, esclusivamente, l'idea di un tempo monodirezionale, lineare, irreversibile, progressivo. In realtà già nel pensiero antico, in particolare in quello ebraico, si può notare una compresenza delle due metafore temporali lineare e ciclica, ad esempio nella *Bibbia*, rispettivamente nella *Genesi* (o nelle genealogie presenti in vari libri) e nell'*Ecclesiaste*. Nel pensiero moderno, in quello scientifico in particolare, tale compresenza sarà ancora più marcata, anche se collocata in diversi rapporti di dominanza e di successione.

Questa problematica, che è ovviamente connessa con quella più generale della struttura e dei significati del tempo, ha coinvolto sin dagli inizi la filosofia chimica, intesa nel suo significato più antico di concezione generale della natura «costruita» attraverso le teorie di tipo chimico. L'accentuazione sul carattere costruttivo di tale concezione vuole indicare che l'idea di una natura come sistema di processi ciclici innestati su un suo andamento lineare, o viceversa, non

(\*) Fondazione Istituto Gramsci, Via del Conservatorio 55, 00186 Roma.

(\*\*) Relazione presentata al V Convegno Nazionale di «Storia e Fondamenti della Chimica» (Perugia, 27-30 ottobre 1993).

appartiene solo al dominio, pure rilevante, delle metafisiche scientifiche influenti, ma è anche un *risultato* che emerge dagli sforzi intellettuali plurisecolari dei chimici. Naturalmente, nelle diverse epoche storiche, potevano sussistere anche immagini o ipotesi non sincronicamente coincidenti, e questa non coincidenza poteva coinvolgere, appunto, anche alcuni aspetti metafisici più intrinsecamente correlati con le teorie scientifiche in senso stretto. Tuttavia bisogna riconoscere che il tema della ciclicità, comunque sia stato modulato e trattato, rappresenta una sorta di «invariante» teorico della indagine chimica della natura dal XVII secolo ai nostri giorni.

Ma per coglierne bene la portata e la pervasività, bisogna premettere che l'uso che ho fatto sin dal titolo di questo scritto del concetto di «sistema» non è una concessione ad una moda scientifico-epistemologica del momento, ma la condizione stessa per affrontare il problema della ciclicità nei processi chimici. Esso comporta, infatti, una relazione intima fra *parte* e *tutto*, solo attraverso la quale quel problema può essere reso visibile in maniera significativa. Che la natura fosse un «tutto», composto di parti fortemente interrelate fra di loro, è, peraltro, un luogo teorico comunemente ribadito dagli stessi chimici in differenti epoche e contesti: «To simpan» («il tutto») era scritto nella antiporta della edizione settecentesca della *Physica subterranea* (1703) dello iatrochimico Johann Joachim Becher, e nella quale era rappresentato nella forma di un gigantesco corpo ermafrodito l'intero Universo, suddiviso nei suoi differenti comparti del macrocosmo e del microcosmo, a loro volta diversamente strutturati in parti distinte.<sup>1</sup> Nel testo del trattato becheriano l'Universo era rappresentato come un uovo, le parti costitutive del quale erano analoghe a quelli che venivano considerati i principi primi ed elementari della natura: il tuorlo rappresentava la «terra»; l'albume l'«acqua»; la pellicola l'«aria» e il guscio il «cielo», ovvero il luogo e il contenitore delle sostanze presenti nell'uovo e necessario alla divinità per poter agire sull'oggetto da essa creato e conservarlo nella sua disposizione originaria.<sup>2</sup> L'idea della natura come totalità sarà fortemente presente anche nella chimica del XVIII secolo e in quella del XIX, soprattutto in quella ispirata alla *Naturphilosophie* di origine tedesca, per esempio nel pensiero di Humphry Davy. Questo chimico inglese, infatti, negli *Elements of agricultural chemistry* (1812) scriveva, a proposito delle combinazioni dei principi semplici dei corpi per dare luogo ai cristalli minerali o alle più «organizzate» sostanze vegetali e animali, che

il calore, la luce e l'elettricità sviluppano una serie ininterrotta di cambiamenti: la materia prende delle nuove forme, alcune classi di esseri vengono distrutte, e questa ne conserva delle altre; la decomposizione e l'esistenza; la morte e la riproduzione, sono legate fra di

<sup>1</sup> J.J. BECHER, *Physica subterranea*, ed. di G.E. Sthal, Leipzig, 1703.

<sup>2</sup> *Ibid.*, p. 543.

loro e gli accidenti che turbano alcune parti del sistema, non apportano nessun danno all'armonia generale.<sup>3</sup>

Oppure, a proposito della fisiologia vegetale, in particolare della respirazione delle piante, sosteneva ancora che

le piante, aiutate dal calore solare, decompongono il gas acido carbonico che il primo di questi fluidi [l'aria] contiene; esse assimilano il carbonio e liberano l'ossigeno col quale era combinato. È così che l'economia della vegetazione contribuisce a mantenere l'ordine generale del sistema della natura.<sup>4</sup>

Ma questa idea era presente anche nei chimici critici di questa corrente filosofica come Jons Jacob Berzelius e Jean Baptiste Dumas o come Justus Liebig il quale scriveva che «in natura tutto si tiene».<sup>5</sup> Alla fine dell'Ottocento Dimitrij Ivanovic Mendeleev, in una conferenza londinese sulla legge periodica degli elementi chimici, cercava di coniugare la molteplicità e la irriducibile individualità degli enti naturali con il carattere generale ed universale del piano della natura affermando che

rispondendo alla stessa legittima tendenza scientifica la scienza naturale ha scoperto nell'Universo una unità di piano, una unità di forza e una unità di materia, e le conclusioni convincenti della scienza moderna obbligano ciascuno ad ammettere questi tipi di unità. Ma pur ammettendo l'unità di molte cose, dobbiamo nondimeno anche spiegare l'individualità e la visibile diversità che non possiamo fare a meno di rintracciare ovunque.<sup>6</sup>

Infine, ai primi del Novecento, il geobiochimico russo Vladimir Ivanovic Vernadskij sosteneva che i fondamenti delle nostre idee «sull'Universo, su questa Natura — Entità unica — su questo Tutto di cui si è tanto parlato nel XVIII secolo e nella prima metà del XIX secolo, si trasformano sotto i nostri occhi con una rapidità straordinaria, rara della storia del Pensiero».<sup>7</sup>

Le citazioni potrebbero essere molte di più. Quelle qui riportate stanno a dimostrare il carattere ricorrente nella chimica dell'idea della natura come un insieme solidale di parti distinte, cioè come un sistema.

2. La relazione sistemica tutto/parti suppone che queste ultime siano collegate o collegabili le une alle altre e, contemporaneamente, dotate di una propria individualità. Come abbiamo appena visto anche dalla citazione del brano di

<sup>3</sup> H. DAVY, *Elements of agricultural chemistry* (1802-1812), trad. fr. *Elements de chimie agricole*, Paris, Ladrangé, 1819, p. 6.

<sup>4</sup> *Ivi*, p. 13.

<sup>5</sup> J. LIEBIG, *Nouvelles lettres sur la chimie*, trad. Ch. Gerhardt, Paris, Charpentier, 1852, p. 41.

<sup>6</sup> D.I. MENDELEEV, *The periodic law of the chemical elements*, in *Principles of Chemistry*, London 1905, p. 498.

<sup>7</sup> V.I. VERNADSKIJ, *La geochimie*, Paris, Alcan, 1924, p. 1.

Mendeleev, il problema della ricerca di una coerenza nomologica e funzionale fra «individui» chimici distinti e particolari costituirà uno degli aspetti più rilevanti della filosofia chimica intesa, questa volta, come riflessione metateorica sui risultati della disciplina. Gaston Bachelard, come è noto, ha dedicato un saggio molto importante a questo argomento, nel quale si sostiene l'esistenza nel pensiero dei chimici di un «gioco dialettico» fra due idee filosofiche: il pluralismo e la riduzione della pluralità. Per il filosofo francese, infatti, la chimica

non esita a moltiplicare le sostanze elementari, a prendere in considerazione i composti eterogenei, ottenuti spesso attraverso la casualità della esperienza. Poi interviene una sorta di scrupolo e si sente il bisogno di un principio di coerenza, sia per comprendere le proprietà delle sostanze composte, che per cogliere il vero carattere delle sostanze elementari.<sup>8</sup>

L'«eroe» chimico principale della riflessione di Bachelard è Mendeleev che, in effetti, con il suo sistema periodico degli elementi era stato in grado di realizzare un gigantesco affresco che riuniva in maniera coerente e legale il mondo plurale delle sostanze chimiche semplici. L'interpretazione bachelardiana dell'opera del chimico russo è tuttavia di tipo statico, come se essa fosse «congegnabile» in una tavola fissa e rigida di tipo aritmetico. Sfuggiva al filosofo francese la possibilità di un'altro punto di vista col quale esaminare l'opera di Mendeleev, e dei chimici più in generale. Un punto di vista di tipo dinamico, in cui l'«individuo» chimico elementare può essere considerato come un *invariante* all'interno di un complicato processo di costituzione di corpi composti ed eterogenei, nel quale si ha una incessante creazione di strutture, o *forme*, molecolari ed un altrettanto dinamico processo di distruzione delle stesse. La «coerenza», cioè, può essere presa in considerazione anche in rapporto ad una intima e generale vicissitudine della materia, all'interno della quale entra di diritto il problema della temporalità. È in questo ambito, infatti, che si ripropongono le metafore della linearità e della ciclicità, cioè delle modalità dinamiche del divenire incessante della natura considerata come un «tutto» sistematico. L'individuo chimico, allora, non è solo rappresentato dalla sostanza elementare e/o atomica, ma anche dai composti più o meno complessi; dai grandi comparti nei quali può essere suddivisa la natura, sottoinsiemi di un sistema via via più generale: i regni minerale, vegetale, animale; il vivente nel suo complesso e il mondo inorganico; i singoli membri di questi comparti; infine la «pluralità» di mondi in cui si suddivide l'intero Cosmo. In ognuno di questi «oggetti» avvengono dei processi chimici tipici e questi hanno delle forti relazioni con tutti gli altri, ma in maniera selettiva. La totalità della natura, allora, può essere ricostruita attraverso la scoperta delle relazioni chimiche fra *processi* distinti, che avvengono in sistemi aperti allo scambio di energia e di materia con l'insieme degli altri sistemi. La

<sup>8</sup> G. BACHELARD, *Le pluralisme coherent de la chimie moderne*, Paris, Vrin, 1973<sup>2</sup>, p. 5.

totalità della natura, cioè, può essere ricostruita attraverso lo studio sistematico dei singoli processi e delle loro relazioni. Ciò comporta, ad esempio, l'acquisizione di una visione non separata, parcellizzata, della fenomenologia chimica terrestre, sia quella del mondo inorganico che del vivente, della atmosfera e fra queste e quella del restante mondo extraterrestre, in particolare, degli altri pianeti del Sistema solare, dello stesso Sole e delle stelle. Tale visione, seppure già presente sin dai primordi della chimica scientifica, è essa stessa variabile nel tempo, è cioè un prodotto della storia di questa disciplina. Come vedremo qui di seguito.

3. Sin dal XVII secolo, in effetti, i chimici si erano posti il problema delle reazioni che avvengono all'interno delle piante e degli animali anche in relazione col loro ambiente esterno. Nel caso delle piante estremamente significativo era ritenuto il rapporto che esse intrattenevano con le sostanze contenute nel suolo, dal quale traevano il loro alimento mediante la radice. La loro generazione e il loro sviluppo successivo si pensava fossero dovuti alla «circolazione» della linfa al loro interno. La vita delle piante, inoltre, veniva fatta dipendere anche dai grandi cicli terrestri ed atmosferici delle acque e delle sostanze in esse contenute, e quando Joseph Priestley nel 1771 e Jean Ingen Housz nel 1779 scoprirono che le piante avevano la capacità di purificare l'aria viziata dai prodotti delle putrefazioni e delle combustioni e che la loro «economia» era dipendente fortemente dalla luce, le relazioni chimiche fra mondo vegetale, minerale e l'atmosfera e il Sole si ampliarono notevolmente. Lo stesso può dirsi per la scoperta dei fenomeni chimici della fisiologia animale, dovuta ad un altro processo circolatorio, quello del sangue, in particolare quelli della respirazione prima all'interno del paradigma flogistico, poi in quello lavoisieriano. La respirazione animale era poi fortemente collegata con quella dei vegetali, poiché si scoprì che avvenivano in maniera esattamente e reciprocamente opposta: di qui la conclusione che i vegetali e gli animali avevano una forte incidenza sulla composizione dell'atmosfera. I primi, in particolare, saranno considerati come i più potenti agenti dello stabilimento della composizione dell'atmosfera terrestre, poiché tutto l'ossigeno in essa presente veniva attribuito alla incessante e gigantesca liberazione di questo gas da parte dei vegetali sin dalle origini della vita sul nostro pianeta. Inoltre, tramite l'alimentazione, le sostanze elaborate dai vegetali entravano nel ciclo chimico degli animali erbivori e da questi in quelli carnivori. Attraverso poi i processi fermentativi e putrefattivi tutte le sostanze elaborate dal vivente ritornavano nel mondo inorganico, e di qui ancora nel vivente in un ininterrotto e perenne processo di circolazione materiale. I vegetali e gli animali, inoltre, espellevano continuamente i residui degli alimenti diversamente assimilati al loro interno, costituendo in questo modo — già durante il loro ciclo vitale — una fonte inesauribile di prodotti inerti, organici ed inorganici, restituiti al suolo ed alla atmosfera.

Il ciclo delle stagioni, quello delle acque, degli elementi, delle sostanze

composte all'interno degli organismi viventi (nel suolo, nel mare e nell'atmosfera), contribuivano quindi, già alla fine del Settecento, a definire la natura come un sistema interconnesso di cicli chimici. Come scriverà Antoine Laurent Lavoisier nel 1794

i vegetali attingono nell'aria che li circonda, nell'acqua e in generale nel regno minerale, i materiali necessari alla loro organizzazione. Gli animali si nutrono o dei vegetali, o di altri animali che essi stessi si sono nutriti di vegetali, di modo che le materie che li formano, in ultimo risultato, sono sempre ricavati dall'aria o dal regno minerale. Infine la fermentazione e la putrefazione rendono perpetuamente all'aria dell'atmosfera e al regno minerale i principi che i vegetali e gli animali hanno preso loro in prestito. Attraverso quali procedimenti la natura opera questa meravigliosa circolazione fra i tre regni? Come giunge a formare le sostanze combustibili, fermentabili e putrescibili con materiali che non possedevano tali proprietà? La causa e il modo di questi fenomeni sono stati avvolti finora con un velo pressoché impenetrabile. Tuttavia intravediamo che, siccome la combustione e la putrefazione sono i mezzi che la natura impiega per rendere al regno minerale i materiali dal quale essa li ha ricavati per formare dei vegetali e degli animali, *la vegetazione e la animalizzazione devono essere dei fenomeni inversi della combustione e della putrefazione.*<sup>9</sup>

Il fondamento originario di ogni vivente risiedeva, quindi, nel mondo minerale e nell'atmosfera, che costituivano il deposito iniziale e finale dello scambio ciclico delle sostanze semplici e composte, mentre i vegetali ne erano il centro motore e il primo laboratorio naturale. Ma questo laboratorio aveva bisogno di un ingrediente fondamentale per funzionare: la luce. Lavoisier aveva posto la luce al primo posto del primo gruppo dei corpi semplici della tabella contenuta nel suo *Traité élémentaire de chimie* del 1789, insieme al calorico, all'ossigeno, all'azoto e all'idrogeno. Grazie ad essa veniva prodotta la «sostanza verde» delle piante (la clorofilla); era possibile lo scambio continuo anidride carbonica-ossigeno fra l'atmosfera e le piante; sempre grazie all'azione della luce, infine, le foglie erano in grado di dissociare l'acqua, assumendone l'idrogeno e parte dell'ossigeno, il resto del quale veniva liberato nell'atmosfera. La luce, secondo Lavoisier, non solo era combinata col calorico e l'ossigeno nell'ossigeno gassoso, ma doveva essere considerata una sorta di principio vitale generale:

L'organizzazione, il sentimento, il movimento spontaneo, la vita, non esistono che alla superficie della terra e nei luoghi esposti alla luce... Senza la luce la natura sarebbe senza vita, essa sarebbe morta e inanimata: un Dio beneficiente, apportandosi la luce, ha sparso sulla superficie della terra l'organizzazione, il sentimento, il pensiero.<sup>10</sup>

Questi temi erano già presenti, con teorie esplicative diverse, nella chimica precedente a quella lavoisieriana, in particolare quello della circolazione degli elementi fra i tre regni della natura, e del ruolo della fermentazione e della

<sup>9</sup> A.L. LAVOISIER, *La vie et la circulation des éléments dans la nature* (1794), in *Oeuvres*, t. VI, pp. 33-34.

<sup>10</sup> A.L. LAVOISIER, *Traité élémentaire de chimie*, Paris, Cuchet, 1789, p. 202.

putrefazione nel ricostituire, attraverso processi di decostruzione materiale, le sostanze semplici e composte necessarie al funzionamento della incessante vicissitudine ciclica della natura. Essi saranno presenti, ancora in altri contesti teorici, nella chimica successiva, come ora vedremo.

Per Humphry Davy, ad esempio, il mutamento costituiva l'essenza stessa delle operazioni naturali. Esse supponevano delle cause «seconde» come il calore, la luce, l'elettricità, la gravità, il magnetismo. Alcune di queste forze erano creatrici, costruttive, altre invece distruttive, e la loro azione combinata produceva quell'ininterrotto ciclo di cambiamenti al quale abbiamo già fatto cenno. In assenza del carattere dualistico ed opposto di queste forze il mondo fisico si sarebbe trovato in un eterno stato di quiete:

Le differenti specie di attrazione tendono a conservare gli arrangiamenti delle molecole della materia, o a formarne delle nuove. Se esse non fossero bilanciate da forze che agiscono in senso contrario, la natura sarebbe ben presto ridotta ad uno stato di riposo perfetto e il mondo fisico immerso in un sonno eterno. Le potenze meccaniche, i movimenti di proiezione, la forza centrifuga, sono in lotta continua con la gravitazione; e la loro azione congiunta, regola, determina i movimenti dei corpi celesti. L'energia repulsiva del calore oppone lo stesso ostacolo alla coesione e all'attrazione chimica, e il ciclo armonioso dei cambiamenti terrestri si compie grazie alla combinazione di cause diverse.<sup>11</sup>

Quindi l'opposizione delle forze, il loro carattere costruttivo e distruttivo, facevano sì che la natura si trovasse in un perpetuo stato di cambiamento di tipo ciclico in cui ciò che esisteva non sarebbe più stato e avrebbe ceduto il posto ad altri oggetti — naturali o artificiali — diversi da quelli decaduti, come scriverà Davy nella sua suggestiva opera filosofica, *Consolations in travel*, pubblicata postuma nel 1830:

Il principio di cambiamento è un principio di vita; senza decadimento non vi può essere riproduzione; e ogni cosa che appartenga alla terra, che sia nel suo stato primitivo, o modificato dall'azione umana, è soggetta alla legge certa e immutabile della distruzione, tanto permanente e universale quanto le leggi che governano i moti planetari.<sup>12</sup>

In questa visione un ruolo centrale e fondamentale era ricoperto dalla elettricità, forza dualistica per eccellenza, della quale Davy aveva fra i primi riconosciuto l'importanza per la spiegazione dei fenomeni chimici e per l'analisi delle sostanze mediante la tecnica sperimentale dell'elettrolisi:

Non vi sono due sostanze sulla superficie del globo, che non siano fra di loro in differenti relazioni elettriche; e la stessa attrazione chimica sembra essere una forma peculiare della manifestazione dell'attrazione elettrica; e dovunque l'atmosfera o l'acqua o qualsiasi parte della superficie della terra acquisti dalle superfici contigue elettricità accumulata di una specie differente, la tendenza di questa elettricità è quella di produrre

<sup>11</sup> H. Davy, *op. cit.*, p. 38.

<sup>12</sup> H. Davy, *Consolations in travel* (1830), in *Collected works*, London, Smith-Elder-Cornhill, 1840, vol. IX, p. 369.

nuovi arrangiamenti delle parti di queste superfici ... e l'azione silenziosa e lenta dell'elettricità è molto più importante nell'economia della natura della sua azione grandiosa e impressionante nei lampi e nei tuoni. Le azioni chimiche dell'acqua e dell'aria sono assistite da quelle dell'elettricità; e i loro effetti congiunti, combinati con quelli della gravitazione e con quelli meccanici ... sono sufficienti a dar conto dell'azione del tempo.<sup>13</sup>

La costruzione di sostanze complesse, e il loro contemporaneo ed inevitabile decadimento, erano dunque dei prodotti del tempo, dell'«opera del tempo». Un tempo esclusivamente ciclico durante il quale la natura rimaneva in un eterno presente.

Per Jean Baptiste Dumas era grazie alla luce che avvenivano tutti i fenomeni principali della trasformazione delle sostanze semplici minerali in sostanze complesse dei vegetali e da questi, per via alimentare, in quelle animali. Il punto di partenza e di arrivo del funzionamento generale della natura era l'atmosfera, in particolare l'aria in essa contenuta, in un ininterrotto procedimento di tipo ciclico funzionale alla emergenza ed al sostentamento della facoltà superiore dell'uomo, il pensiero:

Tutto ciò che l'aria dà alle piante, le piante lo cedono agli animali e gli animali lo rendono all'aria; cerchio eterno nel quale la vita si agita e si manifesta, ma dove la materia non fa che cambiare di luogo. La materia bruta dell'aria, organizzata poco a poco dalle piante, funziona dunque senza cambiamenti negli animali e serve da strumento al pensiero; poi vinta da questo sforzo e come spezzata, essa ritorna, materia bruta, alla grande riserva dalla quale essa era uscita.<sup>14</sup>

Tutti i corpi naturali erano dunque dell'atmosfera condensata, poiché dai componenti di questa prendeva avvio, e si concludeva, quel «cerchio misterioso della vita organica alla superficie del globo»,<sup>15</sup> a sua volta collegato con tutti gli altri cicli operanti nella intera realtà naturale.

Anche per Justus von Liebig gli esseri organizzati provavano, grazie alla morte, una trasformazione che comportava il ritorno al suolo ed alla atmosfera dei componenti semplici che essi avevano sottratto. Infatti a causa dell'effetto delle reazioni chimiche conseguenti alla morte degli organismi, i loro elementi riprendendo la loro forma primitiva potevano servire da alimento per un nuovo processo di generazione, con un andamento ciclico di dissoluzione e ricombinazione incessante degli invarianti atomici delle sostanze semplici:

La morte, la dissoluzione di una intera generazione diviene così la sorgente di vita di una nuova generazione. Lo stesso atomo di carbonio che, come elemento della fibra del cuore di un uomo, mette in movimento il sangue delle vene, questo stesso atomo ha forse fatto parte del cuore di uno dei suoi antenati. L'atomo di azoto del nostro cervello

<sup>13</sup> *Ist.*, pp. 376-377.

<sup>14</sup> J.B. DUMAS, *Essai de statique chimique des êtres organisés*, Paris, Fortin & Masson, 1844, pp. 4-5.

<sup>15</sup> *Ist.*, p. 7.

forse ha potuto essere appartenuto al cervello di un egiziano o di un negro. Così come la generazione attuale attinge gli alimenti necessari allo sviluppo della sua intelligenza nei prodotti intellettuali dei suoi avi, allo stesso modo il nostro organismo trova gli alimenti indispensabili alla sua alimentazione fisica nei cadaveri delle generazioni anteriori.<sup>16</sup>

Per Liebig la causa immediata di questi processi di dissoluzione chimica era l'azione dell'ossigeno dell'aria, a certe condizioni di temperatura e pressione ed in presenza dell'acqua.

In natura, quindi, agiva una serie di forze invisibili contrapposte — elettricità, calore, gravitazione, affinità chimica, forza vitale — responsabili di tutta la complessa ed infinita fenomenologia sensibile soggetta alla indagine scientifica e operante secondo leggi fisse, invariabili, immutabili. Una natura nella quale non era percepibile «né inizio né fine»,<sup>17</sup> illimitata, immensa, infinita, nella quale ancora una volta era la luce a fornire l'energia necessaria alla produzione di tutti i cambiamenti necessari alla transizione dalla materia inerte a quella vivente: «La luce del Sole, arrivando sulla terra, dona alla natura morta la vita e il movimento».<sup>18</sup>

L'azione delle forze era quella di produrre del movimento fra i corpi o di resistere al movimento stesso, e fra queste due polarità opposte erano comprese tutte le metamorfosi delle sostanze, in un incessante e graduale cambiamento di forme che costituiva l'essenza stessa del mutamento naturale.

4. Come abbiamo visto lo studio del vivente aveva condotto molti di questi scienziati a considerare l'attività chimica del mondo inorganico scarsamente significativa. Infatti era la presenza degli organismi viventi a dare luogo alle forme più complesse della materia. Ciò avveniva mediante una incessante vicissitudine di tipo ciclico nella quale si stabiliva uno scambio continuo con l'ambiente inorganico dal quale venivano assimilate le sostanze necessarie al mantenimento di tali organismi, per ritornarvi poi grazie ai fenomeni di escrezione o, dopo morti, di fermentazione e putrefazione. Questo ruolo chimico così predominante del vivente verrà fortemente enfatizzato ai primi del nostro secolo dal geobiochimico russo Vladimir Ivanovic Vernadskij. Per Vernadskij, infatti, la «materia vivente», cioè l'insieme degli organismi espresso in peso, in elementi chimici ed in energia,<sup>19</sup> serviva a definire un insieme di parametri invariati che consentiva di fare entrare gli «instabili» fenomeni della vita negli schemi della chimica, cioè dei prodotti «pressoché immobili» della materia bruta, come i minerali e le rocce. La materia vivente presa nella sua totalità era infatti un potente agente geobiochimico mediante il quale — ancora una volta — si aveva

<sup>16</sup> J. LIEBIG, *Novvelles lettres sur la chimie*, cit., p. 7.

<sup>17</sup> J. LIEBIG, *Lettres sur la chimie*, Paris, Fortin & Masson, Charpentier, 1845, p. 28.

<sup>18</sup> *Ivi*, p. 28.

<sup>19</sup> V.I. VERNADSKIJ, *La geochimie*, Paris, Alcan, 1924, pp. 54 segg.

un incessante processo circolare di composizioni e scomposizioni della materia, dall'ambiente bruto al vivente e viceversa:

La vita ingloba una parte considerevole degli atomi che formano la materia della superficie terrestre. Sotto la sua influenza, questi atomi si trovano in un movimento perpetuo ed intenso. Milioni di composti di questi atomi i più diversi sono incessantemente creati. Ora questo processo sussiste da miliardi di anni, a partire dall'era archeozoica fino ai nostri giorni, e resta inalterabile nei suoi tratti essenziali.<sup>20</sup>

Il vivente era in grado di accumulare riserve di energia «nobile» da spendere per i meccanismi di funzionamento della fisiologia del vivente, ma anche per la creazione di sostanze composte, chimicamente complesse, che venivano cedute all'ambiente inorganico. Era infatti il vivente a regolare l'uso e l'incidenza della energia solare sulla superficie terrestre, poiché per mezzo della sua diffusione la distribuiva su questa superficie in maniera più o meno omogenea. Grazie al vivente avveniva una trasformazione della energia radiante soprattutto in energia chimica, poi cinetica, elettrica, meccanica, ovvero, più in generale, in «energia attiva». E grazie alla infinità dei composti che esso produceva nei diversi organismi, e che depositava negli strati più profondi della crosta terrestre, l'energia radiante — così trasformata — poteva penetrare in questi strati, essere utilizzata sotto una nuova forma e liberata per dare luogo, ad esempio, ai combustibili ed ai carbonati. Lo stesso ambiente, quindi, fino a livelli relativamente profondi, veniva così arricchito di energia libera utilizzabile. Ma l'energia radiante, cosmica, non era la sola fonte di energia attiva sulla Terra. Esisteva infatti una «energia interiore della materia», molto abbondante e potente, cioè l'energia atomica che si manifestava in forma libera sottoforma di energia radioattiva, scoperta nel 1896 da A.H. Becquerel. Secondo Vernadskij, era questa ultima ad essere responsabile della produzione di energia nelle stelle o del cosiddetto «calore interno» del nostro pianeta di cui molti naturalisti, a partire da G.L. Leclerc de Buffon nel XVIII secolo, avevano ipotizzato l'esistenza a partire dalla ipotesi di un primitivo stato incandescente della Terra, che sarebbe diventata ciò che era al presente attraverso varie fasi di raffreddamento.

Ma i cicli vicissitudinari del vivente, anche in relazione alla materia bruta, erano parte di un complesso più ampio di processi, cioè i cicli *geobiochimici*, ai quali partecipavano in maniera differenziata tutti gli elementi della crosta terrestre. Fra questi un ruolo particolare veniva svolto dai cosiddetti «elementi organogeni» (C, H, N, O, P, Cl, S, Fe, Zn, Va, Mn, Si) i cicli dei quali facevano sì che essi ritornassero allo stato di combinazione iniziale dopo una serie di cambiamenti più o meno lunghi e complessi. Questi cicli, detti *reversibili*, erano i più diffusi e caratteristici fenomeni di combinazione materiale che avvenivano nella crosta terrestre. Un altro gruppo di elementi che partecipavano a processi

<sup>20</sup> VI. VERNADSKIJ, *La biosphère*, Paris, Alcan, 1929, p. 27.

di tipo ciclico era quello degli «elementi sparsi» (Li, Ru, Sc, Yz, Ce, Br, I) che si trovavano dispersi in tracce nella crosta terrestre, spesso allo stato di atomi liberi. Il loro ciclo consisteva in un incessante passaggio dallo stato libero a quello combinato, e viceversa. L'importanza di queste due classi di elementi derivava dal fatto che essi costituivano più del 99,7% della massa della crosta terrestre, ed i loro cicli erano regolari, eterni, perlomeno nell'ambito dei lunghissimi tempi geologici, cioè fino a quando era possibile, secondo Vernadskij, una analisi scientifica dei fenomeni chimici collegati alla crosta terrestre. Essi avvenivano all'interno degli involucri fondamentali nei quali questa poteva essere suddivisa — la biosfera, l'atmosfera, la idrosfera. Ciascuno di questi involucri poteva essere definito da una funzione termodinamica  $G$  detta «energia libera di Gibbs», dallo scienziato americano J.W. Gibbs che per primo negli anni 1876-1878 aveva svolto degli studi termodinamici sugli equilibri chimici delle sostanze eterogenee. Per Vernadskij, infatti, ogni involucro geobiochimico rappresentava un *campo termodinamico* di equilibri eterogenei, definito da un minimo della funzione di Gibbs. Dal punto di vista geobiochimico, infatti, tali involucri possedevano le seguenti proprietà: 1) gli elementi chimici erano in equilibrio stabile e differente per ciascuno degli involucri terrestri; 2) durante l'immensità dei tempi geologici essi passavano da un involucro all'altro; 3) in questi passaggi il loro equilibrio cambiava. Queste circolazioni incessanti degli elementi erano sempre le stesse, poiché soggiacevano alle leggi termodinamiche dei sistemi eterogenei definite da Gibbs, e si ripetevano costantemente nel tempo. Infatti, per Vernadskij,

la storia nella crosta terrestre della maggior parte degli elementi chimici... è caratterizzata da cicli chiusi. Questi cicli corrispondono ai cambiamenti di equilibrio degli elementi chimici nei differenti involucri durante un tempo geologico sufficientemente lungo.<sup>21</sup>

I cicli potevano essere distinti in primari e secondari, a seconda se si svolgevano attraverso più involucri termodinamici o in uno solo. I primi corrispondevano a processi più profondi ed importanti nella storia geobiochimica della natura; i secondi erano altrettanto importanti, ma più limitati. Gli agenti più attivi nella formazione dei cicli degli elementi erano l'acqua e la materia vivente. Era soprattutto attraverso quest'ultima che gran parte degli elementi chimici erano trasportati continuamente in un movimento eterno di circolazione attraverso l'insieme degli involucri terrestri. Il complesso di tali cicli reversibili costituiva l'equilibrio globale della natura, all'interno del quale la natura si discostava dal suo stato di equilibrio geobiochimico solo transitoriamente: questo, in effetti, poteva essere disturbato, modificato, solo dalla attività tecnica cosciente dell'uomo civilizzato; grazie cioè alla apparizione per via evolutiva di quell'involucro più

<sup>21</sup> V.I. VERNADSKIJ, *La geochimie*, cit., pp. 72-73.

recente, situato nei tempi storici dell'uomo, che Vernadkij definirà la «noosfera» sulla scia del filosofo e matematico bergsoniano Edouard Le Roy e del paleontologo e teologo gesuita Pierre Teilhard de Chardin che avevano seguito le lezioni del geobiochimico russo alla Sorbona nei primi anni venti del nostro secolo.

5. Come ho detto all'inizio, queste costruzioni teoriche di tipo ciclico hanno intersecato in maniera diversificata e complessa concezioni localmente o globalmente lineari. La natura o, più limitatamente, la Terra nel Sistema solare, infatti, sono state concepite 1) dotate di una storia lineare che riguardava solo il loro passato, poiché raggiunto il loro stato di equilibrio rimanevano dinamicamente identiche a se stesse, in un eterno presente in cui si aveva una continua ripetizione di eventi sempre identici, ed iscritti nell'ordine che era loro proprio. 2) dotate di una storia nella quale il presente era solo un punto intermedio fra un lontano passato (nel quale poteva anche essere concepito un momento «originario») ed un possibile (e prevedibile) futuro. 3) oppure con una storia nella quale la linearità non era altro che un breve tratto di una vicenda ciclica più complessiva. Non è qui possibile ricostruire dettagliatamente come queste intersezioni fra linearità e ciclicità si siano strutturate nel tempo storico della chimica, compresi gli autori qui citati: in conclusione si può solo dire che la ricorrente permanenza del problema nella chimica sta a significare che alcuni interrogativi di fondo che il pensiero occidentale si è posto sin dai suoi albori, hanno pienamente coinvolto anche questa scienza; e cioè quali sono i rapporti fra «essere» e «divenire», fra «individuale» e «universale», fra «molteplicità» e «unità». La chimica ha cercato di dare ad essi una risposta significativa a partire da un proprio ed originale (ma non adiabatico) punto di vista.

PAOLA CARUSI (\*)

## Filosofia alchemica e rappresentazione: il diagramma delle nature e la ruota della fortuna (\*\*)

Alchemical philosophy and representation: the diagram of natures and the wheel of fortune.

**Summary** - In the second *maqāla* of the work *Miftāḥ al-ḥikma* (*The key of wisdom*) traditionally attributed to the school of Balīnās (Apollonius of Tiana), there is a diagram that illustrates in philosophical terms the composition (in external and internal natures) of every material body and in consequence its possibilities for transformation. On being subjected to attentive examination, the diagram reveals itself as a clear philosophical exposition of what is perhaps the central core of all alchemical philosophy: the coincidence of opposites (*coincidentia oppositorum*).

The very close correlation between this diagram and other formulations, allegorical and iconographic, of the *coincidentia oppositorum* used in alchemical texts (in particular in texts that belong to the *corpus* attributed to Balīnās) perhaps permits one to express well-founded suppositions on the times and philosophical environments in which this correlation could be made and to formulate the hypothesis that the so-called philosophical texts of alchemy constitute the theoretical-intellectual substrate of which the allegorical texts and images provide different representations.

Il manoscritto Vat. Ar. 1485, miscellanea di alchimia e di medicina, non datata, ma attribuibile al XIV secolo, contiene, tra le carte 29r e 119r, un'opera di filosofia chimica dal titolo *Miftāḥ al-ḥikma*<sup>1</sup> (*La chiave della sapienza*), che,

(\*) Dipartimento di Chimica, Università degli Studi di Roma «La Sapienza».

(\*\*) Relazione presentata al V Convegno Nazionale di «Storia e Fondamenti della Chimica» (Perugia, 27-30 ottobre 1993).

<sup>1</sup> Da F. SEZGIN, *Geschichte des arabischen Schrifttums*, v. IV, Leiden 1971, p. 91 sg., e M. ULLMANN, *Die Natur- und Geisteswissenschaften im Islam* (Handbuch der Orientalistik, Ergänzungsband VI, 2 Abschnitt), Leiden-Köln 1972, p. 175, si ricava l'elenco dei testimoni attualmente noti di questa opera: Aya Sofya 2466; Aya Sofya 2678; Istanbul Un. Bibl. A 4145; Vat. Ar. 1485; Barb. Or. 92; Cairo VI, 105, *falsafa* 11 m; Cairo VI, 105, *falsafa* 12 m; Meibed. *ḥikma* 250; Teheran, coll. priv. Asadi. G. LEVI DELLA VIDA, *Elenco dei manoscritti arabi islamici della Biblioteca Vaticana*, Città del Vaticano 1935, p. 237, segnala Gotha 1295<sup>1</sup> ( frammento) e, in forma dubitativa, Hyderabad Aḥḥāfiya III, p. 594, n. 24<sup>m</sup>.

sulla base di quanto è esplicitamente dichiarato nella parte introduttiva, può essere attribuita ad un discepolo del filosofo Balinās (Apollonio di Tiana)<sup>2</sup>. Tale attribuzione, che non è rilevabile nel testo vaticano, irrimediabilmente danneggiato nelle prime tre carte (29v-31v), può agevolmente essere ottenuta da un altro testimone, il ms. Aya Sofya 2466, preziosissimo perché completo. L'antica data di acquisizione del testo vaticano, e l'alta considerazione in cui esso viene tenuto fino a epoca moderna, risultano chiaramente dalla storia della Biblioteca Apostolica Vaticana: l'opera risulta presente presso la Biblioteca, inserita in una miscellanea che non è quella attuale, già nel primo inventario «scientifico» dei manoscritti vaticani orientali<sup>3</sup>; nei primi anni del XVII secolo, essendo già

<sup>2</sup> I due manoscritti conservati al Cairo attribuiscono il *Miftāh* ad un allievo di Balinās, di nome Ibn Ba'arwān (nome sicuramente corrotto, v. P. KRAUS, *Jābir ibn Ḥayyān. Contribution à l'histoire des idées scientifiques dans l'Islām. Jābir et la science grecque*, Le Caire 1942, rist. Paris 1986, p. 299); analogamente, il ms. Aya Sofya 2678, in cui l'opera compare con il titolo *Miftāh al-ḥikma fī'l-ḥay'a*, scrive il nome dell'autore, allievo di Balinās, come Ibn B.ġ.zān. Non essendo il nome dell'autore esplicitamente citato nella parte introduttiva al testo, il *Miftāh* è stato più di una volta attribuito ad alchimisti famosi con cui non ha probabilmente nulla a che fare. Il copista del ms. Aya Sofya 2466, c. 1r, attribuisce l'opera a Ibn Umayl al-Tamīmī (X secolo). Il ms. Vat. Ar. 1485 presenta, alla carta 116v, aggiunto dalla mano di Federico Ranaġġi, impiegato e poi custode della Biblioteca Vaticana dal 1547 al 1590, il nome di un Abu Amet al Andelesi; questo nome, che in un inventario manoscritto dello stesso periodo (Archivi della Biblioteca Vaticana XV, f. 86r), diviene Abu Amhel al Endelesi, e nel ms. Barb. Oc. 92, copiato dal Vat. Ar. 1485, Abū Aġmaġ ibn 'Abbās al-Andalusī, indica forse Maslama Ibn Aġmaġ al-Maġrībī (XI secolo), noto astronomo spagnolo (*andalusī*) cui sono erroneamente attribuite opere di alchimia e di magia (Ps. Maġrībī, *Picatrix*). L'esistenza di una tradizione che attribuisce il *Miftāh* a Ibn Aġmaġ al-Maġrībī trova una testimonianza nel ms. Istanbul Un. Bib. A 4143: alla c. 76v, il copista rigetta esplicitamente l'attribuzione a Ibn Umayl, che dice di aver trovato nel manoscritto che ha copiato, e attribuisce l'opera all'autore spagnolo. All'origine delle false attribuzioni a Ibn Umayl (si veda anche H.E. STAPLETON, M. HĪDĀYAT HĪMAĪN, *Excursus ...*, in *Three Arabic treatises on Alchemy by Muḥammad bin Umayl (10th Century A.D.)* «Memoirs of the Asiatic Society of Bengal», XII, 1 (1933), p. 126) c'è con ogni probabilità un problema di omonimia: nel suo trattato *al-Mā' al-usraq wa al-arā' al-naġmīya* (ed. M. Turāb 'Alī in *Three Arabic ...*, v. *supra*), Ibn Umayl dichiara di avere composto un'opera intitolata *Miftāh al-ḥikma al-'aġmī*; ma, come risulta dall'esame di alcuni passi di questa opera citati nel *Mā' al-usraq* dello stesso Ibn Umayl e nel trattato *Nihāyat al-ṭalab* di al-Giddāġī (XIV secolo), questa opera non è sicuramente quella di cui ci occupiamo. Ingannati da un altro caso di omonimia, J. GILDENESTER, «Zeitschrift der Deutschen Morgenländischen Gesellschaft», 30 (1876), p. 538, e E.O. LIPPMANN, *Entstehung ...* Berlin 1919, pp. 408, 636, attribuiscono il *Miftāh* all'alchimista al-Ṭuġrā'ī (XI-XII secolo).

<sup>3</sup> G. LEVI DELLA VIDA, *Ricerche sulla formazione del più antico fondo dei manoscritti orientali della Biblioteca Vaticana*, Città del Vaticano 1939. L'inventario in questione, in cui compare per la prima volta una numerazione progressiva dei codici, una segnatura che permette di identificare i codici stessi senza possibilità di errore, viene composto, secondo L.d.V., tra il 1508 ed il 1513, da Fabio Vigile da Spoleto, e occupa oggi i codici Vat. Lat. 7134, 7135, 7136. Nel Vat. Lat. 7136, ff. 93v-96r, fra i codici racchiusi nelle casse della Biblioteca latina *secretioris*, a principio della quinta cassa, sono descritti 36 codici (in realtà sono di più) in varie

danneggiate le carte 29-31, le prime carte leggibili del *Miftāb* sono copiate in un altro manoscritto, l'attuale Barb. Or. 92, che reca alla carta 1r il sigillo di Federico Cesi, fondatore dell'Accademia dei Lincei.

Non meno interessanti della storia del manoscritto sono le storie del maestro dell'autore, e dell'opera. Balinās (Apollonio di Tiana), cui è attribuito tra l'altro il più noto *Kitāb sirr al-halīqa* (*Il segreto della creazione*) che contiene la *Tabula Smaragdina*<sup>4</sup>, è considerato un autentico punto di riferimento dagli alchimisti musulmani a partire da Ġābir ibn Ḥayyān ed è più volte ricordato nei repertori di lingua araba, dal *Fihrist* di Ibn al-Nadīm (X secolo)<sup>5</sup>, al *Kaif al-zunūn* di Ḥāǧǧī Ḥalīfa (m. 1657); in quest'ultimo è presente forse anche una citazione dell'opera<sup>6</sup>. Nel passaggio tra arabo e latino, il *Miftāb* non subisce variazioni nel titolo, che è *Clavis Sapientiae*, traduzione letterale del titolo arabo, o *Clavis Maioris Sapientiae*. Cambiamenti notevoli si osservano invece nel testo e nel nome dell'autore: il testo latino è molto più breve e più oscuro del testo arabo; l'autore è conosciuto con il nome di Artephtus<sup>7</sup>, citato da Guglielmo di

lingue orientali (ci sono anche sei codici greci). L'indice di questi codici si trova nel Vat. Lat. 7135, ff. 61-62; e oltre a questo indice, nello stesso manoscritto, ai ff. 46r-50r, si trova un indice speciale, in cui i codici orientali sono ripartiti per lingue e descritti senza indicazione di numero, ma con rimandi ai fogli dell'inventario. Il testo che ci interessa compare, nel Vat. Lat. 7136, al f. 95r, con la segnatura 326.

<sup>4</sup> PSEUDO-APOLLONIOS VON TYANA, *Buch über das Geheimnis der Schöpfung und die Darstellung der Natur* (*Buch der Ursachen*), edited by U. Weisner, Aleppo 1979, p. 524 sq.

<sup>5</sup> IBN AL-NADIM, *Kitāb al-Fihrist*, tr. ingl. a cura di B. Dodge, 2 voll., New York-London 1970, pp. 733, 849, 861.

<sup>6</sup> ḤĀǦǦĪ ḤALĪFA, *Kaif al-zunūn*, ed. G. Flügel, t. VI, London 1852, p. 12 sq. (la traduzione è mia): «*Miftāb al-hikma*, noto con il titolo di *Nazbat al-nuḥās*, del sapiente (e) filosofo Pitagora». P. KRAUS, *op. cit.*, p. 299, fa notare opportunamente che l'identificazione di questo *Miftāb* con l'opera citata da ḤāǦǦī Ḥalīfa non è sicura. Autentico *punctum dolens* nello studio del *Miftāb al-hikma* è l'assenza di citazioni dell'opera nei repertori di lingua araba fino alla metà del XVII secolo; fatto tanto più strano se si considera la mole dell'opera ed il ruolo giocato dalla filosofia in essa esposta nella storia dell'alchimia successiva. Due ipotesi mi sembra possano essere contemplate: o l'opera è citata nei repertori con un altro titolo ed attribuita ad altri autori, e quindi non è stata ancora identificata, o uno degli autori che hanno scritto un *Miftāb* (Ibn Umayl o al-Tujrī) ha composto due opere con lo stesso titolo.

<sup>7</sup> La prima menzione del nome Artephtus (Artesius) si trova in un manoscritto del XII secolo, Berlin 956, f. 21v (Rose II, iii, Berlin 1905, p. 1181), citato da L. Thorndike HMES II, New York 1923, p. 354. Mi sembra opportuno aggiungere qui qualche ulteriore notizia a quanto già riportato alla nota<sup>2</sup> sui numerosi problemi dell'attribuzione del *Miftāb*. Non è noto fino a questo momento, il perché l'autore del *Miftāb al-hikma* sia diventato in latino Artephtus; né Balinās né Ibn Baḥwān o simili, infatti, sembrano poter essere all'origine di questo nome. Alla ricerca di una qualche somiglianza con il nome latino, M. STINESCHIEDER, *Die europäischen Übersetzungen...*, II, Wien 1906, pp. 8-10, ritiene che Artephtus possa essere il greco Stephanos; H.D. AUSTIN, *Accredited citations in Ristoro d'Arezzo*, «Studi Medievali», IV (1913), pp. 335-382, e Artephtus-Orpheus, «Speculum», 12 (1937), pp. 251-254, ipotizza che questo nome stia per Orpheus (v. anche *infra*); G. LEVI DELLA VIDA, *Something more about Artephtus*

Auvergne nel *De Universo*<sup>8</sup>, da Ristoro d'Arezzo nella *Composizione del mondo*<sup>9</sup>, e da Ruggero Bacone in alcune sue opere, tra cui l'*Opus Majus*<sup>10</sup>. Tra XVII e XVIII secolo, a partire dal 1609<sup>11</sup>, l'opera conosce numerose edizioni e ristampe, ed occupa un ruolo di primo piano in un certo numero di miscellanee alchemiche<sup>12</sup>, dove compare accanto a nomi come Geber, pseudo-Sinesio, pseudo-Lullo, e ovviamente Ruggero Bacone. In una edizione datata 1660<sup>13</sup>, Alfonso X di Castiglia è indicato come il committente di una traduzione dell'opera.

*and his Clavis Sapientiae*, «Speculum», 13 (1938), pp. 80-85, non è convinto da questa ipotesi. Alcune riflessioni sul passo di R. Bacone (v. *infra*<sup>19</sup>), ed un controllo effettuato sulla *Vita di Apollonio di Tiana* di Filostrato (trad. it. a cura di D. Del Corno, Milano 1978), mi inducono a pensare che il nome Artepheus potrebbe anche essere una deformazione di Apollonius: come l'Artepheus descritto da Bacone, Apollonio, allo scopo di acquistare sapienza, visita molti paesi, tra cui l'India; incontra in India un re che si converte al suo insegnamento e gli offre da bere nella coppa di Tantalo; vive molte centinaia di anni reincarnandosi, secondo la dottrina pitagorica, in molti corpi diversi (in questo senso, mi sembra, si potrebbe anche interpretare l'espressione *baconiana per secretas experientias*).

<sup>8</sup> *Guilielmi Alverni... Opera Omnia*, tr. 2, *Parisiis* 1674, I: *De Universo*, II. iii. 20, p. 1057; II. iii. 23, p. 1064.

<sup>9</sup> RISTORO D'AREZZO, *La composizione del mondo* (1282), ed. a cura di E. Narducci, Roma 1859, p. 113: «E lo grande Artefio filosofo miracoloso, del quale è posto ch'egli intendea le voci degli uccelli e degli altri animali, lo quale istando nel bosco per istagione nelle grandi montagne, per dilecto sonando uno suo istromento, allo quale suono si raccogliarono li uccelli e li altri animali della contrada, secondo ch'è posto e noi avemo molte volte veduto dalli savi disegnatori disegnato: li quali animali gli andavano d'attorno allegrandosi, e quasi ballando e cantando, ciascheduno secondo lo suo verso. Lo quale filosofo nello 'ncominciamento della prima paravola del suo libro chiamò l'uomo mundus secundus; e chiamollo mondo secondo a comparazione del mondo primo; e li savi non l'facebbono chiamato mondo minore, s'egli non avesse similitudine col corpo del mondo...».

<sup>10</sup> R. BACON, *Opus Majus*, ed. J.H. Bridges, vv. 2, Oxford 1900, II, p. 209: «Artepheus, qui omnes regiones Orientis peragravit propter sapientiam inquirendam, Tantalum magistrum regis Indiae invenit in aureo Throno sedentem, de natura et motibus coelestibus docentem, cui Artepheio idem Tantalus humiliavit se in discipulum fertur in libro suae philosophiae vixisse multis annorum centenariis per secretas experientias verum». Una esposizione dettagliata di passi che fanno riferimento ad Artefio in opere antiche e dubbie di Ruggero Bacone, si trova in H.D. AUSTIN, *op. cit.*<sup>7</sup>.

<sup>11</sup> *Artefii clavis majoris sapientiae, nunc primam in lucem prodit, Parisiis* 1609.

<sup>12</sup> Si vedano ad esempio, le edizioni e ristampe citate da J. FERGUSON, *Bibliotheca Chémica*, vv. 2, London 1954, I, pp. 50-51.

<sup>13</sup> *Theatrum Chemicum*, L. Zetzner, vv. 4, *Argentorati* 1613, IV, pp. 221-240: *Clavis Maioris Sapientiae*. *Idem*, vv. 6, *Argentorati* 1659-61, IV, 1660, pp. 198-213: *Clavis Maioris Sapientiae*; V, pp. 766-786: *Sapientissimi arabum philosophi, Alphonso, Regis Castellae, etc., Liber Philosophiae occultioris...: Clavis Sapientiae*. Secondo H.D. AUSTIN, *Accredited...*, *op. cit.*<sup>7</sup>, p. 372, i due testi della *Clavis* contenuti nell'edizione 1659-61 del *Theatrum* non sarebbero entrambi traduzioni dall'arabo: quello che porta il titolo di *Clavis Maioris Sapientiae*, presente nel *Theatrum* già nell'edizione del 1613, sarebbe semplicemente un riassunto raffazzonato dell'altro.

Dall'esame dei contenuti del *Miftāh* e dalla conoscenza di molti successivi sviluppi nella storia dell'alchimia, è possibile forse comprendere quali siano i motivi della sua tanto grande e tanto costante fortuna: la descrizione del mondo che si trova espressa in questa opera rappresenta con ogni probabilità un nucleo primitivo della filosofia della natura utilizzata dagli alchimisti musulmani, un punto fermo, una rappresentazione della realtà cui gli alchimisti, prima musulmani e successivamente latini, consapevolmente o inconsapevolmente, fanno riferimento.

Il tema di cui mi interessa parlare in questa occasione è un argomento-cardine della filosofia del *Miftāh* e di tutta la filosofia alchemica della natura: l'ordinamento della realtà per coppie di opposti. Questo ordinamento, che in latino sarà spesso definito, con un termine piuttosto infelice, *coincidentia oppositorum*, viene in primo piano due volte nell'opera: la prima nella descrizione della creazione del mondo, e la seconda nell'esposizione dei modi in cui avvengono le trasformazioni del mondo sublunare.

I. Nella prima delle tre *maqālat* (*maqāla* = capitolo lungo) che compongono l'opera, è rappresentata la prima fase della creazione del mondo, dall'inizio alla formazione dei quattro elementi all'interno della sfera della Luna. A partire dalla prima parola di Dio, che è Luce, o una luce<sup>14</sup> (*nūr*), ha inizio la definizione di una lunga serie di coppie di opposti (forse meglio: qualità opposte), necessari per l'esistenza del mondo, poiché a nessuna sostanza — dice l'autore — può essere attribuita una qualità se di questa qualità non si conosce l'opposto<sup>15</sup>; dalla prima coppia di opposti, che è luce/tenebra, o, se si vuole, luminoso/oscuolo (la luce infatti può essere definita tale solo perché contemporaneamente al concetto di luce esiste nella mente di Dio il concetto di tenebra), si passa alla coppia calore/freddezza (la luce è calda, la tenebra è fredda), alla coppia movimento/quiete (la luce — dice l'autore letteralmente — è «dalla parte del» movimento), e successivamente ad altre coppie: alto/basso, sottile/denso, leggero/pesante. Attraverso una complicata serie di movimenti, o se si vuole, oscillazioni, delle coppie di opposti, su questo non mi soffermo, si definiscono

<sup>14</sup> I due manoscritti consultati finora non permettono di decidere su questo punto. Se si pensa (v. *infra*)<sup>16</sup>) al *fiat lux* della Genesi, «Luce» è la prima parola pronunciata da Dio; ma l'autore qui potrebbe anche voler dire che la parola di Dio è essa stessa una luce.

<sup>15</sup> «Il Creatore altissimo, quando volle creare ciò che creò, disse — eccelsa è la Sua maestà — senza dare definizione al discorso, né raffigurazione alla parola: "Io creo una creatura così". Si generò da quella parola una sola sostanza priva di qualità, né sottile né densa, né in quiete né in movimento, né calda né fredda, né umida né secca, né levigata né ruvida (nessuna cosa infatti può essere descritta da nessuna di queste e altre qualità, se non si pone quella cosa in relazione con ciò che è diverso dal suo genere); ma tutte le qualità delle nature, le forme dei corpi, le sostanze semplici e composte e gli accidenti che trasformavano e si trasformavano si trovavano in potenza in quella sostanza» (ms. Vat. Ar. 1485, cc. 41r-41v).

(si fissano), stratificate l'una sull'altra, cinque nature, che, dice l'autore — «sono contigue come numero a numero». Esse sono, a partire dall'alto: calore e secchezza, calore e umidità, umidità (natura equilibrata), freddezza e umidità e freddezza e secchezza.

Non entro nei particolari per ciò che riguarda il successivo comporsi del mondo a partire da questo momento: mi limito a mostrare una figura (fig. 1) da me costruita sulla base del testo<sup>16</sup>, che illustra i successivi passaggi della creazione. Formate le prime quattro sfere, l'una interna all'altra, della Luce, dell'Intelletto, dell'Anima e dello Spirito, il movimento per così dire in discesa, procedente per coppie di opposti, continua all'interno della sfera dello Spirito, con la formazione dei corpi e delle sfere dei pianeti; all'interno della sfera della Luna, per una interazione prima tra le nature e poi tra le nature e gli elementi via via formati, si producono in seguito, l'uno dopo l'altro, il fuoco, l'aria, l'acqua e la terra.

Con la stratificazione dei quattro elementi all'interno della sfera della Luna, si conclude il processo per così dire discendente della creazione del mondo, e con esso la prima *maqāla*. È possibile a questo punto enunciare le quattro leggi fondamentali che regolano il macrocosmo e le sue trasformazioni e definiscono il contesto cui sono indissolubilmente legati gli opposti:

- esiste una infinita serie di opposti (qualità opposte), che si trovano tra loro in opposizione dialettica: quando una qualità raggiunge il suo limite massimo, si estingue, ed è massimo il suo opposto;
- le infinite coppie di opposti si risolvono in una unità superiore a tutti gli opposti, Dio stesso, o la Sua parola<sup>17</sup>;
- se avviene una trasformazione, essa deve avvenire per gradi contigui;
- la trasformazione tra due gradi contigui definisce in ogni caso un grado intermedio, con la composizione di uno schema triadico.

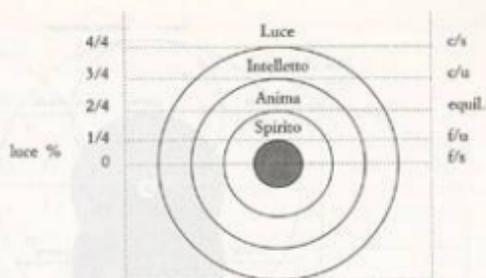
II. Nella parte iniziale della prima *maqāla*, e nella seconda *maqāla*, il tema della coincidenza degli opposti si ritrova applicato alle trasformazioni del mondo sublunare. All'interno della sfera della Luna, in un triplice processo di discesa e di risalita, si formano i tre stati dell'essere: minerale, vegetale, animale, ognuno dei quali è ulteriormente suddiviso in tre gradi: corpo, spirito e anima (fig. 2).

In una assoluta corrispondenza tra mondo superiore, mondo intermedio e mondo inferiore, anche per quanto riguarda il mondo sublunare valgono, opportunamente adattate alla situazione, le leggi fondamentali in precedenza fissate:

- esiste una unità che comprende una serie infinita di opposti: è la sostanza che costituisce il corpo, qualsiasi corpo (minerale, vegetale, animale);

<sup>16</sup> Date le numerose difficoltà che comporta l'interpretazione del testo, tutte le figure di questo lavoro devono essere considerate assolutamente provvisorie.

<sup>17</sup> Mi sembra molto probabile che *kalima* (parola), sia qui una traduzione letterale del greco *logos*. Dell'equivalenza *kalima/logos* parla anche P. KRAUS, *op. cit.*, p. 273.



corpo	sfera	Costellazioni
f/s	c/u	Saturno
f/u	c/s	Giove
c/s (c/u?)	f/s	Marte
c/s	c/s	Sole
c/u	f/s	Venere
equilibrio	equilibrio	Mercurio
f/u	c/s	Luna
f/s		

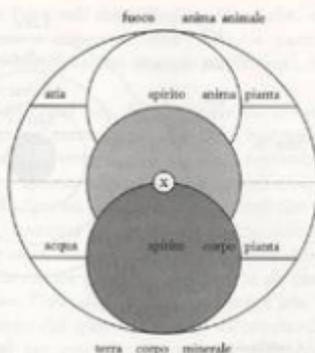


c = caldo  
f = freddo  
s = secco  
u = umido

corpo	sfera	
f/u	c/s	fuoco
c/u		aria
f/u		acqua
f/s		terra



Fig. 1



N.B.: nel punto x, non rappresentati in figura per problemi tecnici, sono presenti: anima del minerale, spirito della pianta e corpo dell'animale

Fig. 2.

— esistono coppie di qualità opposte in opposizione dialettica: ogni corpo dice il testo - ha due composizioni, una esteriore e una interiore, cioè una manifesta e una occulta, tra loro complementari;

— ogni trasformazione deve avvenire per gradi contigui; non è possibile ad esempio operare un passaggio dal secondo grado della natura della freddezza e della secchezza (la natura della terra) al primo grado della natura della freddezza e dell'umidità (la natura dell'acqua) senza prima passare attraverso il primo grado della natura della freddezza e della secchezza;

— ogni trasformazione si muove per schemi triadici, da due diversi punti di vista: nella purificazione, cioè nella trasformazione di un essere meno perfetto in un essere più perfetto, e nel mescolamento di due esseri. Purificazione, o perfezionamento, nel mondo sublnare significa percorrere, ascendendo per gradi congiunti, il tre volte triplice cammino che va dal corpo del minerale all'anima dell'animale, cioè dal punto più basso al punto più alto del mondo sublnare; il mescolamento vero di due esseri [mescolamento «totale» (*kullit*)], si avrà solo con il triplice mescolamento dei corpi, degli spiriti e delle anime, cioè dei tre piani degli esseri che si congiungono.

I primi tre punti citati sono molto ben visibili nel diagramma delle nature, diagramma che ho ricostruito dal testo del Vat. Ar. 1485, e ho successivamente trovato, esplicitamente citato, nel manoscritto Aya Sofya 2466 (fig. 3).

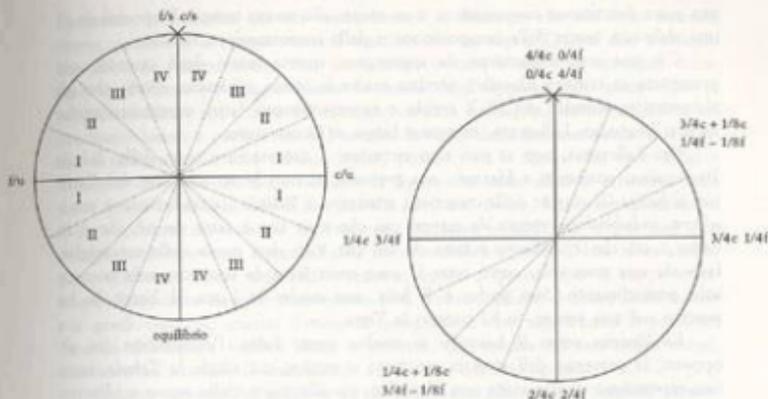


Fig. 3.

La totalità delle nature è rappresentata, come si vede, dal cerchio; il loro fluire ininterrotto per gradi contigui si manifesta come un movimento a bilanciere, verso destra e verso sinistra, tra i due opposti caldo/secco e freddo/secco non congiunti, in alto, e la natura equilibrata (o dell'umidità) prodotta dalla loro congiunzione in parti uguali, in basso.

Ogni coppia di punti opposti della circonferenza rappresenta le due composizioni esteriore ed interiore del corpo: poniamo che un corpo abbia una composizione manifesta pari al III grado della natura del calore e della secchezza; la sua composizione occulta è fissata al terzo grado della natura della freddezza e dell'umidità. Interiormente ed esteriormente sono sempre presenti le due nature opposte (complementari).

Ogni trasformazione del corpo è rappresentata dalla rotazione del diametro del cerchio che ne indica le composizioni manifesta ed occulta: ad ogni aggiunta o sottrazione di calore o di freddezza, le estremità del diametro percorrono la circonferenza; il diametro verticale, o linea dell'equilibrio, rappresenta la composizione equilibrata, e descrive la situazione di un corpo che ha la stessa e identica composizione manifesta ed occulta.

Quanto esposto finora è la teoria della *coincidentia oppositorum* così come è rappresentata nell'esposizione filosofica del *Miftah*, e per chi conosce appena un poco di alchimia, non ci dovrebbe essere bisogno di sottolineare che il discorso chimico non è limitato alla seconda *maqala*: tutto ciò che nell'opera sembra essere

una pura descrizione cosmogonica, è in realtà, allo stesso tempo, l'esposizione di una elaborata teoria della composizione e della trasformazione chimica.

C'è una cosa importante da aggiungere: questa teoria degli opposti, qui presentata in termini filosofici, sembra essere la stessa e identica teoria che gli alchimisti musulmani del IX-X secolo e successivamente latini esprimono anche in altri linguaggi: l'allegoria, in primo luogo, e l'iconografia.

Per l'allegoria, non si può non ricordare il famosissimo testo della *Tabula Smaragdina*, attribuito a Hermes, ma presente, si noti bene, alla fine del *Kitāb sirr al-halīqa (Il segreto della creazione)* attribuito a Balīnās [la traduzione è mia]: «Vero, indubitabile, esente da errore: ciò che è in alto è fatto da ciò che è in basso e ciò che è in basso è fatto da ciò che è in alto; opera delle meraviglie, fatta da una cosa sola, come tutte le cose sono fatte da una cosa sola con un solo procedimento. Suo padre è il Sole, sua madre la Luna, il Vento lo ha portato nel suo ventre, lo ha nutrito la Terra ...».

La discesa verso il basso e la risalita verso l'alto, l'oscillazione tra gli opposti, la presenza dell'unità in cui tutto si risolve, cui allude la *Tabula*, sono una esposizione questa volta non filosofica, ma allegorica, dello stesso e identico processo cosmogonico presente nella prima *maqāla* del *Miftāh*.

Quanto all'iconografia, si potrà ricordare l'*ouroboros*, nella sua forma semplice (il serpente che si morde la coda), e nella sua forma doppia (i due uccelli ognuno dei quali ha la testa alla coda dell'altro). La somiglianza tra il circolo delle nature del *Miftāh* e l'*ouroboros* nella sua forma semplice è tale che non sembra richiedere ulteriori commenti; si può al massimo sottolineare che, se circolo e serpente sono in relazione, il serpente non divora la sua coda, come in genere si dice, ma si limita a mostrare l'identità della sua testa e della sua coda, la complementarità/opposizione delle due opposte nature. Su altri particolari del circolo delle nature richiama l'attenzione l'immagine dei due uccelli: dove i due sessi diversi degli uccelli (che sono un maschio e una femmina) e la congiunzione delle teste e delle code nei due punti opposti stanno a indicare i quattro punti cardinali del diagramma delle nature, e le due coppie di opposti, complementari tra loro, le due composizioni esterna e interna del corpo. A indicare la rotazione del diagramma, cioè l'impossibilità di fissare le coppie, sta un particolare, talvolta trascurato, su cui richiama molto opportunamente l'attenzione Ibn Umayl al-Tamīmī nel suo *al-Mā' al-waraqī*<sup>18</sup>: dei due uccelli, il maschio non ha le ali e la femmina ha le ali. Ciò significa, nel linguaggio del *Miftāh*, che il maschio che sta sopra (luminoso, rarefatto, attivo) è al tempo stesso, perché si

<sup>18</sup> IBN UMYYL AL-TAMĪMĪ, op. cit., p. 24 (la traduzione è mia): «... il maschio è quello che non ha ali, quello che sta sopra la femmina; la femmina ha le ali. Per questo hanno detto: "ponete la femmina sopra il maschio, finché il maschio salga sopra la femmina...". Come si vede, ricostruire il senso di questo difficile passo di Ibn Umayl è pressoché impossibile senza l'aiuto dell'autore del *Miftāh*.

trasforma, la femmina che sta sotto, mentre la femmina che sta sotto (oscura, densa, passiva) è al tempo stesso il maschio che sta sopra. Queste due immagini che abbiamo ora esaminato, non sono, come è noto, le sole due immagini utilizzate in alchimia per rappresentare la teoria degli opposti. Allo stesso tipo di rappresentazione appartiene ad esempio un'altra immagine, molto utilizzata nel Medioevo latino a partire dal XII secolo, la ruota della fortuna; anche qui il re, che è raffigurato in alto sul suo trono, porta in sé la figura che cade all'altra estremità del diametro della ruota, e la figura che cade all'altra estremità della ruota porta in sé il re con il suo trionfo ed il suo trono. Altre rappresentazioni della cosiddetta *coincidentia oppositorum*, frequenti in alchimia, e per così dire di tipo «statico» (non legate all'idea della rotazione), come il ben noto androgino, sembrano essere solo indirettamente legate a questo tipo di rappresentazione: il concetto da esse comunicato non è tanto, infatti, il fluire delle nature per gradi contigui, quanto il singolo fotogramma che rappresenta il prodotto centrale dell'Opera: l'essere ideale e perfetto, che mostra nel suo stesso corpo, manifesto ed occulto, la coincidenza equilibrata dei due opposti.

Quanto esposto fin qui è la teoria della coincidenza degli opposti presentata dal *Miftāh*, teoria ben nota a un buon numero di alchimisti musulmani e latini tra X e XIII secolo; facciamo ora alcune considerazioni, che dovranno essere valutate per ciò che sono, una opinione maturata in questo stadio della ricerca, suscettibile ancora di revisione e di approfondimento.

Sembra sempre più probabile che l'alchimia arabo-islamica, a partire dal IX-X secolo, e successivamente la posteriore alchimia latina, adottino e sviluppino un'unica e ben determinata filosofia della natura, substrato di tutte le diverse forme in cui il pensiero alchemico si esprime: l'argomentazione filosofica, l'immagine, il testo allegorico, sembrano sottintendere una sorta di pensiero comune, che può essere comunicato in tutti i modi possibili, rimanendo sempre identico a se stesso. La difficile posizione in cui l'alchimia viene a trovarsi, forse unica tra tutte le discipline, già a partire dall'XI secolo nell'Islām, non dipende probabilmente dal suo essere un coacervo confuso di idee mal collegate, cosa che molti continuano ancora a pensare che essa sia, ma dal fatto che la filosofia che essa adotta è una filosofia in crisi, sottoposta agli assalti di un pensiero vincente che non è il suo.<sup>19</sup>

Molto più difficile, e forse impossibile, è individuare questa filosofia, che non è certamente di origine islamica. Le cosiddette evidenze esterne, le più

<sup>19</sup> Si tratta del pensiero di Aristotele, vincente, dopo un periodo di discussione e di assentamento, sia nel mondo islamico che nell'Occidente latino. S. COLSON-BOER, *Le code alchimique dévoilé. Distillateurs, alchimistes et symbolistes*, Paris 1989, in particolare p. 7; P. CARO, *I filosofi con le mani sporche, ovvero comunità chimica, società e storia nell'Islām del X-XI secolo*, in *Le Comunità Scientifiche tra storia e sociologia della scienza*, a cura di G. Battimelli, E. Gagliasso, «Quaderni della Rivista di Storia della Scienza», n. 2 (1992), pp. 177-188.

sicure e affidabili, non portano in questo caso molto lontano: i manoscritti, sia arabi che latini, sono piuttosto tardi e non vanno, per quello che attualmente mi consta, oltre il XIV secolo; lo stile del testo arabo, a detta di Kraus, non dovrebbe essere anteriore al X<sup>20</sup>. Qui, intorno al X secolo, le tracce dell'opera irrimediabilmente si perdono: e non è dato sapere se in questo periodo essa compaia come opera scritta direttamente in lingua araba da un musulmano, o come una traduzione in lingua araba di un'opera precedentemente scritta in un'altra lingua<sup>21</sup>, eventualmente il greco, il copto, o il siriano.

Costretti dalle circostanze a lavorare sulle evidenze interne, ci si accorge immediatamente che è molto più semplice seguire la cosiddetta via negativa, individuare cioè in primo luogo tutto ciò che il dualismo del *Miftāh* sicuramente non è.

Il dualismo del *Miftāh* non è un dualismo religioso, di tipo gnostico, o manicheo o zoroastriano: l'idea di due principi separati, uguali e contrari, uno buono e uno cattivo, l'idea di un mondo creato dal Male e salvato dal Bene, l'idea della caduta dell'uomo nel peccato e la necessità di una riabilitazione, la proliferazione di un gran numero di entità (coni) in un cosmo demonizzato, e così via, non appartengono in alcun modo all'alchimia del *Miftāh*. Neppure, mi sembra chiaro, le infinite coppie di qualità opposte che esso propone trovano la loro risoluzione in una divinità personale di tipo semitico: se si escludono infatti

<sup>20</sup> P. KRAUS, *op. cit.*, p. 300: «Si la terminologie du *k. sirr al-baligh* porte bien la marque du début du troisième siècle de l'Hégire, le *k. miftāh al-fikma* avec ses néologismes, sa prose cadencée et ses figures de rhétorique, nous semble être le produit du quatrième siècle et même être postérieur à l'écrit de Balnās visé par Jābir...».

<sup>21</sup> Segnalando la presenza di una citazione coranica (v. *infra*<sup>22</sup>) nella prima *maqāla*, G. LEVI DELLA VIDA, *op. cit.*, pp. 83-84, esprime l'opinione che il *Miftāh* sia un'opera scritta originariamente in arabo da un autore musulmano; P. KRAUS, *op. cit.*, p. 273 e altrove, sottolinea l'origine non islamica del nucleo concettuale del *Miftāh*: la citazione apparentemente proveniente da *Cor.* 36, 82 sarebbe a suo parere una semplice islamizzazione del *fiat* della *Genesis*, e il *Miftāh* una probabile traduzione dal siriano. Le due ipotesi, evidentemente, non si escludono l'una con l'altra: il testo arabo del *Miftāh* potrebbe essere nato dall'incontro di un testo preislamico, greco o siriano, o forse anche copto, che si prestava, senza molte locature, ad una introduzione in ambienti islamici, con un traduttore-autore musulmano in grado di dare inizio all'islamizzazione dei concetti. La presenza di numerosi tratti islamici in testi alchemici arabi del IX-X secolo, non è a mio parere indizio di una origine islamica dell'alchimia di lingua araba, ma di una accurata rielaborazione islamica di materiali precedenti, effemata, nei primi secoli dell'Egira, in ambienti talvolta eterodossi. Come un tentativo di islamizzazione dei contenuti alchemici del testo, mi sembra possa essere considerata anche una seconda citazione coranica, tratta questa volta dalla *sūra del Ferro*, presente all'inizio del *Miftāh* e ripetuta all'inizio di ogni *maqāla*. Date le differenze esistenti, per quanto riguarda gli *incipit*, tra testo arabo e testi latini, è forse legittimo domandarsi se dietro la lode a *Deus inspector omnium*, posta all'inizio del testo latino dell'opera, non si nasconda una lode a *Zeus Hesperus*: presente in un ipotetico testo greco, ripresa dal traduttore latino, e sostituita dal traduttore arabo con una citazione coranica.

l'introduzione e la chiusa di ogni *maqāla* che rappresentano, con le loro lodi a Dio, una islamizzazione che potrebbe anche essere un adattamento del traduttore o del copista, gli unici accenni ad una tradizione islamica sono due citazioni coraniche<sup>22</sup> ed i passi che si riferiscono agli angeli, ai *jinn* e al peccato di Adamo, ricondotti comunque dall'autore ad una disquisizione di carattere scientifico. Adamo, ad esempio, sarebbe caduto dal Paradiso terrestre perché appesantito dal pesantissimo frutto proibito, fatto della parte più pesante della terra. Sotto le stratificazioni e le infarinature di vario tipo che le possono essere attribuite, la religione del *Miftāh* si rivela chiaramente nella terza *maqāla* dell'opera: una religione astrale, in cui pratiche ascetiche, fabbricazione di oggetti magici e fumigazioni sono destinate a provocare l'assimilazione dell'adepto alle anime dei pianeti e la sua congiunzione con esse.

Accettata l'idea che il dualismo del *Miftāh* non sia un dualismo di carattere religioso, rimane che si tratti di un dualismo di carattere filosofico: e qui occorre fare subito una precisazione. Questo dualismo non presenta alcun tipo di coloriture etiche, non è interessato al perfezionamento morale dell'anima umana (il pensiero corre evidentemente a Plotino (m. 270 A.D.), con le sue luce-tenebra intimamente legate al cammino dell'anima): è un dualismo in primo luogo fisico, legato ad una descrizione della formazione e della conservazione del mondo materiale, presumibilmente anteriore, a mio parere, nel suo nocciolo più interno, a Plotino e alla sua scuola.

Se si tiene conto della tradizione degli stessi alchimisti, l'attribuzione dell'opera ad un discepolo di Apollonio di Tiana ci rimanda al I-II secolo della nostra era, ad ambienti neopitagorici fioriti soprattutto in Oriente, in un'area che va dall'Egitto (Alessandria in particolare) alla Cappadocia (Tiana), passando attraverso la Siria e l'odierno Libano; su questa base, e sulla base dei molti elementi di carattere pitagorico indubbiamente presenti in questa opera, che abbiamo in parte enunciato, si potrebbe accettare l'idea che la filosofia alchemica che costituisce la tessitura del *Miftāh*, sia, come vuole la tradizione, una filosofia vicina a circoli neopitagorici del I-II secolo A.D.<sup>23</sup>

<sup>22</sup> Da quanto ho potuto constatare finora, nel testo del *Miftāh* sono presenti due citazioni coraniche: la prima, che si trova all'inizio di ogni *maqāla* e si adatta mirabilmente al contenuto dell'opera, è *Cor. 57 (Sura del Ferro)*, 3: «Egli è il Primo e l'Ultimo, il Visibile e l'Occulto, ed è Onnipotente»; la seconda, che si trova alla c. 35i, ed è ricordata anche da G. LEVI DELLA VIDA, *op. cit.*, è *Cor. 36 (Sura Ya-Sin)*, 82: «Il suo comando, quando vuole qualche cosa, è solo di dire ad essa: "sì" ed essa è» (*Il Corano*, tr. it. a cura di L. Bonelli, Milano 1976).

<sup>23</sup> A sostegno di questa datazione, si può osservare anche che la cosmogonia del *Miftāh* ha molti punti in comune con alcune cosmogonie sviluppate, nelle regioni indicate e proprio tra I e II secolo A.D., in ambienti ebraici e cristiani, e dai Padri della Chiesa in particolare: la creazione dal nulla, l'intenzione divina di procedere alla creazione, il *Logos* divino che rappresenta il momento dell'inizio dell'attività creatrice di Dio, la separazione dei due opposti luce-tenebra etc. sono concetti ricorrenti in queste cosmogonie. La considerazione goduta dal

Alcuni particolari di non secondaria importanza pongono però interrogativi che sollecitano ulteriori ricerche anche di carattere interdisciplinare.

L'ordine in cui si succedono i pianeti nel *Miftâh*, è l'ordine tradizionalmente detto «caldeo» o «ciceroniano»<sup>24</sup> (il sole al centro, in posizione particolarmente dignificata, con tre pianeti per ogni lato), basato su calcoli astronomici, attribuito da Macrobio<sup>25</sup> già ad Archimede, e da Teone di Smirne<sup>26</sup> ad «alcuni pitagorici»; comunemente adottato dagli astrologi e dagli astronomi greci a partire da Ipparco (II secolo a.C.). Problemi suscitati: tale ordine non è quello adottato dai filosofi del V e IV secolo, ed è diverso, in particolare, da quello presentato da Platone nel *Timeo*<sup>27</sup>. La mediazione platonica delle idee pitagoriche frequentemente proposta dagli studiosi per ciò che riguarda la cosmogonia alchemica deve forse essere riconsiderata, e ridimensionata, almeno per quanto riguarda il *Miftâh*. Tutta da discutere sembra anche l'ipotesi che questo testo abbia qualcosa a che fare con il *Corpus Hermeticum*<sup>28</sup>, che presenta lo stesso ordine di pianeti, ma inserito in un processo di psicanodia (ascensione dell'anima attraverso le sfere) e in un quadro di demonizzazione del cosmo, assolutamente assenti nell'opera araba.

Altri aspetti devono poi essere presi in considerazione; tra questi, l'estrema geometizzazione del numero, la tripartizione dell'essere, che dopo quanto sopra accennato potrebbe anche non essere di origine platonica, il modo di porre la mobilità degli opposti, risolvendosi in una unità, all'interno di un processo di discesa e di risalita, che comincia e finisce nel fuoco<sup>29</sup>...

*Miftâh* in ambienti cristiani d'Egitto è testimoniata dalla storia del manoscritto vaticano: il suo copista ed un suo possessore sono copti, ed in lingua copta è la numerazione antica delle carte.

<sup>24</sup> Ps. BIDA, *De mundi coelestis terrestrius constitutione*, in J.P. Migne, «Patrol. lat.», 90, pp. 882-910. Per Cicerone, il riferimento è al *sonnium Scipionis*, in *De re publica* VI, 9 agg.; l'ordine dei pianeti è citato in VI, 17. Di cosmologie antiche e medioevali tratta diffusamente, tra gli altri, I. COULIANO, *Esperienze dell'estasi dall'Ellenismo al Medioevo*, Roma-Bari 1986; si veda in particolare il capitolo VII.

<sup>25</sup> MACROBIUS, *Commentarii in Somnium Scipionis*, ed. I. Willis, Leipzig 1970, I, 19,1 agg.

<sup>26</sup> *Theonis Smyrnaei Expositio rerum mathematicarum ad legendum Platonem utilium*, ed. E. Hiller, Leipzig 1878, pp. 138-142; cfr. CECILIO, *op. cit.*<sup>24</sup>. Teone non accenna solo all'ordine pitagorico dei pianeti, ma anche all'armonia generata dal movimento delle sfere.

<sup>27</sup> *Tom.* 38c-e.

<sup>28</sup> *Potamides* 25: i pianeti, che non sono ricordati con i loro nomi, sono riconoscibili dalla menzione dei diversi vizi, ad essi associati, che l'anima abbandona nella sua ascensione verso Dio. Altre discordanze tra *Corpus Hermeticum* e *Miftâh*: la materia è creata in *Atclepus* 15 e creata dal nulla nel *Miftâh*; la discesa sulla terra degli dei celesti è negata in *Corpus Hermeticum* X, 25, e affermata nel *Miftâh*. La questione è tuttavia ben lungi dall'essere risolta: in C.H. XII, 13, ad esempio, si trova un ordinamento di carattere cosmologico che ricorda molto quello del *Miftâh*: Dio (Luce?), Intelletto, Anima, Aria (*âir* = *râh* = Spirito?), Materia (Sfera della Luna?).

<sup>29</sup> Non voglio qui affrontare la dibattuta questione di una eventuale partecipazione stoica o neoplatonica allo sviluppo, o alla trasmissione, della filosofia alchemica. La mia opinione attuale è che alcune scuole filosofiche di età ellenistica (in particolare stoici e neoplatonici), e

Tutto questo suscita inevitabilmente, anche alle orecchie di chi non vuole ascoltare, echi di qualcosa che è molto lontano. Un interrogativo temerario, sempre attuale per lo studioso di chimica premoderna, e in particolare per lo studioso di alchimia islamica, si ripropone ancora una volta: quanta filosofia ionica<sup>30</sup> e pitagorica del VI-V secolo a.C., quanta letteratura religiosa e mistica<sup>31</sup> dei Greci sopravvivono nella filosofia della natura accettata dai primi alchimisti musulmani, e attraverso quali vie sono giunte al misterioso autore del *Miftāh*? La ricerca continua.

prima di queste, in parte, lo stesso Platone, abbiano trasmesso e rielaborato un nucleo di pensiero più antico, già da lungo tempo adottato dai «chimici» (v. *infra*)<sup>31</sup>.

<sup>30</sup> Del fatto che Eraclito è molto presente presso ambienti cristiani ancora nel III secolo A.D., fornisce buona testimonianza Ippolito, che nei suoi *Philosophoumena* contesta vivacemente l'eresia noeziana tacciando Noeto di eraclitismo. Opinione comune degli studiosi è che Ippolito sia molto bene informato su Eraclito e che, mentre scrive, abbia davanti agli occhi la sua opera sulla natura, oggi perduta.

<sup>31</sup> Alcuni tratti della filosofia «orfica» della natura possono forse essere rintracciati nei testi filosofici dell'alchimia islamica, in particolare nel *Miftāh*: alludo, per fare un esempio, alla tripartizione orfica della materia, ricordata da OLGARDOPORO, *In Plat. I. Alcibiad.*, 19 (ed. L.G. Westerink, Amsterdam 1956, p. 15) (Kern 353); e alla cosmologia orfico-pitagorica citata da PROCLUSO, *In Plat. Tim.*, comm. a *Tim.* 32b (ed. E. Diehl, vv. 3, Lipsiae 1903-1906, II, 1904, p. 48) (Kern 81). Per l'ipotesi di una presenza di temi orfici in testi alchemici allegorici, mi permetto di rinviare ad un mio precedente lavoro, che deve essere considerato soprattutto uno studio preliminare: P. CARUSI, *L'allegoria chimica e il mito di Orfeo: una proposta per lo studio dell'alchimia arabo-islamica in Scritti di Storia della Scienza in onore di Giovanni Battista Marinetti-Bettolo nel 75 compleanno*, «Rendiconti Accademia Nazionale delle Scienze detta dei XL», serie 3, vol. XIV (1990), pp. 15-35. La presenza contemporanea di elementi eraclitei, pitagorici, orfici ed eventualmente dionisiaci, nei testi alchemici filosofici ed allegorici di lingua araba, potrebbe forse, se dimostrata, fissare, come momento importante per la storia del pensiero alchemico, a monte dell'ormai conclamata epoca ellenistica, il VI-V secolo a.C.; periodo in cui è all'opera, in una vasta area non solo mediterranea, un ambiente culturale che vede la contemporanea e interattiva presenza di queste quattro componenti (si veda a questo proposito M.L. WEST, *The Orphics of Olbia*, «Zeitschrift für Papyrologie und Epigraphik», 45 (1982), pp. 17-29).

FERDINANDO ABBRI (\*)

## «Antichità» e «novità» del sapere chimico nel tardo Seicento (\*\*)

«Antiquity» and «novelty» of the chemical knowledge in late seventeenth century.

**Summary** - The origins of modern chemistry is a much debated topic. The historiography of science has not duly considered the historical conceptions supported by the main protagonists of the birth of chemistry as a specific scientific discipline.

In late seventeenth century many debates on the origins and features of chemistry took place. This paper considers the contrasting conceptions of «hermeticists» and «moderns», focusing on J.J. Becher's, O. Borch's, A. Kircher's and M. Poli's chemical works.

Late seventeenth century debates on the origins of chemistry involved the images of such a science and problems of philosophy of history.

1. In non pochi testi di «filosofia naturale» del secolo XVII<sup>o</sup> è possibile rintracciare formulazioni efficaci dell'importanza del sapere «chimico» come strumento di conoscenza e di progresso per l'umanità. È noto che tra la fine del Seicento e gli inizi del Settecento la «chimica», che si era mossa sino ad allora ai margini della scienza, trovò, in alcuni contesti politici, una sanzione, un riconoscimento «ufficiale» e istituzionale.<sup>1</sup>

In qualche caso, si è parlato di una vera e propria affermazione della chimica come disciplina stabilita che avrebbe conosciuto, nel corso del Settecento, modificazioni essenziali solo in alcuni suoi settori specifici, conservando quindi una sostanziale identità disciplinare.<sup>2</sup>

Un approccio storico di questo tipo rischia tuttavia di mettere tra parentesi tutta una serie di temi che costituivano aspetti essenziali del modo di essere

(\*) Dipartimento di Studi Storico-Sociali e Filosofici, Università di Siena.

(\*\*) Relazione presentata al V Convegno Nazionale di «Storia e Fondamenti della Chimica» (Perugia, 27-30 ottobre 1993).

<sup>1</sup> R.P. MULLHAUF, *The Origins of Chemistry*, London 1966, pp. 257-273.

<sup>2</sup> F.L. HOLMES, *Eighteenth-century Chemistry as an Investigative Enterprise*, Berkeley 1989.

della chimica nell'Età dei Lumi. La scomparsa di alcune problematiche dal campo che è oggetto del discorso chimico è un risultato storico che è strettamente connesso ai processi di definizione di quel campo stesso. Non si tratta di privilegiare un approccio storiografico più o meno filosofico o più o meno scientifico ma di prendere atto che nella prima Età moderna la chimica era un territorio nel quale erano compresi idee, argomenti, temi che appartengono oggi a domini differenti o che sono soltanto fossili intellettuali.

È noto che la redazione di una storia della chimica comporta problemi metodologici e ermeneutici scabrosi e prese di posizione del tutto inconciliabili. Mi è capitato di leggere ricostruzioni nelle quali l'alchimia medievale viene caratterizzata come protochimica, come un prologo, in verità di wagneriana lunghezza, che ha conosciuto una «trasmutazione», per effetto realmente magico, nella chimica durante il Rinascimento.<sup>3</sup> Le trattazioni storiche hanno l'andamento di una successione di scene drammatiche legate dal leitmotiv dell'uscita dalla oscurità verso la luce, cioè di una rigenerazione da un passato torbido. Una visione positivista o wagneriana dell'andamento storico della chimica deve mettere da parte gli aspetti troppo eterodossi di questa disciplina e finisce per sminuirne la ricchezza teorica allorché si segnala l'avvento del momento autenticamente scientifico.

A ragione, forse, di una scarsa simpatia per l'ideologia wagneriana sono portato a non amare troppo i lunghissimi «drammi storico-esistenziali» e a preferire ricostruzioni di tipo contestuale. Secondo me i problemi storiografici che si incontrano nel caso della chimica nascono dalla sua ricchezza e peculiarità, non da una presunta povertà, dal fatto che nell'universo del discorso chimico sono entrati, per molto tempo, tanti argomenti che rinviano, come fuochi pirotecnici, verso varie direzioni.

Sugli storici della chimica hanno esercitato una indubbia influenza le ricostruzioni storiche elaborate dalla cultura illuministica, di un'Età cioè che vide la nascita di una qualificata storiografia della scienza.<sup>4</sup> Ciò ha comportato una scarsa attenzione per i dibattiti che nel secondo Seicento — periodo pur definito cruciale per l'emergenza della chimica come disciplina strutturata — diviso i naturalisti sulle origini del sapere chimico e che coinvolgevano l'immagine stessa di quel sapere. Nelle pagine che seguono mi propongo di richiamare alcune polemiche tardoseicentesche sulla «chimica», le sue origini e il suo status al fine di mostrare che occuparsi, da storico, di questi argomenti significa spostarsi su scene e palcoscenici molto diversi.

<sup>3</sup> W.H. BROCK, *The Fontana History of Chemistry*, London 1992, pp. 27-28. Per approcci diversi: D. KNIGHT, *Ideas in Chemistry*, London 1992, pp. 13-26; B. BENSASSE-VEINCENT, I. STENGERS, *Histoire de la chimie*, Paris 1993, pp. 19-58.

<sup>4</sup> P. GALLIZZI, *La storia della scienza dei «philosophes»*, «Intersezioni», IX, 1989, pp. 415-433.

2. A partire dalla seconda metà del Seicento le opere di Robert Boyle e di Nicolas Lémery spiccano come contributi di grande significato all'emergenza della chimica come disciplina. Si tratta di autori che, pur con una eccessiva semplificazione, possono essere qualificati come esponenti della tradizione meccanicistica.

È noto che Boyle criticò duramente in *The Sceptical Chymist* (1661) e in *The Origine of Forms* (1666) la tradizione paracelsiana e quella aristotelica guardando invece ai precetti baconiani e privilegiando un approccio di tipo corpuscolare che doveva molto a P. Gassendi. Nel suo fortunatissimo *Cours de chymie* (1675) Lémery non prestò attenzione alcuna al passato della chimica e propose una rilettura corpuscolaristica del patrimonio di conoscenze acquisito dalla chimica medica.<sup>5</sup>

Il «meccanicismo chimico» si propose come interpretazione chiara ed economica dei fatti chimici che doveva superare tutte quelle ambiguità e oscurità che avevano accompagnato per secoli l'arte spagirica.

Questa tradizione di pensiero non esaurisce tuttavia il quadro della «chimica» nel secondo Seicento, il quale si presenta invece come contrassegnato da immagini in radicale contrapposizione.

Nel 1668 il danese Ole Borch, noto come Olaus Borrichius, pubblicò una dissertazione, destinata a conoscere una grande fortuna, che ha un titolo significativo: *De Ortu et Progressu Chemiae*.<sup>6</sup>

Borch era professore di medicina, botanica, chimica, filologia all'Università di Copenhagen e esponente di primo piano di quella cultura danese che annoverava, tra gli altri, N. Stenone e T. Bartholin.<sup>7</sup> Giova ricordare che nel contesto danese la tradizione paracelsiana era stata assai influente, com'è testimoniato dall'*Idea medicinae philosophicae* (1571) di P. Sorenson (Severino) e da T. Brahe.<sup>8</sup>

<sup>5</sup> F. AMBI, Bacon, Boyle, e le «forme» della materia, in M. FATIOLI (a cura di), *Francis Bacon*, Roma 1984, pp. 5-27; ID., *Le origini della chimica moderna*, in P. ROSSI (a cura di), *Storia della scienza moderna e contemporanea*, Torino 1988, I, pp. 343-373; A. CLERICIZZO, *A Redefinition of Boyle's Chemistry and Corpuscular Philosophy*, «Annals of Science», XLVII, 1990, pp. 561-589; A.G. DEMIS, *The Scientific Revolution. A Chemist's Reappraisal*, in S.A. MCKNIGHT (a cura di), *Science, pseudo-science and utopianism in early modern thought*, Columbia and London, 1992, pp. 37-54; ID., *La chimica nella prima età moderna*, in *Storia delle scienze*, Torino 1993, III, pp. 428-477.

<sup>6</sup> O. BORCH, *De Ortu et progressu chemiae dissertatio*, Hafniae 1668, ristampata in J.J. MANGET, *Bibliotheca Chemica Curiosa*, Gesevae 1702, I, pp. 1-37.

<sup>7</sup> Su Borch: R. BERNABEI, *Olaus Borrichius: Filosofia ermetica e scienza naturale*, tesi di laurea in filosofia, a.a. 1983-84, Facoltà di Lettere e Filosofia, Università di Firenze; F. ARRI, *Gli 'arcana naturae': filosofia, alchimia e 'chimica' nel Seicento*, in *Cristina di Svezia. Scienza ed alchimia nella Roma barocca*, Bari 1990, pp. 49-68.

<sup>8</sup> E. BASTHOLM, *Petrus Severinus og haer Idea medicinae philosophicae. En dansk paracelsist*, Odense 1979; V.E. THORSEN, *The Lord of Uraniborg*, Cambridge 1990, pp. 51-54; J. SHACKELFORD, *Paracelsianism and Patronage in Early Modern Denmark*, in B.T. MORAN (a cura di), *Patronage and Institutions*, Woodbridge 1991, pp. 85-109.

Borch divenne un medico famoso, contribuì con quasi 200 lavori agli «Acta Medica» di Bartholin, pubblicò un volume di *Docimastice metallica* (1660), un dizionario latino (1670) relativo al linguaggio della farmacopea nonché testi di erudizione storica e una raccolta di orazioni accademiche.<sup>9</sup> I suoi lavori conobbero vasta circolazione e furono recensiti dagli «Acta Eruditorum» di Lipsia e dalle «Philosophical Transactions» di Londra.<sup>10</sup> Non deve pertanto sorprendere se nel 1674 T. Henshaw scriveva da Copenhagen a H. Oldenburg, il segretario della Royal Society di Londra, che Borch era un ottimo filosofo e un eccellente umanista.<sup>11</sup> Siamo pertanto di fronte ad un personaggio di primo piano e di rilevanza europea.

Il *De Ortu* è una tipica dissertazione dell'Età barocca che trabocca di erudizione da ogni pagina e i cui riferimenti primari sono gli scrittori di «chimica» e «filosofia» dall'antichità all'età coeva. Borch definisce l'alchimista e mistico milanese (attivo in Germania e Danimarca) F.G. Borri «gloria di tutta l'Europa» ma richiama anche R. Boyle e cita i *Principia philosophiae* di Cartesio.<sup>12</sup>

La Dissertazione di Borch termina con un elogio della pratica sperimentale poiché senza esperimenti, e senza gli strumenti per effettuarli, fisica, medicina, chimica e le altre arti «mutae sint, & ingloriae». Per Borch i cultori della natura devono ricorrere agli esperimenti, da qui la urgenza di far rinascere la pratica sperimentale nelle Accademie, nei Licei e nelle istituzioni scientifiche e educative. Senza tale approccio sperimentale è impossibile coltivare la «nobile» chimica, sommo compiacimento della natura e della mente umana.<sup>13</sup>

Questo elogio della pratica sperimentale e della chimica come sua massima espressione è un luogo comune della trattatistica della cultura moderna, ma nel caso di Borch nasce da un impianto metafisico e di filosofia della storia assai preciso e, all'apparenza, poco «moderno».

Il *De Ortu* è un testo che esprime una ideologia determinata, fa parte di una polemica serrata condotta per lunghi anni in favore della tradizione ermetica, del primato «egiziano» nella storia della sapienza umana. Si inserisce pertanto in un filone di discussioni di indubbia centralità nel Seicento.

Gli obiettivi polemici di Borch sono autori come Hermann Conring e Johann Heinrich Ursin, i quali avevano negato il primato egiziano, il valore della

<sup>9</sup> Cfr. H.F.J. ELGV, *Dictionnaire historique de la médecine ancienne et moderne*, Mons 1778, I, pp. 417-420.

<sup>10</sup> «Acta Eruditorum», XVI, 1697, pp. 179-182; «Philosophical Transactions», III, 1668 (1669), pp. 779-784 (ampia esposizione delle osservazioni sperimentali contenute nel *De Ortu*).

<sup>11</sup> A.R. HALL, M. BOAS HALL (a cura di), *The Correspondence of Henry Oldenburg*, Madison 1986, X, pp. 512-513.

<sup>12</sup> O. BORCH, *De Ortu*, cit., in J.J. MANGET, op. cit., pp. 35-37. Gli *Specimina Quingue Chimiae Hippocraticae*, Coloniae 1664, di Borri sono dedicati a Borch. Su Borch e Borri si veda F. AMERI, *Gli 'arcana naturae'*, cit.

<sup>13</sup> O. BORCH, *De Ortu*, cit., p. 37.

filosofia ermetica e avevano invece difeso la centralità della tradizione mosaica.<sup>14</sup> Siamo sul terreno di quelle discussioni in merito ai tempi della storia umana e alla cultura egiziana di Mosé che sono state ricostruite da Paolo Rossi.<sup>15</sup>

Per Borch «chemiae incunabula in antiquissima prospiciunt tempora»; la chimica è nata prima del diluvio grazie a Tubalcain (chiamato Vulcano o Mercurio da altri popoli) come arte di trattare i metalli. Come scienza è antichissima, divina, sacra, deriva direttamente da Dio e ha trovato in Egitto la sua culla. Dall'Egitto è stata trasmessa alla Grecia, al mondo latino, quindi agli arabi, ai cinesi e a tutti i popoli europei. Mentre Conring affermava che Mosé aveva fornito il sapere agli egiziani, per Borch era Mosé ad avere appreso tutta la sua scienza dai sapienti egizi, ovvero da Ermete. Un'analisi dei documenti storici confermava la centralità della civiltà egiziana nella diffusione del sapere e della sua forma più alta, cioè la chimica.<sup>16</sup>

Nel 1674 Borch pubblicò un grande trattato dal titolo *Hermetis, Aegyptiorum et Chemicorum Sapientia Ab H. Conringii animadversionibus Vindicata*, nel quale rispondeva a tutte le obiezioni di Conring e difendeva la antichità della chimica e l'Egitto come culla del sapere. Le medicine paracelsiane, chimiche erano una ripresa, una riacquisizione e un perfezionamento dell'uso medico delle pietre «apud veteres Hermeticos».<sup>17</sup>

Dunque, non si può, secondo Borch, dubitare che l'origine della medicina e della chimica sia da ascrivere a Ermete o Mercurio.

Non è necessario seguire qui tutti gli sforzi di interpretazione dei testi compiuti da Borch per confermare la sua tesi. È sufficiente tenere presente che l'importanza della chimica deriva anche dalla sua antichissima origine.

La difesa della chimica è, in Borch, un aspetto di una filosofia che vuole mantenere viva l'idea di una tradizione ermetica che si è diffusa nel mondo a partire dall'Egitto. Fa parte di una filosofia della storia e coinvolge necessaria-

<sup>14</sup> J.H. URSAIN, *De Zoroastre bactriano, Hermete Trismegisto, Saubonasthone phoenicio eorumque scriptis et aliis contra Mosaicæ Scripturæ antiquitatem*, Norimbergæ 1661; H. CONRING, *De Hermetica Aegyptiorum vetere & nova Paracelsicorum Medicina*, Helmstadii 1648; 2da ed. ampliata 1669. Nel diario di viaggio (1660-1665) di Borch vi è un solo riferimento a Conring e nessun rinvio a Ursain; sono tuttavia innumerevoli i riferimenti alla disputa sulla cronologia tra G. Horn e I. Voss. Cf. H.D. SCHULZERN (a cura di), *Olas Borrichii Itinerarium 1660-1665*, Copenhagen 1983, 4 voll. Dopo il «grand tour» sul continente e il rientro a Copenhagen le opere di Ursain e di Conring divennero per Borch un referente critico primario.

<sup>15</sup> P. ROSSI, *Le sterminate antichità*, Pisa 1969, pp. 81-131; In., *I segni del tempo*, Milano 1979.

<sup>16</sup> O. BORCH, *De Ortu*, cit., pp. 1-3; p. 37.

<sup>17</sup> In., *Hermetis, Aegyptiorum et Chemicorum Sapientia Ad Hermanni Conringii animadversionibus Vindicata*, Hafniae 1674. La prima parte dell'opera è dedicata al problema dell'antichità della chimica, alla trasmissione della sapienza dall'Egitto alla Grecia; la seconda ad una difesa di Paracelso e seguaci.

mente il problema del linguaggio in quanto strumento di comunicazione del sapere.

Nel *De Ortu* Borch afferma, contro Conring, che i geroglifici egiziani esprimevano sia suoni sia cose («res»), toccando così un tema cruciale nel Seicento, cioè la diffusione, mediante simboli, delle conoscenze.<sup>18</sup> Ammettendo una continuità plurisecolare del sapere chimico, era necessario spiegare come questo si era potuto conservare e diffondere.

Non sorprende pertanto che nel 1674 Borch abbia pubblicato una «dissertatio» *De causis diversitatis linguarum*.<sup>19</sup> Il danese non era tanto interessato all'origine del linguaggio, secondo lui dono diretto di Dio a Adamo, quanto alla questione della varietà delle lingue che si era venuta a creare dopo l'episodio della Torre di Babele. Secondo Borch molteplici sono le cause della varietà delle lingue (clima, «sonos rerum», educazione, il mutamento naturale e dell'uomo),<sup>20</sup> ma proprio l'importanza e le mutazioni del linguaggio dell'uomo, che è creatura inserita nel ciclo della natura, svelano che esistevano un sapere antico («prisca sapientia») e un mondo perfetto che devono essere recuperati attraverso il progresso «scientifico».

Nel 1697 venne pubblicato, postumo, un «libellus» di Borch dal titolo *Conspectus Scriptorum Chemicorum Illustriorum*.<sup>21</sup> Siamo di fronte ad una specie di Bibliografia ragionata di storia della chimica che si apre con la riaffermazione dell'origine antichissima, comprovata da «monumenta Veterum» e da manoscritti, dell'arte chimica (i cui semi sono stati gettati da Adamo nell'Egitto di Ermete Trismegisto).<sup>22</sup> È una rassegna di testi dall'Antichità, passando per l'alchimia araba e latina, sino ai moderni paracelsiani. È la certificazione tematica della continuità millenaria di una tradizione di sapere.

Nella filosofia di Borch sono rintracciabili due concetti centrali:

1) la chimica è una arte sperimentale di straordinaria importanza che deve essere coltivata e sostenuta anche a livello di istituzioni accademiche;

2) è arte antichissima, di origine divina, che si tramanda da secoli, che è nata come scienza grazie a Ermete Trismegisto.

Dunque la «novità» e l'attualità della chimica derivano dalla sua antichità, dalla sua divinità. Un impianto filosofico di matrice rinascimentale serve a Borch per giustificare ideologicamente il significato culturale della chimica.

<sup>18</sup> *Id.*, *De Ortu*, cit., p. 4.

<sup>19</sup> *Id.*, *De causis diversitatis linguarum dissertatio*, Hafniae 1674.

<sup>20</sup> *Ivi*, pp. 5-15.

<sup>21</sup> O. BORCH, *Conspectus Scriptorum Chemicorum Illustriorum*, Hafniae 1697, ristampato in J.J. MARGET, op. cit., I, pp. 38-53.

<sup>22</sup> *Ivi*, p. 38. Negli «Acta Eruditorum», cit. è indicato a proposito dell'arte chimica che «ipsa enim artis semina jam inde ab Adamo ad posterum derivata fuisse, non dubitat Borrichius» (p. 180).

Ove si tenga conto di ciò, non si ravvisa una scissione tra il Borch attento medico e sperimentatore chimico e il Borch sostenitore della tradizione ermetica, poiché si tratta di aspetti diversi di uno stesso progetto culturale. Occuparsi di filologia, di antiquaria, di storia, di scienza sperimentale, di medicina, di geroglifici e lingue antiche e moderne significava per Borch lavorare ad un medesimo scopo: affermare la centralità scientifica del sapere chimico. Che poi questa centralità trovi le sue radici in un contesto tematico intricatissimo, composto da idee atardate, è una caratteristica peculiare della storia della prima chimica moderna.

Vero è che occuparsi delle diverse immagini della chimica nel Seicento vuol dire dedicare la propria attenzione anche a concetti antiquati e strambi, che il chimico attuale ha rimosso da molto tempo ma che erano pienamente operanti in quell'Età della quale si vuol fare la storia. La loro dimenticanza implica la costruzione di una storia del tutto irrealista anche se più gradevole in quanto più razionale.

Borch era un medico famoso, collaboratore di T. Bartholin, uno dei grandi anatomisti del secondo Seicento, ma era anche colui che ammirava l'alchimista Borri, autore di trasmutazioni e proiezioni alchemiche il quale vedeva in «Nymfæ», «Gnomi», «Salamandreae» e «Sylvi» le creature (presenti nell'acqua, nella terra, nel fuoco e nell'aria) amiche, amanti delle scienze, collaboratrici dei sapienti e nemiche degli sciocchi.<sup>23</sup>

Nell'Età moderna l'alchimia non si trasformò in chimica, ma si verificò una convivenza di idee oscure e sfuggenti con concetti chiari e distinti. Alla conoscenza dei metalli contribuirono sia il «tecnico» V. Biringuccio, negatore delle trasmutazioni,<sup>24</sup> sia gli alchimisti che ricercavano proprio quelle trasmutazioni.

3. Le idee di Borch sul carattere della chimica fanno parte di una ricca e vivace tradizione culturale che si trovò a convivere con quelle inaugurate da Bacone, da Galileo e da Cartesio.

Il privilegiamento borchiano della sapienza egizia non può non richiamare alla mente le idee di Athanasius Kircher, cioè il massimo teorico seicentesco del primato egizio.<sup>25</sup> Non a caso proprio il luterano Borch difese l'*Oedipus Aegypt-*

<sup>23</sup> G.F. BORRI, *La Chiave del Gabinetto del Consigliere Giuseppe Francesco Borri Milanese*, Colonia 1681. Questo volume venne recensito in «Acta Eruditorum», 1682, pp. 40-41. Sul ruolo delle credenze popolari nella tradizione paracelsiana: C. WEISTER, *Paracelsus and Demons: Science as a Synthesis of popular belief*, in *Scienze, credenze occulte, livelli di cultura*, Firenze 1982, pp. 3-20.

<sup>24</sup> V. BIRINGUCCIO, *De la Pirotechnia*, Venetia 1540, *Del Arte Alchimica*, p. 125r e segg.

<sup>25</sup> Cf. J. GODFRIEN, *Athanasius Kircher*, London 1979, pp. 56-65; V. RIVOSECCO, *Esoicismo in Roma barocca. Studi sul padre Kircher*, Roma 1982, pp. 47-75; B. MERRIL, *Athanasius Kircher (1602-1680), Jesuit Scholar*, Provo Utah 1979, pp. 20-25; A. MARTO, *Le lettere di Athanasius Kircher della Biblioteca Nazionale Centrale di Firenze*, «Atti e Memorie dell'Accademia Toscana di Scienze e Lettere la Colombiana», LIV, 1989, pp. 127-165.

tiacus (1652-1655) del gesuita tedesco dagli attacchi di Ursin e guardò alle ricerche kircheriane sulla natura dei geroglifici.

Non è certo mia intenzione entrare qui nel «fantastico», «intricatissimo», «barocco» mondo di Kircher, ma mi pare opportuno sottolineare un fatto.

In quella specie di enciclopedia che è l'*Oedipus Kircher* affermava, tra l'altro, che gli egiziani possedevano grandi conoscenze di alchimia (nascoste sotto il linguaggio simbolico dei geroglifici), che erano state utilizzate nelle attività metallurgiche e produttive ma dubitava della loro conoscenza della pietra filosofale o di metodi di trasmutazione dei metalli in oro. Per il gesuita tedesco il fiorire della civiltà e della potenza egiziana era dovuto all'utilizzazione delle conoscenze alchemiche che non contemplavano originariamente attività trasmutatorie.<sup>26</sup>

Kircher sosteneva una visione magico-ermetica del mondo, la centralità dell'Egitto come depositario di una divina verità — che si è compiutamente manifestata con il cristianesimo — e la validità e importanza dell'alchimia come scienza. Il Libro Undicesimo del suo *Mundus Subterraneus* (1665) porta il titolo di «Chymio-technicus», contiene la sanzione dell'antichità dell'alchimia, un'esposizione e un elogio della alchimia metallurgica e spagirica, illustrazioni del linguaggio simbolico alchemico, degli strumenti e dei forni e descrizioni di vari esperimenti, alcuni dei quali di trasformazione delle sostanze.<sup>27</sup>

Nel *Mundus* si ritrova tuttavia un attacco alla ricerca del «Lapis philosophorum», all'alchimia trasmutatoria poiché Kircher vedeva nel desiderio di creare oro dai metalli una manifestazione diabolica e nelle interpretazioni «alchemiche» della creazione un vero atto di empietà.<sup>28</sup> Secondo la tradizione gesuitica l'alchimia «egiziana» era stata sfigurata dagli arabi che vi avevano introdotto la ricerca della pietra filosofale.

La sezione del *Mundus* dedicata al rifiuto della alchimia trasmutatoria conobbe una grande fortuna. Agli inizi del Settecento J.-J. Manget la ristampò nella sua *Bibliotheca Chemica*<sup>29</sup> e nel 1723 e nel 1730 Giacinto Gimma affermò il carattere della vera chimica contro gli alchimisti arabi e i paracelsiani ricorrendo anche alle argomentazioni kircheriane.<sup>30</sup>

<sup>26</sup> A. KIRCHER, *Oedipus Aegyptiacus*, Romae 1652-1655, 3 tomi in 4 voll. Nel tomo secondo ampio spazio è dedicato alla alchimia geroglifica. Cfr. M. BALDWIN, *Alchemy in the Society of Jesus*, in Z.R.W.M. VON MARTEL (a cura di), *Alchemy revisited*, Leiden 1990, pp. 182-187; Id., *Alchemy and the Society of Jesus in the Seventeenth Century: Strange Bedfellows?*, «Ambix», XL, 1993, pp. 41-64.

<sup>27</sup> A. KIRCHER, *Mundus Subterraneus*, Amsterdami 1665, 2 tomi in un vol., II, pp. 251-325.

<sup>28</sup> *Ivi*, Sectio II. *De Lapide Philosophorum*; Sectio III. *De Alchymia Sophistica*.

<sup>29</sup> J.J. MANGET, *op. cit.*, I, pp. 54-112, che è la ristampa delle pp. 250-322 del Liber XI del *Mundus*. Cfr. C. PRIESNER, *Defensor Alchymiae. Gabriel Clauder versus Athanasius Kircher*, in *Alchemy revisited*, *cit.*, pp. 229-238.

<sup>30</sup> G. GIMMA, *Idea della Storia dell'Italia Letterata*, Napoli 1723, II, p. 690; Id., *Della Storia Naturale delle Gemme*, Napoli 1730, II, p. 157; pp. 171-172; pp. 179-180.

Il Kircher sostenitore del mito dell'Egitto, della sapienza e della religione dei geroglifici, dell'antichità e validità dell'alchimia era dunque un negatore dell'alchimia trasmutatoria, della ricerca della pietra filosofale.

Se si apre l'*Oedipus Chemicus* (1664) di J.J. Becher ci si trova di fronte ad un piccolo manuale di chimica paracelsiana, che è fortemente modellato sulla *Clavis totius philosophiae chymisticae* (1567) di G. Dorn. Becher definisce i contenuti della «chimica», cioè materia, forma, i principi delle sostanze e delle qualità, gli elementi, le operazioni.<sup>31</sup>

Nel paragrafo finale Becher si occupa del linguaggio chimico affermando che i termini chimici sono di tre tipi, cioè geroglifici, caratteri e parole. Citando Pierro Valeriano, Kircher, M. Maier, ribadisce che lo studio della chimica è antichissimo e che è stato segretamente illustrato e trasmesso mediante i geroglifici egiziani, le lettere cinesi, le immagini mitologiche, i termini astronomici e caratteri o figure come la *Monade geroglifica* di J. Dee.<sup>32</sup>

Becher ritiene tuttavia che gli «scripta chemicorum» — che ricorrono ai tre tipi di linguaggio — siano duplici, cioè «sophistica» e «philosophica». I primi sono falsi perché illustrano le trasmutazioni in modo empirico, senza offrire le ragioni, senza indicare cioè le cause delle cose i cui effetti vengono descritti.

Ne consegue che la chimica è per Becher una scienza che richiede teoria e prassi; la teoria è la filosofia ermetica, la quale contiene tre parti: spagirica, chimica e alchimia. La spagirica insegna a separare, dividere i corpi ed è ancella delle altre due; la chimica insegna a ottenere succhi e estratti di uso medico e per la generazione delle cose, il suo dominio è il regno vegetale e animale mentre l'alchimia si occupa della trasmutazione dei metalli e della preparazione dell'elixir.<sup>33</sup>

<sup>31</sup> J.J. BECHER, *Institutiones Chymicae Prodrumae* *ie. ... Oedipus Chemicus*, Francofurti 1664, ristampato in J.J. MANGET, *op. cit.*, I, pp. 306-336. La *Clavis* di Dorn è ristampata in *Theatrum Chemicum*, Argentorati 1659, I, pp. 192 e 588.

<sup>32</sup> J.J. BECHER, *op. cit.*, in J.J. MANGET, *op. cit.*, I, pp. 331-332. L'interesse per il linguaggio alchemico è strettamente legato, per Becher, al suo progetto di lingua universale presentato nel *Character, Pro Notitia Linguarum Universalium* (Francofurti 1661). Le proposte «linguistiche» di Kircher e Becher sono ampiamente descritte e riprodotte da G. Schott nella sua *Technica Curiosa*, il cui libro Settimo ha per titolo «Mirabilia Graphica» (G. SCHOTT, *Technica Curiosa, sive Mirabilia Artis Libris XII*, Heribopol. 1687, pp. 478-579). Come ha mostrato Paolo Rossi (*Clavis universalis*, Bologna 1983 (2nda ed.), pp. 221-257; *La scienza e la filosofia dei moderni*, Torino 1989 (2nda ed.), pp. 196-243) lingue universali, interpretazioni dei geroglifici sono strettamente connesse a filosofie della storia e a problemi di nomenclatura scientifica. Occuparsi di «alchimia/chimica» nel Seicento vuol dire dedicare la propria attenzione anche a questioni che sono oggi di pertinenza di linguisti e egittologi. Sul tema cruciale del simbolismo chimico è ora da vedere: M. BERETTA, *The Role of Symbolism from Alchemy to Chemistry*, in R.G. MAZZOLENI (a cura di), *Non-Verbal Communication in Science Prior to 1900*, Firenze 1995, pp. 279-319.

<sup>33</sup> *Ibid.*, pp. 334-335.

Nell'*Oedipus* di Becher si ritrova dunque una descrizione della chimica quale è venuta affermandosi con la tradizione paracelsiana. Si potrebbe classificare e liquidare Becher come un tipico esponente di quella corrente di pensiero che è stata definita «ermetismo reazionario». Vi sono tuttavia due aspetti che rendono questa liquidazione assai problematica:

1) Becher è sì un sostenitore della tradizione ermetica, ma definisce la «chimica» come scienza pratica, ovvero conoscenza volta all'agire sulle cose e ne indica i domini introducendo una differenza tra chimica e alchimia a partire dal loro oggetto.<sup>34</sup>

2) Il Becher dell'*Oedipus* è lo stesso autore che agli inizi del Settecento Stahl vide come il grande innovatore della chimica. E su quest'ultimo aspetto ritornerò in seguito.

4. I testi di Borch, Kircher e Becher qui sommariamente richiamati contengono, pur con le loro marcate differenze (Borch non accettò la critica kircheriana alla pietra filosofale), l'affermazione del carattere antichissimo della chimica o alchimia e la sua configurazione come scienza sperimentale e utile.

Se si presta attenzione alle loro date di pubblicazione, se ne deriva l'impressione di posizioni stravaganti rispetto ad un contesto che ha già visto la emergenza della filosofia meccanica e della scienza moderna (si ricordi, ad esempio, che i *Discorsi* di Galileo sono del 1638, i *Principia* di Descartes del 1644, il *Chimico scettico* di Boyle è del 1661 e la *Micrographia* di Hooke del 1665), ma qui entrano in gioco le specificità storiche della chimica e la complessità della sua genesi e determinazione di campo disciplinare. È una illusione credere che un contributo cruciale alla nascita della chimica moderna sia venuto solo dalla filosofia meccanica. Proprio agli inizi del secolo dei Lumi si continuò a ribadire la validità dell'antica dottrina chimica.<sup>35</sup>

Ove si apra *Il Trionfo degli Acidi Vendicati dalle calunnie di molti Moderni* (1706) di Martino Poli, si ritrova una aspra critica dei «corpuscolari Filosofanti» in favore di quei principi sensibili della materia, «chiamati dai Chimici Ermetici col nome di sale, di solfo, e di mercurio», che sono i fondamenti della «vera

<sup>34</sup> *Ist.*, p. 308. Cfr. P.H. SMITH, *Consumption and Credit: the Place of Alchemy in Johann Joachim Becher's Political Economy*, e M. TIECH, J.J. *Becher and Alchemy*, in *Alchemy revisited*, cit., pp. 215-221; pp. 222-228. Questi autori non ricordano che nel 1654 Becher pubblicò, in tedesco e sotto pseudonimo, un'opera dedicata alla pietra filosofale, che venne tradotta in latino in *Theatrum Chemicum*, cit., VI, 1661, pp. 675-714. La paternità di questo Discorso «De Potentissima Philosophorum Medicina Universalis, Lapis Philosophorum Trismegistus dicta» risulta dalla seconda edizione (1681) degli *Actorum Laboratorii Chymici Monacensis* che contiene un catalogo delle opere becheriane. Nel 1985 avevo proprio segnalato il rilievo di questo catalogo e dell'alchimia becheriana (E. AMBIZ, *Tradizioni chimiche nel Settecento*, in *Atti del I° Convegno di Storia della Chimica*, Torino 1986, p. 5, pp. 19-20).

<sup>35</sup> Cfr. A.G. DEBUS, *The French Paracelsians*, Cambridge 1991.

Filosofia sperimentale». Nella chimica, che è, allo stesso tempo, scienza divina, come stabilito da Ermete nella Tavola Smeraldina, e sperimentale sono «gl'Ermetici» ad avere «maggiore autorità di tutti».

Il libro di Poli non è un testo di «alchimia», ma una chiara esposizione del contenuto della chimica medica che ha come oggetto di critica «i moderni Democritici, e riformati Epicurei» i quali ricorrono ad una «vana e fallace Filosofia». Per Poli spiegare il sistema della natura e le operazioni della chimica con «l'ideali figure degli atomi, e metafisica modalità della materia» è frutto di una «offuscata immaginazione».<sup>36</sup> Si noti che la tradizione meccanicistica viene qualificata come «metafisica», ovvero inutile. Il richiamarsi ai «veri principi chimici» era una esigenza di tipo filosofico che garantiva la «specificità» della chimica.

Può destare sorpresa vedere citare, in un trattato di chimica di primo Settecento, Ermete come autorità filosofico-scientifica. È che nella seconda metà del Seicento le immagini della «chimica-alchimia» erano realmente diverse e in contrapposizione.

Il tardo Seicento ha richiamato l'attenzione non solo della sottocomunità degli storici della chimica ma anche della comunità degli storici delle idee e della scienza a ragione della questione «Newton e l'alchimia». Si tratta di un problema storiografico che ha comportato molte ricerche e ricostruzioni e il sorgere di una vera e propria aspra «querelle».<sup>37</sup> Non intendo entrare in questa discussione ma richiamarne alcuni aspetti che hanno a che fare proprio con lo status della «chimica» in questo periodo.

La «scoperta» dei manoscritti alchemici newtoniani ha prodotto, come reazione all'immagine positivista di Newton, entusiastici arruolamenti del filosofo inglese tra la schiera degli alchimisti. È venuto oggi a maturazione un atteggiamento più cauto tanto che è entrato nell'uso designare le carte alchemiche newtoniane come «(al)chemical papers» al fine di suggerire un problema, aperto, di definizione.<sup>38</sup>

A. Rupert Hall ha, di recente, ribadito che Newton non credeva al contenuto di verità degli scritti alchemici da lui studiati e che «Newton had never

<sup>36</sup> M. POLI, *Il Trionfo degli Acidi, Vendicati dalle calunnie di molti Moderni*, Roma 1706, pp. 19-21, p. 76. Si noti che nella Prefazione Poli ricorda che gli Oracoli della Filosofia e della Medicina sono stati nascosti dagli «Egizij» con i geroglifici, dai «Pitagorici» con i numeri, da Platone con le figure geometriche e dai greci con le favole. Ciò dimostra la persistenza di temi tradizionali all'alba del secolo dei Lumi. Su Poli: N.F.J. ELON, *Dictionnaire*, cit., III, Mons 1778, pp. 596-597.

<sup>37</sup> La «querelle» è decisamente scoppiata con la pubblicazione di *The Foundations of Newton's Alchemy* (Cambridge 1975) di B.J.T. Dobbs e con le ricerche di R.S. Westfall, sintetizzate nel suo *Newton*, Torino 1989, 2 voll. (ed. or. Cambridge 1980).

<sup>38</sup> K. FIGALA, J. HARRISON, V. PETZOLD, *De Scriptoribus Chemicis: sources for the establishment of Isaac Newton's (al)chemical library*, in P.M. HARMAN, A.E. SHAPIRO (a cura di), *The Investigation of difficult things*, Cambridge 1992, pp. 135-179.

felt firm confidence in the alchemist's reveries of turning all things to gold», ma che cercava di individuare qualche importante processo chimico, dunque la sua non era alchimia, bensì una rivisitazione del corpuscolarismo boyliano.<sup>39</sup>

L'impostazione di Hall è netta e chiara, ma molto rischiosa perché la sua specificazione dell'interesse newtoniano per l'alchimia è, ad esempio, perfettamente valida anche per A. Kircher: il gesuita tedesco, come si è visto, rifiutava la ricerca dell'oro, ma affermava la validità della alchimia come scienza per conoscere la struttura della materia. In questo caso Kircher e Newton sarebbero parimenti esponenti della «modernità» in contrapposizione al «torbido mondo» degli alchimisti.<sup>40</sup>

Inoltre, Hall è costretto a fornire definizioni rigide e nette di «alchimia» e «chimica», che non sono troppo rispondenti al contesto seicentesco, e a privilegiare la posizione di Boyle. In tal modo la classica sequenza Boyle-Newton viene rispettata e riaffermata.

Vero è invece che molte discussioni intorno al problema «Newton-alchimia» non tengono sufficientemente conto di almeno tre fattori storico-culturali:

- 1) La presenza di immagini diverse e in contrapposizione della «chimica» nel tardo Seicento.
- 2) La fluidità dei concetti di «chimica» e di «alchimia», che comportò redefinzioni continue del loro significato in conseguenza della mancanza di un campo di sapere chimico rigidamente delimitato.
- 3) La crisi in cui entrò il meccanismo chimico proprio alla fine del XVII° secolo.

Riguardo al punto due non intendo negare che fosse già maturata nel tardo Seicento la differenza tra l'idea di sapere riservato e quella di sapere pubblico, ma affermare invece che il sapere riservato dell'alchimia venne «assorbito» per Kircher, Borch, Becher, Poli e altri entro l'immagine della chimica come scienza antichissima, sperimentale, utile e insegnabile. Contrapporre «tout court» alchimia e chimica e porre Newton (in base a un proprio credo storiografico) ora sotto l'una ora sotto l'altra rubrica finisce per diventare un gioco sterile e soprattutto poco in sintonia con un contesto, come quello tardo seicentesco, in cui predominavano le sfumature.

<sup>39</sup> A.R. HALL, *Isaac Newton. Adventurer in Thought*, Oxford 1992, pp. 179-201. Cfr. P. CASATI, *Newton e i suoi biografi*, «Rivista di Filosofia», LXXXIV, 1993, pp. 265-276. Hall è assai critico verso il libro della Dobbs del 1975, ma non ha potuto tenere conto né del saggio citato alla nota precedente né del nuovo volume della Dobbs dal titolo *The Janus Faces of Genius. The Role of Alchemy in Newton's Thought*, Cambridge 1991 (1992). Mi permetto di rinviare alla mia recensione in «Nuncius», VIII, 1993, n. 1, pp. 351-355.

<sup>40</sup> Non ritengo per nulla che Kircher sia da annoverare tra i «moderni» e da porre sullo stesso piano di Newton. È mia intenzione solo segnalare che i criteri interpretativi di Hall sono troppo rigidi rispetto ai problemi storici posti dalla «alchimia-chimica» seicentesca. Va da sé che il volume di Hall su Newton è, nel complesso, un'ottima biografia scientifica.

Nel 1685 Johannes Bohn, professore a Lipsia, pubblicò un volume di *Dissertationes Chymico-Physicae* (2nda ed. 1696). Nella «Praefatio ad Lectorem» Bohn indicava che la chimica è quadruplici: «Philosophica» (teoria dei principi e ezologia dei corpi); «Pharmaceutica seu Medica» (preparazione dei rimedi); «Mechanica seu Opificiaria» (le arti e le tecniche chimiche); «Alchymistica», che ha lo scopo di trasmutare ed esaltare i metalli.<sup>41</sup>

Bohn non era un «alchimista» ma un chimico, fisico e medico accademico per il quale l'alchimia era divenuta un settore specifico di una scienza il cui ambito di discorso era molto ampio e non coincideva con ciò che noi definiamo chimica. Quest'ultima ha abbandonato molti «fossili concettuali» in tempi assai diversi rispetto a quelli della astronomia o della fisica matematica. Un uomo del Seicento che voleva interessarsi di «chimica» doveva considerare quei «fossili» perché erano costitutivi di ciò che lo interessava.

Siamo tutti disposti ad ammettere, per le scienze astronomiche o fisiche del Seicento, la presenza di tradizioni o paradigmi in contrapposizione, mentre nel caso della chimica si cerca di individuare il filone principale che sfociò nella fase «scientifica». In verità le idee erano, a quel tempo, ambigue, sfuggenti e interagenti.

Boyle riteneva che la chimica avesse validità in quanto scienza subordinata alla «physics», ma molti suoi contemporanei ritenevano la chimica una scienza fondata sui principi suoi propri, elaborati da una tradizione millenaria.

Per alcuni la dignità e la novità della chimica stavano nel suo contenuto empirico illuminato dalla filosofia meccanica; per altri risiedevano nella sua antichità e nel suo essere arte sperimentale.

5. La preoccupazione esclusiva di individuare storicamente la strada maestra della chimica e di ignorare o neutralizzare gli aspetti più «torbidi» ha finito per snaturare il significato storico dell'opera di G.E. Stahl.

Quest'ultimo occupa una posizione centrale non tanto perché avrebbe preparato la strada a Lavoisier<sup>42</sup> ma perché realizzò una operazione di grande rilievo da un punto di vista ideologico e epistemologico.

È noto che Stahl vide negli *Actorum Laboratorii Chymici Monacensis, seu Physicae Subterraneae Libri Duo* dell'alchimista Becher un «opus» fondamentale per il rinnovamento della chimica.<sup>43</sup> Stahl sottolineò, nella sua edizione (1703) dell'opera becheriana, che «ratio» e «experientia» erano gli strumenti per

<sup>41</sup> J. BOHN, *Dissertationes Chymico-Physicae*, Lipsiae 1696, *Praefatio ad lectorem*. L'idea della «spagirica» come branca che si occupa della «trasmutazione» dei metalli continuò a sussistere a lungo, com'è dimostrato dai *Fundamenta Chymiae* (1778) di G.A. SCOPOLI.

<sup>42</sup> Cfr. J.B. GOUGH, *Lavoisier and the Fulfillment of the Stahl's Revolution*, «Osiris», IV, 1988, pp. 15-33, che è una ripresa, aggiornata, di vecchie tesi storiografiche care a A. Mielé.

<sup>43</sup> F. ASSI, *Tradizioni chimiche*, cit.

studiare la fisica sotterranea. Ma «*experientia*» e «*ratione*» sono termini che ricorrono, come esemplari, anche nel frontespizio dell'*Oedipus* di Kircher.<sup>44</sup> La rilettura stahliana di Becher ha un'importanza cruciale per due ragioni strettamente collegate: veniva affermato, a livello epistemologico, il carattere specifico dei metodi e dei contenuti della chimica, contro il riduzionismo meccanicista. Si guardava cioè alla tradizione «alchemico-paracelsiana» per sanzionare l'autonomia della chimica, ma, allo stesso tempo, si eliminavano i contenuti più propriamente alchemico-ermetici di quella tradizione per presentare, ideologicamente, la chimica come scienza socialmente utile.

Stahl utilizzò la tradizione «chimica» rinascimentale, ben radicata nel contesto seicentesco, al fine di far emergere un'immagine positiva della scienza. Nelle opere degli autori sopra ricordati, i cosiddetti «ermetici reazionari», Stahl individuò la base per la chimica dei Lumi. I richiami all'Egitto, a Ermete, che erano qualcosa di vivo, di attuale per quegli autori, diventarono nel Settecento solo un dato storico-culturale da usare ideologicamente per rafforzare l'immagine della chimica come arte o scienza autonoma.<sup>45</sup>

6. Vorrei concludere questa comunicazione riallacciandomi ai problemi di tipo metodologico richiamati all'inizio.

Lo studio delle diverse concezioni della chimica che si fronteggiavano nel tardo Seicento impone ricostruzioni storiche che siano focalizzate su aspetti e temi differenti.

La necessaria attenzione alle teorie interpretative dei singoli fenomeni, alle ricerche e concezioni sulle sostanze chimiche e ai loro rapporti non esaurisce la storia della prima chimica moderna. In questa storia deve entrare la considerazione di tutti quei fattori (filosofici, culturali, ideologici, sociali) che erano costitutivi del sapere chimico in una data Età.

<sup>44</sup> I Termini «*ratio*» e «*experientia*» compaiono nell'antiporta della *Physica Subterranea* di Becher nell'edizione curata (1703) da Stahl. Nell'edizione del 1681 di questo testo l'antiporta non parla di «*ratio*» e «*experientia*», bensì di «*Triplex naturae officina*» e di «*Globus Terr-aqu-aereus*». Proprio Kircher aveva però segnalato l'importanza del senso, dell'esperienza e della ragione per la conoscenza. Ciò conferma che i precetti metodologici assumono significati specifici a ragione del contesto filosofico in cui sono inseriti.

<sup>45</sup> Nel corso del Settecento le edizioni di scritti alchemici non costituirono di sicuro un caso raro. Il richiamo di Stahl alla tradizione paracelsiana aveva un puro significato antimecanicista; per diversi autori l'alchimia costituì solo una curiosità storica, mentre ad altri servì per operazioni ideologiche e politiche (cfr. C. McINTOSH, *The Rose Cross and the Age of Reason*, Leiden 1992, pp. 75-90). In ambito tedesco edizioni delle opere di Basilio Valentino ebbero grande fortuna (le *Chymische Schriften* del mitico frate erano giunte nel 1769 alla sesta edizione) e una *Neue Sammlung* di scritti alchemici apparve in due volumi nel 1769-70. D'altra parte, studi recenti hanno dimostrato che l'Età dei Lumi ha un lato «oscuro» che si nutre, culturalmente, anche di alchimia.

Continuo a ritenere che una attenzione esclusiva, ad esempio, alle ricerche sperimentali di Borch e l'assegnazione delle sue idee su Ermete, sull'antica sapienza chimica egizia, sui geroglifici, al dominio dei sogni e credenze filosofiche si traducano soltanto in una storia «parziale», non in grado di restituire il significato autentico di «chimica» per il medico danese. Metafisiche influenti e interpretazioni dei fenomeni sono due aspetti correlati nell'impresa scientifica ed è proprio la storia della chimica a testimoniare, in modo macroscopico, tale correlazione.

Fare storia della chimica significa, per me, occuparsi degli «heavy chemicals» e della Tabula smeraldina di Ermete Trismegisto, perché gli «oggetti» di una scienza non sono dati a priori ma storicamente e culturalmente costruiti, e queste costruzioni possono essere logicamente poco rilevanti a causa della presenza di elementi eterogenei, ma dicono molto sui significati attribuiti alla «chimica» in un dato contesto storico.

ETTORE CURI (\*)

### Lettere sull'acqua (1783-1785) (\*\*)

**Summary** - An analysis of the correspondence that the Italian chemists exchanged in the period 1783-1785 allows us to ascertain that the ideas of Lavoisier were received in Italy much more rapidly than the press of the period leads us to believe. Italian chemists carried out numerous experiments and discussed at length the ideas of the French chemist as soon as they became known to the scientific community.

La generale e sufficiente conoscenza della lingua francese, i lunghi viaggi all'estero, la ricezione puntuale ed immediata delle opere scritte da studiosi stranieri, la stretta amicizia con alcuni di loro ed il tam-tam, costituito da quella fitta rete di missive scambiate tra loro, hanno consentito ai chimici italiani della fine del Settecento di essere sempre puntualmente e tempestivamente informati, seppure in modo frammentario, delle ricerche e degli studi che si svolgevano oltrealpe, da parte di colleghi francesi, inglesi e svedesi.

L'analisi della corrispondenza che un chimico italiano del tempo, Anton Maria Lorgna,<sup>1</sup> intrattenne con alcuni suoi colleghi italiani, fornisce un buon esempio di quanto asserito.

(\*) Accademia di Agricoltura, Scienze e Lettere di Verona.

(\*\*) Relazione presentata al V Convegno Nazionale di «Stocia e Fondamenti della Chimica» (Perugia, 27-30 ottobre 1993).

<sup>1</sup> Recentemente sono stati pubblicati altri lavori sulla figura del Ceretano, per cui la bibliografia su tale autore comincia a diventare assai ricca anche se estremamente lacunosa specie per quanto riguarda i suoi interessi per la matematica (Lorgna, ai suoi tempi, fu considerato il primo matematico d'Italia) e per l'idraulica. F. PIVA, *A.M. Lorgna e l'Europa*, Ac. Ag. Sc. Let. Vr., Verona 1993; ID., *A.M. Lorgna. La biblioteca di uno scienziato settecentesco*, Olshki, Firenze 1993; C. FARINELLA, *L'Accademia repubblicana. La Società dei quaranta e A.M. Lorgna*, F. Angeli, Milano 1993; E. CURI, *A.M. Lorgna e la pittura ad encausto*, «Att. Mem. Ac. Ag. Sc. Let. Vr.», Anno Acc. 1990-91, serie VI, vol. XLII, pp. 49-76, Verona 1993; ID., *Picche, ripicche ed equazioni: la disputa tra Pietro Cosali ed A.M. Lorgna*, in «Studi Stocici Luigi Simooni», vol. XLIII, Istituto per gli Studi Stocici Veronesi, Verona 1993; ID., *La comunità*

Lorgna ebbe una corrispondenza fittissima con tutti gli scienziati italiani suoi contemporanei dovuta, sia alla sua funzione di Presidente della Società Italiana delle Scienze, da lui fondata nel 1782, sia ai suoi vari e numerosi interessi scientifici.<sup>2</sup>

Raccolta in nove grandi buste, presso la Biblioteca Civica di Verona troviamo la sua corrispondenza con tutte le personalità della scienza italiana della fine del Settecento, che costituisce un'utile ed importante testimonianza dell'attività scientifica italiana di quel periodo.<sup>3</sup>

Per quanto riguarda i fenomeni chimici in particolare, le 179 lettere di Marsilio Landriani, le 33 missive di Carlo Barletti, le 24 di Felice Fontana, le 47 lettere di Ludovico Morozzo, le 24 di Giuseppe Saluzzo, le 16 di Alessandro Volta, le 66 di Lazzaro Spallanzani e alcune di Sebastiano Canterzani, offrono un lucido spaccato del dibattito sulla Nuova Chimica che si sviluppò in Italia alla fine del XVIII secolo.

Agli inizi degli anni '80, ad esempio, l'interesse dei chimici italiani ed in specie di Landriani, Volta, Spallanzani, Felice Fontana e Morozzo, era dedicato all'aria fissa che veniva emessa durante la respirazione: per Fontana essa era prodotta dall'organismo, in fenomeni di combustione e la si ritrovava nel sangue; per Landriani, Volta, Spallanzani, Carminati essa era invece la trasformazione che subiva l'aria respirabile a causa del flogisto dell'organismo e non era possibile che si trovasse nel sangue.<sup>4</sup>

*scientifica veronese e gli esperimenti di elettrometria animale alla fine del settecento.* «Att. Mem. Ac. Ag. Sc. Let. Vr.», Anno Acc. 1990-91, serie VI, vol. XLII, Verona 1993.

<sup>2</sup> Sulla Società Italiana o Accademia dei Quaranta vedi C. FARINELLA, *L'accademia repubblicana. La Società dei Quaranta e A.M. Lorgna*, cit.; G. PENSO, *Scienziati italiani e Unità d'Italia. Storia dell'Accademia Nazionale dei XL*, Ac. Naz. dei XL, Roma 1978; E. CURI, *Le idee scientifiche nel Veneto alla fine del Settecento, in Tra conservazione e novità: il mondo veneto innanzi alla rivoluzione del 1789*, Acc. Ag. Sc. Let. Vr., Verona 1991.

<sup>3</sup> Dello sterminato carteggio di Lorgna fanno parte, ovviamente, lettere il cui argomento è legato alle numerose attività del Colonnello, quale Governatore e Direttore del Collegio Militare di Verona, Ingegnere idraulico della Serenissima, editore e curatore dei volumi della Società dei XL, nonché Presidente della stessa, ed infine come scienziato. F. PIVA ha pubblicato la maggior parte della corrispondenza straniera del Nostro, sia con gli studiosi francesi: F. PIVA, *A.M. Lorgna e la Francia*, Ac. Ag. Sc. Let. Vr., Verona 1985, sia con quelli degli altri paesi europei: F. PIVA, *A.M. Lorgna e l'Europa*, cit. Riguardo alla corrispondenza con gli studiosi italiani, sono state recentemente pubblicate alcune lettere: G. FARINELLA, *Un matematico genovese del XVIII secolo. Lettere di F. Pezzi ad A.M. Lorgna e S. Canterzani*, in *Studi in onore di L. Bulferetti*, Miscellanea Storica Ligure, anno XVIII, n.r., 1986, pp. 765-881; M.T. BORGATO et al., T. Bonati, *Carteggio scientifico con Lorgna, Canterzani, Frisi, Saladini, Calandrelli, Venturi*, Firenze, Olschki, 1992.

<sup>4</sup> M. LANDRIANI, *Opuscoli fisico-chimici*, Pirola, Milano 1781. Vedi anche Biblioteca Civica di Verona (da ora B.C.Vr.) *Carteggio Lorgna*, Busta 16, fas. Landriani, lettera di M. Landriani ad A.M. Lorgna da Milano del 15-7-1783, che riassume il dibattito. Anche questa discussione tra i chimici italiani nacque dagli esperimenti di Lavoisier e dalla pubblicazione della sua

Improvvisamente, nel 1783, la questione si tacque per lasciar posto ad un nuovo evento, annunciato dai chimici francesi: la scomposizione e la ricomposizione dell'acqua.

Lavoisier non aveva ancora fatto a tempo a pubblicare, nel 1783 appunto, i risultati delle sue esperienze che già i vari chimici italiani venivano sommersi dai manifesti che preannunciavano la pubblicazione, a Firenze, di ben due lavori italiani sull'argomento: uno ad opera di Ferdinando Giorgi e Gaetano Cioni<sup>5</sup> e l'altro di Felice Fontana.<sup>6</sup>

Nel discuterne col Lorgna, Ludovico Morozzo, nel luglio del 1783, si lamentava perché a causa dei suoi impegni militari che lo tenevano lontano da Torino «non poteva essere al caso di ultimare la mia speranza sopra questa materia».<sup>7</sup>

Nel gennaio del 1784 Marsilio Landriani comunicò al Lorgna che «mi è riuscita benissimo l'esperienza di cangiar l'acqua in aria infiammabile con farla passar in stato vaporoso attraverso un tubo di ferro rovente».<sup>8</sup>

Sempre nel gennaio dell'84 Alessandro Volta discuteva col Lorgna «della scoperta fatta dal Sig. Lavoisier a cui io era già andato molto vicino, come Ella può vedere dalle note agli articoli dell'Aria ch'io ho firmato per la traduzione italiana del Dizionario di Chimica»<sup>9</sup> e «cioè dell'acqua in cui si risolvono l'aria deflogisticata e l'infiammabile insieme allorché s'abbruciano».<sup>10</sup>

Il 5 giugno 1784 un anonimo compilatore pubblicava sul *Nuovo Giornale d'Italia*, edito a Venezia, un «Estratto d'una Memoria letta dal Signor Lavoisier nella pubblica sessione dell'Accademia delle Scienze di Parigi, tenuta li 12 novembre 1783, intorno alla natura dell'Acqua e sopra delle esperienze che

memoria: *Experiences sur la respiration des animaux et sur les changements qui arrivent à l'air en passant par leur poulmon*, letta all'Accademia delle Scienze di Parigi nel 1777.

<sup>5</sup> Giorgi et Cioni med. D.D. *Prospectus eorum Commentarii circa aquae analysim a D. D. Meuvier et Lavoisier Parisi anno 1784 factam*, Florentiae, Kal. Martii, 1784. F. GIORGIA, *Saggio di naturali esperienze sopra la decomposizione dell'Acqua in Aria*, Firenze, Tofani, 1785. All'invio da parte del Giorgi di questo saggio ad A.M. Lorgna, il Cetetano rispose con le *Riflessioni del S.(ignore) C.(olonnello) L.(orgna) intorno al Saggio di naturali esperienze sopra la decomposizione dell'Acqua in Aria, fatta dal dott. Ferdinando Giorgi*, pubblicate in appendice in E. CURA, *Una lettera di A.M. Lorgna contro Lavoisier*, «At. Mem. Acc. Ag. Sc. Let. Vt.», Anno Ac. 1986-87, Serie VI, vol. XXXVIII, Verona.

<sup>6</sup> F. FONTANA, *Ristretto d'una Memoria sulla decomposizione dell'Acqua*, 18 giugno 1785, in *Ristampa di tre opuscoli*, Firenze, Cambiagi, 1786.

<sup>7</sup> B.C.Ve., *Carteggio Lorgna*, busta 17, fas. Morozzo, lettera di C.L. Morozzo ad A.M. Lorgna da Novara, del 30 luglio 1783.

<sup>8</sup> B.C.Ve., *Carteggio Lorgna*, busta 16, fas. Landriani, lettera di M. Landriani ad A.M. Lorgna da Milano del 26 maggio 1783.

<sup>9</sup> *Dictionnaire de chymie de P.J. Macquer - Dizionario di Chimica del Sig. P.J. Macquer, tradotto in italiano dal francese e condotto di note e nuovi articoli, di p. G.A. Scopoli*, Pavia, 1783-84, 9 voll. Alla stesura di molte note e articoli contribuì Alessandro Volta.

<sup>10</sup> B.C.Ve., *Carteggio Lorgna*, busta 20, fas. Volta, lettera di A. Volta ad A.M. Lorgna da Pavia del 24 gennaio 1784.

mostrano provare che questa sostanza non è un elemento propriamente detto ma che è suscettibile di decomposizione e di ricomposizione».<sup>11</sup>

Nel luglio del 1784 Carlo Barletti commentava con il chimico veneto, a proposito di Lavoisier: «Convengo che la chimica sua sperienza sulla riduzione di aria in acqua e ricavarla non anno ancora quel grado sommo di evidenza che pure si vorrebbe in cosa tanto importante e che cambierebbe realmente faccia a tutte le chimiche teorie».<sup>12</sup>

Nel maggio del 1785 Felice Fontana comunicò al Lorgna: «ora fò qualche cosa sulla decomposizione dell'acqua e sulla composizione della medesima e non mi trovo d'accordo gran cosa né co' i Francesi né cogli Inglesi, almeno nelle teorie. I miei fatti sono assai più precisi degli altri e tutto è in peso e in misura».<sup>13</sup>

Da queste poche note è facile vedere come immediatamente le notizie delle scoperte di Lavoisier rimbalzarono in Italia e furono recepite dai chimici più qualificati del tempo.

Si potrà obiettare che in realtà, in quei due anni, fu recepita solo una parte minima del grandioso edificio di idee che Lavoisier andava costruendo fin dal 1772, quella cioè riguardante la costituzione dell'acqua, ed è vero; ma, e ciò è molto importante, quelle semplici esperienze furono accolte con la consapevolezza piena e totale dell'enorme carica rivoluzionaria che esse sottintendevano.

Si può ben dire, con serena tranquillità, che i chimici italiani della fine del Settecento furono immediatamente consapevoli dell'importanza del messaggio che proveniva d'oltralpe, e, pur rifiutandolo, lo seppero perfettamente valutare e comprendere, ciascuno, naturalmente, secondo il grado di evoluzione del proprio ambiente scientifico.

Così Giuseppe Saluzzo si trovò nella necessità di affermare che «senza esame alcuno si assumono come verità irrefragabili immaginarie apparenze e così, di paralogismo in paralogismo si fabbricano sistemi rovinosi e falsi. Questo, o rivertissimo mio signore, è il ritratto parlante della nuova dottrina delle diverse specie d'aria»<sup>14</sup> e Ludovico Morozzo, dopo essersi augurato che «Lavoisier resti tutto concentrato nell'Assemblea Nazionale e non torni alle Scienze»,<sup>15</sup> se la prende con la «Nuova Nomenclatura, la quale secca chi non sa questo

<sup>11</sup> *Nuovo Giornale d'Italia, spettante alle Scienze Naturali e principalmente all'Agricoltura, alle Arti ed al Commercio*, fas. XLVII, 5 giugno 1784, pp. 374-376 del volume. Il misterioso compilatore dovrebbe essere Giovanni Arduino o più probabilmente Alberto Fortis.

<sup>12</sup> B.C.Vr., *Carteggio Lorgna*, busta 12, fas. Barletti, lettera di C. Barletti ad A.M. Lorgna da Pavia del 19 luglio 1784.

<sup>13</sup> B.C.Vr., *Carteggio Lorgna*, busta 14, fas. F. Fontana, lettera di F. Fontana ad A.M. Lorgna da Firenze del 10 maggio 1785.

<sup>14</sup> B.C.Vr., *Carteggio Lorgna*, busta 18, fas. Saluzzo, lettera di G. Saluzzo di Monistiglio ad A.M. Lorgna da Torino del 17 luglio 1781.

<sup>15</sup> B.C.Vr., *Carteggio Lorgna*, busta 17, fas. Morozzo, lettera di G.L. Morozzo ad A.M. Lorgna da Torino del 27 febbraio 1790.

mistico linguaggio e che per capirlo è obbligato a ricorrer come i ragazzini al Dizionario<sup>16</sup> [...] qui da noi non si ha gran disposizione a studiare nomi piuttosto che fatti e perciò non farà gran fortuna».<sup>17</sup> Morozzo prevedeva che «contro Lavoisier la decisiva vittoria dipenderà però dall'esito degli affari di Francia e spero che avrà ragione cioè che gliela verrà fatta da tutta Europa».<sup>18</sup>

È probabile che un rifiuto così accanito sia stato provocato, nei due nobili ufficiali piemontesi, non solo da questioni chimiche ma anche da visioni politiche.

Ben diversa fu l'accoglienza che ebbero le notizie degli esperimenti di Parigi, da parte degli studiosi lombardi. Fin dal 1784 Landriani scrisse al Lorgna affermando che, «dopo lunga meditazione, non posso a meno di non arrendermi e di sottomettermi all'opinione del Sig. Lavoisier»<sup>19</sup> e l'ammissione dovette costargli non poco data la sua amicizia con il Priestley con il quale era in continuo rapporto epistolare.

Per Barletti, sempre nell'84, «le chimiche teorie di Lavoisier hanno in assoluto un certo grado di vero ed una cert'aria di esatto e rigoroso che merita di esaminarsi maturamente»<sup>20</sup> mentre Alessandro Volta ricordava, ancora nel 1783 che «col Sig. Lavoisier avevamo fatto tante esperienze insieme»<sup>21</sup> e più tardi si giustificò «poiché diverse sperienze di chimica relative al sistema di Lavoisier mi hanno molto occupato».<sup>22</sup> Certamente l'ambiente lombardo appare il più aperto e disposto alla discussione.

Raggelante risulta invece la situazione a Bologna, da dove il Segretario dell'Accademia, Sebastiano Canterzani, addirittura nel 1794 comunicava al Lorgna: «Spererei che qui in Bologna non dovesse almeno per ora, prender gran piede la nuova teoria chimica la quale è finora stata da noi riguardata come non abbastanza provata».<sup>23</sup>

Anche Felice Fontana, in continuo rapporto epistolare con Guiton de Morveau, non si mostrò disposto ad accogliere le nuove idee ed anzi convocava

<sup>16</sup> B.C.Vr., *Carteggio Lorgna*, busta 17, fas. Morozzo, lettera di C.L. Morozzo ad A.M. Lorgna da Torino del 24 luglio 1790.

<sup>17</sup> B.C.Vr., *Carteggio Lorgna*, busta 17, fas. Morozzo, lettera di C.L. Morozzo ad A.M. Lorgna da Torino s.d.

<sup>18</sup> B.C.Vr., *Carteggio Lorgna*, busta 17, fas. Morozzo, lettera di C.L. Morozzo ad A.M. Lorgna da Torino del 27 febbraio 1790.

<sup>19</sup> B.C.Vr., *Carteggio Lorgna*, busta 16, fas. Landriani, lettera di M. Landriani ad A.M. Lorgna da Milano del 14 gennaio 1784.

<sup>20</sup> B.C.Vr., *Carteggio Lorgna*, busta 12, fas. Barletti, lettera di G. Barletti ad A.M. Lorgna da Pavia del 19 luglio 1784.

<sup>21</sup> B.C.Vr., *Carteggio Lorgna*, busta 20, fas. A. Volta, lettera di A. Volta ad A.M. Lorgna da Pavia del 25 marzo 1785.

<sup>22</sup> B.C.Vr., *Carteggio Lorgna*, busta 20, fas. A. Volta, lettera di A. Volta ad A.M. Lorgna da Pavia del 23 maggio 1790.

<sup>23</sup> B.C.Vr., *Carteggio Lorgna*, busta 14, fas. Canterzani, lettera di S. Canterzani ad A.M. Lorgna da Bologna del 28 marzo 1794.

ad assistere ai suoi esperimenti «i soggetti più conoscenti della Toscana nelle Scienze [...] ma l'acqua non dà che acqua e non mai aria respirabile».<sup>24</sup>

L'articolista del *Giornale d'Italia* commentava che «è difficile negar di riconoscere che in questa esperienza formasi dell'acqua artificialmente, e di tutto punto che, per conseguenza, le parti costituenti questo fluido sono l'aria infiammabile e l'aria deflogisticata [...] si è quasi invincibilmente condotti a concludere che l'acqua non sia una sostanza semplice, un elemento propriamente detto, come se lo aveva sempre pensato».<sup>25</sup>

Nella Serenissima Repubblica Veneta in quegli anni si interessò dell'argomento, solo A. M. Lorgna che nel 1784 aveva inviato allo Spallanzani la copia di una sua memoria sull'acqua, prima di pubblicarla nel III° volume degli *Atti della Società Italiana*. Le obiezioni dell'abate pavese determinarono il Lorgna a sospendere la pubblicazione e a scendere decisamente in campo, accettando l'offerta di Felice Fontana; questi, proprio alla fine del 1785 scriveva al Lorgna di essere operato dal lavoro impostogli dal museo anatomico delle cere per cui passava allo studioso veneto il testimone, inviandogli schemi, disegni, piani e consigli per la costruzione di apparecchiature e bilance di massima precisione per gli studi sull'acqua «[...] sentirò con piacere i risultati delle sue esperienze sulla decomposizione dell'acqua che si fa passare per canne metalliche esposte a ottanta gradi Reamur o a 150 al più come ora si conta la palinodia del Giorgi»,<sup>26</sup> mentre Morozzo plausiva al fatto che Lorgna, con tutto ciò che aveva da fare, trovasse il tempo da dedicare «anche alle nuove sperienze che lei si propone sopra la scomposizione dell'acqua».<sup>27</sup>

Nel biennio, quindi, che va dal 1783 al 1785 seguirono esperienze di scomposizione e ricomposizione dell'acqua, oltre al Gioni e al Giorgi, anche Felice Fontana, Marsilio Landriani, Ludovico Morozzo, Alessandro Volta, Anton Maria Lorgna e forse Carlo Barletti ed è da notare che dei due esperimenti del Lavoisier, quello di sintesi e quello di analisi, fu quest'ultimo ad essere considerato da tutti il più importante e decisivo.

Fu lo stesso Guyton de Morgeau che scrisse al Fontana, nel 1785, pregandolo di preparare ed eseguire un «*experimentum crucis* [...] che mostri cosa diviene l'acqua ed il flogisto quando si fa passare l'acqua per le canne di ferro rovente [...] tal ricerca è il problema del secolo».<sup>28</sup>

<sup>24</sup> F. FONTANA, *Lettere di Felice Fontana al Cavalier Lorgna*, Firenze, Cambiagi, 1786.

<sup>25</sup> *Nuovo Giornale d'Italia*, cit.

<sup>26</sup> B.C.Vr., *Carteggio Lorgna*, busta 14, fas. F. Fontana, lettera di F. Fontana ad A.M. Lorgna da Firenze del 13 maggio 1786. Tra le varie lettere vi sono numerosi disegni di piani e apparecchiature di chimica.

<sup>27</sup> B.C.Vr., *Carteggio Lorgna*, busta 17, fas. Morozzo, lettera di C.L. Morozzo ad A.M. Lorgna da Torino del 5 maggio 1786.

<sup>28</sup> B.C.Vr., *Carteggio Lorgna*, busta 14, fas. F. Fontana, lettera di F. Fontana ad A.M. Lorgna da Firenze del 29 marzo 1786.

Gli esperimenti, così semplici nella loro attuazione, riuscirono perfettamente a tutti e tutti poterono constatare che se dell'acqua veniva fatta passare per delle canne di ferro roventi, risultava la produzione di aria infiammabile, ossia idrogeno, mentre limatura e trucioli di ferro, posti all'interno delle canne, risultavano ossidati.

Ma non tutti diedero del fenomeno la spiegazione data da Lavoisier ed, in una sorta di pirandelliana commedia delle parti, ognuno vide ciò che volle vedere.

«Ciò non fa alcun torto ai suoi esattissimi esperimenti», rispose il Lorgna al Giorgi, quando questi gli chiese un parere sui suoi lavori, «la questione si aggira attorno alle conclusioni».<sup>29</sup>

Morozzo, ad esempio, affermò che le esperienze lo andavano persuadendo «che aumentando il flogisto all'aria infiammabile la conduco presso che all'indole dell'aria deflogisticata».<sup>30</sup>

Landriani invece, da quel grande sperimentatore che era, variò più volte le esperienze e cominciò ad «avere dei dubbi sulla presunta conversione dell'acqua in aria infiammabile».<sup>31</sup> L'amicizia ed i continui rapporti epistolari col Priestley condizionarono molto i suoi giudizi, ma non al punto da negare l'evidenza: se, come sosteneva il chimico inglese, l'aria infiammabile proveniva dal ferro, «il ferro dovrebbe trovarsi diminuito di peso. Ora il ferro cresce sensibilmente di peso [...] convergo che non bastano queste prove a togliere ogni dubbio sulla concrezione dell'acqua, ma sono però molto significanti e di gran peso all'opinione del fisico francese. Tuttavia non sono ancora persuaso che l'acqua si scomponga e che l'aria ottenuta non sia dovuta al ferro e che l'acqua in stato di vapore faccia l'effetto dell'acido vitriolico o marino versato sul metallo».<sup>32</sup>

Felice Fontana invece, affermava al Morveau: «credo dimostrato, dopo i miei esperimenti, che il flogisto del ferro e l'acqua sono i componenti o gli elementi che costituiscono l'aria infiammabile, poiché il peso dell'aria infiammabile che noi osserviamo corrisponde a quello dell'acqua consumata e di quella parte del ferro che si è cristallizzata. Non mi resta che dimostrare questo: l'acqua si trova in questa cristallizzazione del ferro».<sup>33</sup>

<sup>29</sup> B.C.Ve., *Carteggio Lorgna*, busta 8, fas. Acqua, *Riflessioni del S.C.L.*

<sup>30</sup> B.C.Ve., *Carteggio Lorgna*, busta 17, fas. Morozzo, lettera di C.L. Morozzo ad A.M. Lorgna da Torino del 25 ottobre 1786.

<sup>31</sup> B.C.Ve., *Carteggio Lorgna*, busta 16, fas. Landriani, lettera di M. Landriani ad A.M. Lorgna da Milano del 4 giugno 1784.

<sup>32</sup> B.C.Ve., *Carteggio Lorgna*, busta 16, fas. Landriani, ivi.

<sup>33</sup> Nel fascicolo intestato a F. Fontana, nella busta 14, si trova una lettera scritta in francese inviata ad un Monsieur, che tratta delle *sels exposés au vapour vitriolique*, a firma F. Fontana. Si tratta certamente della lettera che Fontana inviò a Guillon de Morveau di cui dà notizia al Lorgna, il 20 agosto 1790: «ho voluto mandarle una mia lettera francese, scritta qualche anno addietro a M. de Morveau, la quale non è mai stata pubblicata con le stampe [...]».

Per Lorgna, infine, l'esperimento dimostrava che «il ferro rovente somministra la materia del fuoco. L'acqua si disgrega e si risolve in due, aria vitale e idrogeno ossia acqua allo stato di secchezza. In questo stato si riaccoppia alla materia del fuoco e diventa aria infiammabile».<sup>34</sup>

Ecco come un sol, semplice esperimento trova ben quattro diverse interpretazioni da parte di quattro diversi studiosi.

Quelle qui esposte non sono che poche frasi estratte da poche lettere scambiate tra pochi autori. È probabile che un'analisi più approfondita dei carteggi, degli appunti, dei manoscritti di questi stessi chimici e anche di altri, potrebbe confermare il sospetto che in realtà, in Italia, il dibattito sulla Nuova Chimica avvenne immediato e ben più approfondito di quanto non lascino pensare le sole pubblicazioni a stampa del periodo.

L'analisi del carteggio del Lorgna, ad esempio, ha rivelato che lo studioso veneto lavorò sulla Nuova Chimica per oltre un decennio, producendo sul solo argomento della composizione dell'acqua ben quattro poderose memorie rimaste inedite ed una ingente quantità di appunti, note e considerazioni, che testimoniano di un approfondimento non solo sperimentale ma anche teorico di notevole impegno. Lorgna giungerà più tardi ad indicare una nuova e diversa giustificazione razionale degli esperimenti di Lavoisier<sup>35</sup> e addirittura a proporre una sua nuova nomenclatura chimica.<sup>36</sup>

Nelle loro lettere allo studioso veneto, Landriani, Volta e Fontana parlano spesso di continue prove ed esperimenti da loro operati sulle trasformazioni dell'acqua ed è probabile che anche per loro il lavoro di analisi delle idee di Lavoisier sia stato lungo ed approfondito; per Lorgna fu letteralmente ossessivo!

Cadrebbe così quel luogo comune, perpetuato per secoli ormai, secondo il quale gli studiosi italiani compresero male e tardi il messaggio rivoluzionario apportato nella chimica dal Genio francese e che solo dopo le providenziali traduzioni del Dandolo e di altri qualche cosa cominciasse a muoversi nel torpido ambiente scientifico italiano.

Non si capirebbe del resto per quale motivo ambienti scientifici vivissimi in alcune discipline, come la Lombardia di Spallanzani e Volta, la Toscana di Felice Fontana o il Veneto di Giovanni Arduino e Lorgna, (e nel quale, tra l'altro, comparvero le prime traduzioni delle opere della Nuova Chimica), dovessero

<sup>34</sup> B.C.VI, *Carteggio Lorgna*, busta 8, fas. Acqua. Vedi anche E. CURJ, *Una lettera di A.M. Lorgna contro Lavoisier*, cit.

<sup>35</sup> E. CURJ, *A.M. Lorgna chimico del Settecento europeo*, in *Antonio Maria Lorgna nel 250° anniversario della nascita*, Acc. Ag. Sc. Let. Ve., Verona 1986; Id., *Una lettera di A.M. Lorgna contro Lavoisier*, cit.

<sup>36</sup> «[...] quanto poi al suo sistema non so se avrà la bella sorte d'incontrare tutti; non conviene surrogarne un altro che non si è ancora studiato, onde per comodo si seguita a dabilitare». Lettera di C.L. Morozzo ad A.M. Lorgna da Torino del 14 ottobre 1793, in B.C.VI, *Carteggio Lorgna*, Busta 17, fas. Morozzo.

risultare impenetrabili proprio a quella disciplina che più di tutte a quei tempi, presentava i caratteri della modernità.

Se un ambiente è intellettualmente vivo non lo può essere a spicchi o a settori; Spallanzani era un biologo, Volta un fisico, Lorgna un matematico, ma il problema scientifico del secolo non poteva non aver affascinato le loro intelligenze e la loro curiosità, lasciando, invece, nella totale indifferenza la Bologna pontificia.

*La chimica applicata nella Neurologia della metà  
del '700 e sui commercialisti come la Germania*

Summary: The paper analyzes the relationship between the application of the natural chemistry, starting in the beginning of the second half of the XVIII Century and its development towards Lavoisier's system, during the evolution of the bourgeoisie, due to the influence of the University of Leoben, and the role of the Academy of Sciences of Turin, both institutions, working with Proprietors' Chemistry, in the field of Medicine.

Il testo è l'analisi delle relazioni tra commercio e scienza, con particolare riferimento all'evoluzione della chimica applicata, a partire dal Settecento, nel campo della Chimica applicata, nei confronti della medicina, e della chimica applicata, in relazione con la medicina, e la chimica applicata, in relazione con la medicina, e la chimica applicata, in relazione con la medicina.

Synopsis: La relazione tra chimica applicata e medicina, a partire dalla seconda metà del Settecento, è analizzata in questo lavoro, in relazione con l'evoluzione della chimica applicata, a partire dal Settecento, nel campo della Chimica applicata, nei confronti della medicina, e della chimica applicata, in relazione con la medicina.

Questo lavoro è un'analisi delle relazioni tra commercio e scienza, con particolare riferimento all'evoluzione della chimica applicata, a partire dal Settecento, nel campo della Chimica applicata, nei confronti della medicina, e della chimica applicata, in relazione con la medicina.

Questo lavoro è un'analisi delle relazioni tra commercio e scienza, con particolare riferimento all'evoluzione della chimica applicata, a partire dal Settecento, nel campo della Chimica applicata, nei confronti della medicina, e della chimica applicata, in relazione con la medicina.

Questo lavoro è un'analisi delle relazioni tra commercio e scienza, con particolare riferimento all'evoluzione della chimica applicata, a partire dal Settecento, nel campo della Chimica applicata, nei confronti della medicina, e della chimica applicata, in relazione con la medicina.

1) *Chimica applicata nella Neurologia della metà del '700 e sui commercialisti come la Germania*, in *Atti del Congresso Nazionale della Società Italiana di Storia della Chimica*, Roma, 1972, pp. 1-10.

PAOLO AMAT DI SAN FILIPPO (\*)

## **La chimica applicata nella Sardegna della metà del '700 e sue connessioni con la Germania (\*\*)**

**Summary** - This paper underlines the connections between the achievements of the Applied Chemistry, existing in the Sardinia in the second half of the XVIII Century, and the contemporary german Chemical Culture, focusing the attention on two manuscripts, one of the Library of the University of Sassari, and the other of the Academy of Sciences of Turin; both containing a lot of experiments dealing with Preparative Chemistry, and Applied Analysis.

As in Turin the «Theoretical Schools» constituted the nucleus over wich grew later the «Politecnico», so in Cagliari the Dokimastic Laboratory led to the creation of the Applied Chemistry Institute, that recently became Department of Engineering Chemistry and Materials.

Seguendo la politica del padre Vittorio Amedeo II, il secondo Re di Sardegna Carlo Emanuele III inviò all'estero alcuni Ufficiali d'Artiglieria perché si specializzassero in quelle Scienze Tecnologiche di cui auspicava lo sviluppo nel suo Regno.

Inviò pertanto per un lungo periodo, in Sassonia ed in Ungheria il Capitano d'Artiglieria Spirito Benedetto Nicolis di Robilant ed i Cadetti Ponzio, Bussoletti, Fontana e Vallino, perché, sotto la guida di esperti locali, si specializzassero nell'Arte delle Miniere.

L'Arte delle Miniere a quel tempo in Germania comprendeva le odierne discipline di Prospezione Mineraria, Geologia, Mineralogia, Petrografia, Arte Mineraria, Trattamento dei Minerali, Chimica, e Metallurgia.

Il di Robilant descrisse, in una esauriente relazione [1], le attività industriali più importanti dei Paesi visitati e, ritornato in Patria, propose al Sovrano, attra-

(\*) Dipartimento di Ingegneria Chimica e Materiali, Università di Cagliari.

(\*\*) Relazione presentata al V Convegno Nazionale di «Scoria e Fondamenti della Chimica» (Perugia, 27-30 ottobre 1993).

verso l'allora Ministro per gli Affari di Sardegna Conte Giambattista Bogino di Migliandolo, l'istituzione nell'ambito delle Scuole Teoriche di Artiglieria e Fortificazioni di un Corso di «Studi Metallurgici» [2] riservato ai Cadetti d'Artiglieria.

Questo Corso avrebbe completato la preparazione degli Allievi, che all'Accademia avevano già studiato la Matematica e il Disegno, con lo studio di discipline specialistiche quali la Chimica Metallurgica, la Chimica Docimastica, la Geometria Sotterranea, l'Architettura Sotterranea, e la Metallurgia.

Differenti esercitazioni pratiche avrebbero caratterizzato la destinazione finale degli Allievi; alcuni si sarebbero esercitati nell'Architettura e nella Geometria Sotterranea, altri nella Fonderia e nella Progettazione di Fabbriche [2].

Lo studio della Chimica Metallurgica era propedeutico alle altre discipline; questa, comprendeva una parte Teorica ed una Pratica. Nella parte Teorica veniva trattata la Mineralogia, l'Analisi e la Sintesi, conformemente agli insegnamenti del Professor Geellert di Freyberg [2]; nella parte Pratica venivano effettuate sintesi varie.

Lo studio della Chimica Docimastica era successivo.

Le esercitazioni di Chimica, si sarebbero svolte parallelamente alle esercitazioni in miniera.

Lo studio della Geometria Sotterranea, applicazione pratica della Trigonometria, avrebbe messo gli Allievi in grado di rilevare i pozzi e le gallerie minerarie.

Lo studio dell'Architettura Sotterranea, che trattava specificamente, i filoni e gli strati mineralizzati, avrebbe permesso agli stessi di progettare, sia le escavazioni che i fabbricati per le varie operazioni mineralurgiche.

Con lo studio della Metallurgia, che trattava sia i principi dei processi metallurgici, che i metodi e le attrezzature per il trattamento, si concludeva la preparazione degli Allievi.

Il di Robilant condensò le discipline del Corso, in altrettanti Trattati manoscritti.

La Biblioteca Universitaria di Cagliari ne conserva otto, inventariati come «Trattati per le Scuole Mineralogiche». Essi riguardano: la Chimica Metallurgica, la Docimastica, la Geometria Sotterranea, l'Arithmetica, la Geometria Speculativa di Euclide, la Geometria Pratica, e la Stereometria.

Dei trattati di Chimica Metallurgica, e di Docimastica si è già fatto cenno in altre Comunicazioni sulla Storia e sui Fondamenti della Chimica [3, 4].

L'esemplare del Trattato di Docimastica della Biblioteca Universitaria di Cagliari, a suo tempo descritto [4], è senza dubbio la copia di quello della Biblioteca dell'Accademia delle Scienze di Torino (Manoscritto 0391) [5], che deve essere l'originale.

Questo, che fa parte di un interessantissimo Fondo documentale donato dalla famiglia Robilant, differisce solo nei titoli dei capitoli scritti in rosso.

L'esame delle carte del «Fondo Robilant», permette di attribuire la paternità di tutti i Trattati al Robilant e non al Belly come era stato fatto [4] in base alle note dell'Inventario della Biblioteca Universitaria di Cagliari, risultate poi inesatte.

Pietro Belly non fu l'autore del Trattato, né soggiornò in Sassonia; ma fu uno dei primi Allievi del Corso di Chimica Metallurgica tenuto dal Sottotenente Ponzio, a tal fine esplicitamente designato dal Robilant [2].

È pertanto molto probabile che Belly abbia portato in Sardegna la copia che finì con gli altri Trattati, nella Biblioteca Universitaria.

Come già detto altrove [5] il Sottotenente Gio Stefano Ponzio, inviato a Cagliari, nel 1758, coll'incarico di controllare la Concessione Mineraria Mandell, aveva istituito in quella Città un Laboratorio Docimastico.

Morto alcuni mesi più tardi, probabilmente di malaria, egli fu sostituito dal Sottotenente Pietro Belly che ebbe, nell'Isola, miglior sorte.

Gli altri Cadetti che col Robilant erano stati a Freiberg, diventati Sottotenenti, furono impiegati nelle Scuole Mineralogiche; mentre il Bussoletti fu incaricato, di preparare gli strumenti e le attrezzature per il Corso di Architettura Sotterranea, il Vallino ebbe l'incarico di curare la costruzione dei modelli delle Fonderie e dei Forni studiati [2].

Le esercitazioni nel Laboratorio Chimico iniziarono non appena questo fu realizzato, insieme al Museo, nell'Arsenale.

Esse venivano eseguite secondo le metodiche riportate nei due Trattati di Chimica Metallurgica e di Docimastica che Robilant aveva elaborato, sulla base delle nozioni acquisite a Freyberg sotto la guida del professor Geellert e dell'Assaggiatore Klotscher [7], e sulla falsariga del Trattato di Docimastica di Giovanni Andrea Cramer [8].

Le esercitazioni di Chimica Metallurgica, ancor oggi di notevole interesse per la Chimica Preparativa, riguardavano sia la chimica di base che quella industriale; mentre quelle di Docimastica, che riguardavano sia l'analisi di minerali e leghe, che i processi metallurgici, per i metodi adottati, sono oggi di minor interesse.

#### IL MANOSCRITTO DI TORINO

Nel Manoscritto 0388 del ponderoso «Fondo Robilant», sotto il titolo: «... L'anno 1754 - Preparazione ed esiti degli Esperimenti che si sono eseguiti nel R. Laboratorio metallurgico relativamente alla parte pratica della Chimica Metallurgica...», descritti con formulazione alchimistica, vengono presentati 97 «Problemi» articolati, a loro volta, con i rispettivi risultati, in ben 552 «Preparazioni».

I «Problemi» sono:

- «... 1 - Ricavar dai vegetali un Alkali fisso.  
2 - Ricavare dal Tartaro combinato col Nitro un Alkali fisso.  
3 - Ricavare dal Nitro un Alkali fisso.  
4 - Ricavare dal sale Ammoniaco Alkali volatile.  
5 - Fare il Vetriolo.  
6 - Ricavare l'Allume.  
7 - Ricavare il Nitro.  
8 - Ricavare il Salmarino.  
9 - Ricavare l'Acido Vetriolico.  
10 - Ricavare l'Acido di Nitro.  
10 bis - Ricavare lo Spirito di Nitro.  
11 - Ricavare l'Acido di Salcomune.  
12 - Fare l'Aqua Regia.  
13 - Dissolvere le Pietre calcaree con Alkali fisso.  
14 - Dissolvere le Pietre argillose con Alkali fisso.  
15 - Dissolvere le Pietre di gesso con Alkali fisso.  
16 - Dissolvere le Pietre vetrificabili con Alkali fisso.  
17 - Dissolvere Pietre fra loro senza aggiunta di verun fondente.  
18 - Dissolvere due specie di pietre, delle quali una non può dissolver l'altra col mezzo di una terza, che ne dissolva una di esse.  
19 - Dissolvere ogni specie di Pietre col Borace.  
20 - Dissolvere tutte le specie di Pietre colla Calce di Piombo.

Aggiunta di Sperimenti

Dissolvere le diverse Terre, e Pietre col Fiele di Vetro, da effettuarsi nel forno veementissimo.

Sperimenti reiterati dei Problemi 13, 14, 15, e 16 per meglio accertarsi del loro rispettivo esito.

- 13 - Dissolvere le Pietre calcaree con un Alkali fisso.  
14 - Dissolvere le Pietre argillose con un Alkali fisso.  
15 - Dissolvere le Pietre di Gesso con un Alkali fisso.  
16 - Dissolvere le Pietre vetrificabili con un Alkali fisso.

Altro «Aggiunto di Sperimenti»

Dissolvere le diverse Terre, e Pietre coll'Arsenico fisso.

- 21 - Dissolvere tutte le specie di Pietre col Vetro e Calce di Antimonio.  
22 - Dissolvere l'Olio con un Alkali fisso per produrne un Sapone.  
23 - Dissolvere l'Acido ricavato dal Vino con un Alkali fisso e produrre un Tartaro rigenerato.  
24 - Dissolvere lo Spirito di Salcomune con un Alkali fisso per produrne un Salcomune rigenerato.

- 25 - Dissolvere lo Spirito di Nitro coll'Alcali fisso per produrne un Nitro rigenerato.
- 26 - Dissolvere l'Acido Vetriolico in Alcali fisso per ricavarne un Tartaro vetriolato.
- 27 - Dissolvere con un Acido potente un Alcali fisso, che è combinato con un Acido più debole.
- 28 - Dissolvere i Metalli imperfetti, ed i Semimetalli con un Alcali fisso.
- 29 - Dissolvere il Rame, il Ferro, il Piombo, e lo Stagno per via umida con Olio di Tartaro (b.d).
- 30 - Preparare col Sangue di Bue l'Alcali fisso come si richiede per l'Azzurro di Berlino.
- 31 - Dissolvere l'Oro, l'Argento, il Mercurio, lo Zinco ed il Bismuto coll'Alcali fisso preparato per l'Azzurro di Berlino.
- 32 - Dissolvere lo Spirito di Salcomune con un Alcali volatile e fare un Sale Ammoniaco rigenerato.
- 33 - Dissolvere lo Spirito di Nitro con un Alcali volatile, e con tal combinazione produrre un Nitro volatile rigenerato.
- 34 - Dissolvere l'Acido Vetriolico con un Alcali volatile, e con ciò produrre un Tartaro Vetriolato semivolatile.
- 35 - Dissolvere il Rame con un Alcali volatile.
- 36 - Dissolvere l'Oro, l'Argento, il Mercurio, il Piombo, lo Stagno, e il Ferro, il Bismuto, e il Regolo d'Antimonio con un Alcali volatile.
- 37 - Rendere l'Aceto per sé più potente.
- 38 - Rendere l'Acido vegetale più potente col mezzo del Verderame.
- 39 - Dissolvere il Piombo coll'Aceto, e prepararne la Cerussa.
- 40 - Dissolvere la Calce di Piombo coll'Aceto distillato per prepararne lo Zucchero di Saturno.
- 41 - Dissolvere il Rame coll'Aceto distillato per farne una Crisocola.
- 42 e 43 - Dissolvere nell'Aceto distillato le Terre e Pietre calcaree, il Ferro, lo Zinco, il Bismuto e precipitarli con un Alcali fisso.
- 44 - Dissolvere le Terre, e Pietre calcaree coll'Olio di Vetriolo.
- 45 - Dissolvere l'Argilla in parte nell'Olio di Vetriolo e fare con ciò una specie di Allume.
- 46 - Dissolvere il Ferro, e lo Zinco nell'Olio di Vetriolo.
- 47 - Dissolvere l'Argento, il Rame, il Piombo, lo Stagno, il Bismuto, il Regolo di Antimonio e l'Arsenico nell'Olio di Vetriolo.
- 48 - Dissolvere con l'Olio di Vetriolo il Mercurio, e fare con una parte di questo il Turpeto di Mercurio.
- 49 - Precipitare i Metalli, e Terre, disciolte nell'Olio di Vetriolo.
- 50 - Dissolvere le Pietre calcaree coll'Acido di Nitro e produrre il Fosforo di Balduino.
- 51 - Dissolvere l'Argento nell'Aqua Forte, e fare i Cristalli di Luna.

- 52 - Precipitare coll'Acido di Salcomune la dissoluzione di Argento e preparare la Luna Cornea.
- 53 - Dissolvere nell'Aqua Forte il Mercurio, e il Piombo e farli cristallizzare.
- 54 - Dissolvere nell'Aqua Forte il Ferro, il Rame, lo Stagno, il Cobalto.
- 55 - Precipitare i Corpi disciolti nell'Aqua Forte.
- 56 - Dissolvere nell'Acido di Salcomune le Terre, e Pietre calcaree, e preparare con tal mezzo il Sale Ammoniacco fisso, ed anche il Fosforo di Homberg.
- 57 - Dissolvere il Rame, lo Stagno, l'Arsenico, ed il Regolo di Antimonio, lo Zinco, il Bismuto ed il Cobalto nello Spirito di Salcomune.
- 58 - Precipitare i Corpi disciolti nell'Acido di Salcomune.
- 59 - Dissolvere le Terre, e Pietre calcaree coll'Aqua Regia.
- 60 - Dissolvere l'Oro coll'Aqua Regia e precipitarlo per produrre l'Oro Fulminante.
- 61 - Precipitare l'Oro disciolto in Aqua Regia col Vetrolo di Rame, di Ferro e col Verderame.
- 62 - Dissolvere lo Stagno nell'Aqua Regia e precipitare in quella dissoluzione l'Oro a guisa di Calce color porpora.
- 63 - Dissolvere nell'Aqua Regia il Rame, il Ferro, il Piombo, il Bismuto, l'Arsenico, il Regolo d'Antimonio, lo Zinco, ed il Cobalto.
- 64 - Dissolvere il Mercurio nell'Aqua Regia, e preparare il Mercurio sublimato.
- 65 - Precipitare i Corpi disciolti nell'Aqua Regia.
- 66 - Dissolvere il Rame ed il Ferro col Sale Ammoniacco per via umida.
- 67 - Dissolvere il Ferro per via secca con Sale Ammoniacco e sublimarlo.
- 68 - Dissolvere il Rame, il Ferro, lo Stagno, il Piombo, lo Zinco, il Bismuto, il Regolo di Arsenico, di Antimonio, ed il Cobalto col Nitro in fondita.

#### Detonazione dell'Argento col Nitro

- 69 - Dissolvere i Metalli di liquazione difficile, cioè l'Argento, il Rame, il Ferro, col mezzo di Acido di Salcomune o di Nitro nella cementazione.
- 70 - Dissolvere gli Spiriti Acidi coll'Olio e produrre un Solfo.
- 71 - Dissolvere il Solfo cogli Olii espressi per farne il Balsamo.
- 72 - Dissolvere il Piombo o la Calce di Piombo per mezzo degli Olii espressi.
- 73 - Revivificare le Calci metalliche con un Combustibile.
- 74 - Ridurre il Ferro in Acciaio per mezzo del Combustibile.
- 75 - Dissolvere i Metalli, e i Semimetalli col solfo eccettuandone l'Oro e lo Zinco.
- 76 - Precipitare i Metalli disciolti dal Solfo fra loro, e liberarli dal medesimo.

- 77 - Dissolvere il Solfo che esiste nell'Antimonio col Ferro, e con tal mezzo precipitare il Regolo d'Antimonio.
- 78 - Dissolvere col Solfo dell'Antimonio i Metalli che saranno uniti all'Oro, e con tal modo depurarlo.
- 79 - Dissolvere il Mercurio col Solfo e produrre con tal mezzo il Cinabro.
- 80 - Dissolvere per mezzo del Ferro il Solfo esistente nel Cinabro e revivificare il Mercurio.
- 81 - Dissolvere per mezzo del Solfo l'Alcali fisso, e con tal mezzo produrre un Fegato di Zolfo.
- 82 - Dissolvere il Solfo che esiste nell'Antimonio con un Alcali fisso, e con tal mezzo spogliarne il Regolo.
- 83 - Dissolvere i Metalli col Fegato di Zolfo.
- 84 - Dissolvere i Metalli coll'Arsenico.
- 85 - Dissolvere i Metalli e i Semimetalli col Regolo d'Antimonio.
- 86 - Fare un Vetro d'Antimonio, e dissolvere col medesimo Metalli e Semimetalli.
- 87 - Dissolvere i Metalli col Bismuto.
- 88 - Dissolvere i Metalli e i Semimetalli con lo Zinco.
- 89 - Dissolvere il Rame con lo Zinco esistente nel minerale di questo Semimetallo e produrre l'Oricalco.
- 90 - Dissolvere i Metalli e i Semimetalli col Regolo di Cobalto.
- 91 - Dissolvere i metalli con lo Stagno.
- 92 - Dissolvere i Metalli col Ferro.
- 93 - Dissolvere l'Argento e l'Oro per via del Rame.
- 94 - Dissolvere l'Oro e l'Argento fra loro.

Separar l'Oro dai dorati per via secca.

- 95 - Dissolvere i Metalli col Mercurio.
- 96 - Non indicato, è un corollario del <Problema> precedente.
- 97 - Dissolvere le Calci metalliche per mezzo del Vetro ...».

I <Problemi> sono gli stessi della seconda parte (Pratica) del Trattato di Chimica Metallurgia già citato [3]; la cui prefazione, in bozza originale è riportata nel Manoscritto 0382, già citato [2].

Le figure delle apparecchiature del Trattato di Chimica Metallurgia [3] sono la copia di quelle del Manoscritto 0396 in lingua tedesca del «Fondo Robilant».

Oltre alle esperienze di cui sopra, nel Manoscritto 0388 ne sono descritte molte altre: 130 sulla preparazione del vetro, 41 sulla sua colorazione, 7 sulla preparazione di smalti colorati, ed altre 43 ancora sulle loro differenti applicazioni.

Le esperienze di chimica comprendono anche 4 esperienze metallurgiche per la conversione, in acciaio, del ferro prodotto da alcune fonderie piemontesi.

Il Manoscritto 0388 riporta, ancora, sotto il titolo «... Sperimenti di Chimica metallurgica seguiti a Freyberg nel Corso fatto negli anni 1749, e 1750 sotto il celebre Professore Geellert dai soggetti mandati da S.M. nella Sassonia ...», 24 esperimenti, articolati in complessive 334 preparazioni simili a quelle precedentemente descritte, e ancora: 6 <Preparazioni>, 12 «... Sperimenti fatti per riuscire la vetrificazione delle matrici de' minerali del Piemonte stati trasmessi per essere assaggiati nella Sassonia ...», 9 <Preparazioni> «... per riuscire la fondita delle matrici avute dal Piemonte ...», ed ancora 2 per studiare «... altre composizioni per imitare la lega d'Artiglieria ...».

Seguono ancora: 23 preparazioni «... sopra vetrificazioni fatti nelle fonderie di Freyberg ...», 4 esperimenti «... fatti in Freyberg sulle <Rosette> d'Alagna e di Val d'Aosta ...», 13 relative alla «... riuscita dell'azzurro dal Cobalto coll'analisi del regolo di Cobalto delle Fonderie di Freyberg ...», e 13. «... Sperimenti chimici sul Regolo di Cobalto ...».

Seguono: 9 «... processi diversi posti in pratica all'occasione, che si cercò le ragioni perché i rami nostri di Valpellina non sieno puri né così alti in colore come quelli di Sassonia, ed altri paesi ...», nei quali è previsto l'attacco del rame con <Oglio di Vetriolo> ( $H_2SO_4$ ), <Acqua forte> ( $HNO_3$ ), <Spirito di sale> ( $HCl$ ), <Aqua regia>, e <Spirito urinoso> ( $NH_4OH$ ).

Sempre nello stesso Manoscritto è indicata una «... Serie de' giornali Sperimenti fatti nelle Esercitazioni Docimastiche nel R. Laboratorio Metallurgico negli Anni 1757 e 1759 ...», che è il principale argomento di questa comunicazione.

I 42 <Problemi>, i cui titoli sono qui sotto elencati, «... Preparazione dell'Aqua Forte per gli Affinaggi - Depurazione dell'Aqua Forte - Deffecazione dell'Aqua Forte - Prova d'inquartazione - Preparazione dell'Aqua Regia - Prova dell'Aqua Regia - Composizione de' Flussi - Preparazione del Flusso nero - Flusso per i Soggetti refrattari - Per formare Scorificatori - Per formare coppelle - Per il Luto - Esame del peso specifico de' Minerali diversi, Metalli, Semimetalli, composti d'essi, de' Liquidi, liscivie saline e spiriti acidi relativi al Regno Minerale - Sperimenti di Calcinazione - Preparazione di Scorificazioni - e i <Problemi>:

1) Dar il saggio a' minerali d'argento trattabili - 2) Determinare colla partizione nell'Aqua Forte l'oro che esiste in un grano d'argento - 3) dar il saggio a' minerali d'oro - 4) Ricavare l'oro dai minerali coll'amalgamazione - 5) Dar il saggio a' minerali trattabili compatti e ricchi in rame - 6) dar il saggio sul piombo a' minerali di questo metallo - 7) Dar il saggio sullo stagno a' minerali di questo metallo - 8) Saggiare metalli imperfetti nello scorificatoio - 9) Dar il saggio a' minerali di ferro - 10) Saggiar i minerali sul mercurio - 11) Dar il saggio sul zinco a' minerali di questo semimetallo - 12) Assaggiare li minerali di vismutto - 13) Saggiar sull'antimonio i minerali di questo semimetallo - 14) Dar il saggio a' minerali d'arsenico - 15) Dar il saggio a' minerali di cobalto - 16)

Dai minerali di solfo ricavar questo combustibile - 17) Da un combustibile bituminoso separar le parti costituenti - 18) Assaggiare un argento dorato coll'uso di Aqua Forte - 19) Assaggiare l'oro corporale dei filoni ed altre qualità per indagarne il titolo - 20) Assaggiar un argento proposto per fissarne il titolo - 21) Saggiare il rame o rosetta sull'oro ed argento - 22) Saggiare un piombo proposto sul fino - 23) Dare il saggio allo stagno sul fino - 24) Dar il saggio sul ferro sul fino - 25) Assaggiare il mercurio sul fino - 26) Saggiare il zinco sul fino - 27) Saggiar il vismutto sul fino - 28) Assaggiar il regolo d'antimonio sul fino - 29) Assaggiar il regolo d'arsenico, ed i prodotti del medesimo sul fino - 30) Dar il saggio al regolo di cobalto - 31) Dar il saggio a' regoli di fondita, cioè mate di piombo, di rame di liquazione crude sul fino - 32) Dar il saggio a' ceneracci, e litargirii sul fino - 33) Dar il saggio a' cadmie focali, scorie e craccie di fondita sul fino - 34) Dar il saggio al rame nero per ridurlo in rosetta - 35) Dar il saggio sul rame nero alle mate ricavate dalle fondite - 36) Dar il saggio sul rame alle mate di questo metallo - 37) Assaggiar sul piombo li litargirri, ceneracci, gli abstrich, le cadmie di fornace, le scopature della fornace di riverbero, il nichilo di fioravanti, le scopature di calcinazione, scopature delle fornaci di fondita, le recrumata focali, le scorie - 38) Dar il saggio sullo stagno alle scorie di fondita di questo metallo - Analisi di alcuni minerali - 40) Dar il saggio sul fino alle monete erose - 41) Dar il saggio ad una moneta d'argento per riconoscerne il titolo - 42) Assaggiar una moneta d'oro per trovarne il titolo - 39) Analisi delle acque de' pozzi di questa città ed in specie quello dell'Arzenale ....», si articolano in ben 311 <Processi>.

Nella descrizione del Problema 34: «... Dar il saggio al rame nero per ridurlo in rosetta ....», sono indicati anche i nomi degli Allievi che attesero ai tre <Processi> nei quali si articolava l'esercitazione; così si apprende che effettuarono singolarmente l'esperienza relativa al primo <Processo> gli Allievi: Cavalier Operti, Trona, Belly, Grosso, e Graffion; del secondo <Processo>, effettuato su materiale proveniente da un processo di coppellazione, si occuparono il Cavalier Operti, il Belly, il Grosso, il Trona ed il Graffion; mentre del terzo <Processo>, effettuato su un campione di lega d'Artiglieria, si occupò esclusivamente il Belly.

Le esercitazioni docimastiche comprendevano anche l'analisi di monete; infatti tre <Problemi>, riguardano la determinazione del titolo di numerose monete d'oro e d'argento, dell'epoca, logore e consunte, ed i rispettivi calcoli per la comparazione del valore.

La Docimastica riguardava anche l'analisi delle acque; fu fatta infatti l'analisi dell'acqua di vari pozzi di Torino, compreso quello dell'Arzenale.

Anche se non vi è identità di titolo tra i <Problemi> docimastici dei manoscritti di Torino e Sassari e quelli dei rispettivi Trattati di Cagliari e di Torino, gli argomenti generali sono gli stessi, e corrispondono, anche a quelli trattati nella seconda parte del trattato: «Elementa Artis Docimasticae» di Cramer [8].

IL MANOSCRITTO DI SASSARI

Di questo manoscritto [9] mi è stata cortesemente fornita una fotocopia dal dottor Paolo Cau, dell'Archivio di Stato di Sassari, che l'aveva studiato per primo.

Egli infatti ne ha fatto una precisa documentata esegesi in occasione del Convegno: «Gli Archivi per la Storia della Scienza» tenutosi nel 1991 a Desenzano del Garda [10].

Data la sua esauriente trattazione, limito all'essenziale la comparazione dei due manoscritti.

Le esercitazioni, salvo qualche piccola variante sono praticamente identiche; le differenze possono dipendere dai differenti tempi di compilazione: il 1754 per le esercitazioni di Chimica Metallurgica, e il 1757-1759 per quelle di Docimastica, nel Manoscritto di Torino, e il 1752-1759 per le esercitazioni di entrambe le discipline nel Manoscritto di Sassari.

Al <Problema> 6 delle esercitazioni di Chimica Metallurgica, per esempio, entrambi i Manoscritti annotano: «... Per difetto di terre alluminose si è differito l'esperimento ...», alla quarta preparazione del <Problema> 13, invece il Manoscritto di Torino annota: «... per difetto di sufficiente 'fuoco' la vetrificazione non è riuscita: ripetuta, fallì; si è ancora ripetuta: vedi dopo il <Problema> 20 ...».

Dopo il Problema 20 riporta: una «Aggiunta di Sperimenti», comprendente 20 esperimenti relativi al <Problema> 13; la ripetizione delle preparazioni: 20 e 21 del <Problema> 16; quella delle preparazioni 3, 11, 18, 19, 26, 27, e 32 del <Problema> 20, e quella delle preparazioni dei <Problemi> 13, 14, 15, 16, involventi altre 27 esperienze, seguita da un «... Aggiunto di sperimenti ...», che si articola in 26 esperimenti.

Queste annotazioni, ed esperimenti accessori mancano nel Manoscritto di Sassari.

Questo, al <Problema> 14 assegna solo 5 esperienze, e al <Problema> 16 solo 15, senza alcuna annotazione in merito.

Il <Problema> 17 che, nel Manoscritto di Sassari, si articola in 18 esperienze, in quello di Torino lo è in 19, con l'annotazione però che quella in più ha dato un risultato «... indeciso ...».

Il <Problema> 20, comprende, nel manoscritto di Sassari, 14 esperienze, che diventano 33, più le ripetizioni, in quello di Torino.

Il <Problema> 21, che nel Manoscritto di Sassari si articola, in 19 <Preparazioni>; in quello di Torino in 32.

Il <Problema> 31 che nel manoscritto di Torino si articola in 5 <Preparazioni>; che a loro volta danno luogo ciascuna a due esperienze, in quello di Sassari si articola in tre due delle quali si suddividono ciascuna in cinque.

Il <Problema> 53, che nel Manoscritto di Torino si articola in 6 <Preparazioni>; in quello di Sassari in due.

Il <Problema> 70, articolato nel Manoscritto di Torino in tre <Preparazioni>, in quello di Sassari si articola in due.

Al <Problema> 73 articolato nel Manoscritto di Torino in otto <Preparazioni>, quello di Sassari aggiunge una preparazione, per la riduzione, del regolo di Cobalto.

Il <Problema> 97 che nel Manoscritto di Torino prevede una sola <Preparazione>, in quello di Sassari quattro.

Il Manoscritto di Torino potrebbe esser stato la metodica generale elaborata dopo un certo numero di anni di applicazione pratica, mentre quello di Sassari è la diretta descrizione delle operazioni, svolte conformemente ad un manuale di istruzioni, ma corredata dalle osservazioni personali dell'operatore.

È probabile che il manoscritto di Sassari sia appartenuto a Pietro Belly che prestò servizio in Sardegna dal 1760 al 1789.

Una nota per la Zecca, nell'ultima pagina del manoscritto, indica il rapporto tra il valore dell'argento e dell'oro, nel 1786; a quella data Gio Stefano Ponzio, l'altra persona alla quale potrebbe essere attribuito il manoscritto, era morto da ben ventisei anni.

Il fatto che i Trattati delle «Scuole Mineralogiche», furono donati alla Biblioteca Universitaria di Cagliari dal Giudice della Reale Udienza di Cagliari Giuseppe Belly di Pietro; e che anche Filiberto Belly, altro figlio di Pietro, prestò servizio come Ufficiale delle Regie Truppe a Sassari, potrebbero avvallare l'ipotesi della stessa origine anche per il Manoscritto di Sassari.

BIBLIOGRAFIA

- [1] Accademia delle Scienze di Torino, «Fondo Robilant», Manoscritto 0383 «Scuola fatta in Freyberg dal Cav. di Robilant insieme ai Cadetti d'Artiglieria Pontio, Bassoletti, Fontana e Vallino».
- [2] Accademia delle Scienze di Torino, «Fondo Robilant», Manoscritto 0382 Fasc. 8 «Progetto di un corso di studi Metalurgici in seguito all'ordine ricevuto nel Congresso sotto il ... tenuto avanti l'E. S. del Sig. Conte Bogino ...».
- [3] P. AMAT DI SAN FILIPPO, *La Chimica in Sardegna nel periodo sabauda (1750-1848)*, Atti del III Convegno Nazionale di Storia e Fondamenti della Chimica, a cura di F. Abbi e F. Crispini. Edizioni Brenner, Cosenza 1991, pp. 113-119.
- [4] P. AMAT DI SAN FILIPPO, *Un Trattato di Analisi Chimica Applicata della metà del 1700, in Scritti di Storia della Scienza in onore di G.B. Marini-Bettolo*, «Rendiconti dell'Accademia Nazionale delle Scienze detta dei XL, Memorie di Scienze Fisiche e Naturali», Serie V, Vol. XIV, Tomo II, Parte II; Roma 1990, pp. 103-131.
- [5] Accademia delle Scienze di Torino, «Fondo Robilant», Manoscritto 0391: «Trattato di Docimastica».
- [6] P. AMAT DI SAN FILIPPO, *Unità protoindustriali della Sardegna sabauda, II. Produzione di piombo e argento a Villacido (1741-1798)* I e II Parte, Atti del IV Convegno Nazionale di Storia e Fondamenti della Chimica, «Rendiconti dell'Accademia Nazionale delle Scienze detta dei XL, Memorie di Scienze Fisiche e Naturali», Serie V, Vol. XVI, Parte II, Roma 1992, pp. 227-254.
- [7] Accademia delle Scienze di Torino, «Fondo Robilant», Manoscritto 0388 «Osservazioni che giornalmente si sono fatte nel laboratorio ... etc.» e «Giornale degli esperimenti ... etc.».
- [8] J.A. CRAMER, *Elementa Artis Docimasticae*, Pars I Theoretica, Pars II Practica; C. et G.J. Wischoff; Lugdani Batavorum 1744, passim.
- [9] Biblioteca Universitaria di Sassari, Manoscritto 2.
- [10] P. CAU, *Didattica e Sperimentazione nell'Arsenale di Torino*, il manoscritto del Corso di Esperimenti di Chimica Metallurgica e Docimastica (1752-59), conservato nella Biblioteca Universitaria di Sassari, Atti del Convegno: «Gli Archivi per la Storia della Scienza» Desenzano del Garda, 4-8/6/1991.

F. CAPUANO (\*) - B. CAVALCHI (\*) - V. DAVOLI (\*\*)

## La misura della respirabilità dell'aria alla fine del '700: le esperienze di Lazzaro Spallanzani e dei contemporanei (\*\*)

The breathing measure of common air at the end of 18th century: Lazzaro Spallanzani and contemporaneous scientists experiences.

**Summary** - In the present work the Authors describe eudiometric experiences by J. Priestley, F. Fontana, M. Landriani, J.H. De Magellan, R.L. Gerardin, A. Volta, J.A. Giobert.

In Italy, Lazzaro Spallanzani made a lot of experiences with a phosphorous combustion eudiometer to study different gases breathing.

He, in this way, found common air composition: about 20% oxygen and about 80% nitrogen.

### 1. Introduzione.

Quando S. Hales, nel 1727 (due anni prima della nascita di L. Spallanzani) scopre la reattività chimica dell'aria, prevalgono ancora in Europa le teorie del flogisto [1].

L'Eudiometria, quale misura della bontà dell'aria comune, nasce quando l'atmosfera è ancora considerata un semplice mezzo che diluisce il flogisto.

Le esperienze eudiometriche condotte nella seconda metà del Settecento ebbero carattere chimico, medico e sociale: in un primo tempo si pensò infatti che l'eudiometria servisse a misurare la salubrità oltre che la respirabilità dell'aria comune. In quegli anni vennero scoperti diversi gas ( $\text{CO}_2$ ,  $\text{H}_2$ ,  $\text{O}_2$ ).

Nello stesso periodo, 1772-1777, cominciarono ad affermarsi in Francia gli studi rivoluzionari di Lavoisier contro le teorie della flogisticazione dell'aria, con

(\*) Centro Studi L. Spallanzani, Scandiano (RE).

(\*\*) Relazione presentata al V Convegno Nazionale di «Storia e Fondamenti della Chimica» (Perugia, 27-30 ottobre 1993).

l'intervento dell'ossigeno nella combustione. In Italia anche Lazzaro Spallanzani, nell'ottica delle teorie lavoisieriane, condusse migliaia di esperienze con eudiometro a combustione di fosforo per studiare la respirabilità di «arie» diverse, arrivando a definire la composizione dell'aria comune: 1/5 di ossigeno e 4/5 di azoto.

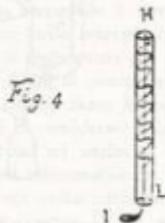
## 2. Eudiometria ed eudiometri.

Joseph Priestley (1733-1804), filosofo e naturalista inglese, aveva scoperto nel 1772 che l'aria nitrosa (NO), quando si mescola con aria atmosferica si «scompono» con effervescenza accompagnata da «vapori rutilanti» e da «calore» [2]. Priestley pertanto pensò di poter utilizzare questa reazione per misurare la respirabilità di arie più o meno viziate. Infatti l'aria nitrosa reagendo con aria atmosferica determinava la scomparsa di una parte di essa, definita a quel tempo aria deflogisticata. Poiché è proprio quest'aria che ha un'importanza fondamentale per il mantenimento della vita e poiché l'aria deflogisticata era presente in minor quantità nelle arie «viziate», si pensò di aver individuato il modo di misurare la «salubrità» dell'aria, oltre che la sua respirabilità. La strumentazione utilizzata da Priestley era costituita da semplici tubi graduati di cristallo preventivamente riempiti di acqua e capovolti all'interno di una vaschetta contenente acqua. Successivamente quantità note di aria nitrosa e aria atmosferica venivano introdotte all'interno del tubo per spostamento dell'acqua. La reazione tra i due gas comportava la formazione di biossido di azoto solubile nell'acqua e la contrazione di volume in dimensioni pari al contenuto di ossigeno.

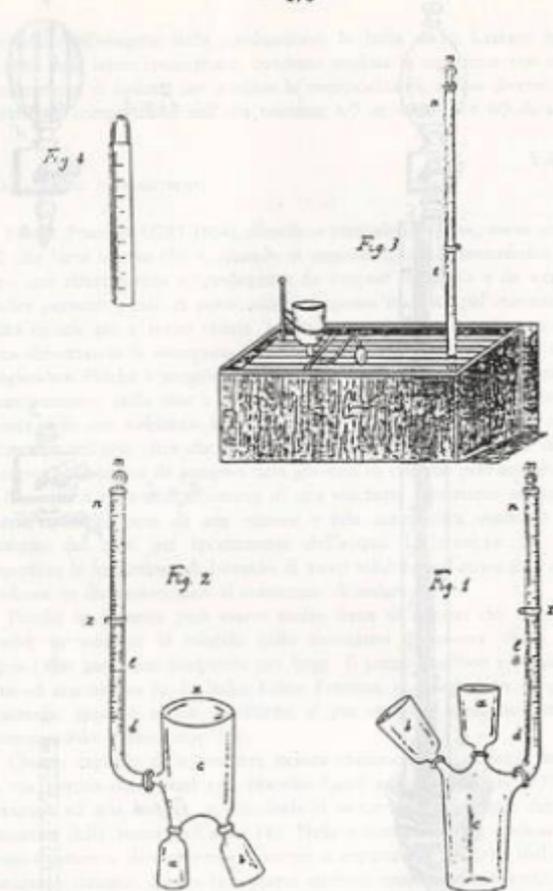
Poiché la reazione può essere molto lenta all'interno del tubo graduato, Priestley introduceva la miscela nello strumento di misura, dopo aver fatto reagire i due gas in un recipiente più largo. Il primo studioso ad utilizzare strumenti ad aria nitrosa fu, in Italia, Felice Fontana, che dopo aver progettato vari apparecchi, apportò alcune modifiche al più semplice strumento di Priestley, denominandolo Euaerometro [3].

Questo capitolo della nascente ricerca chimica sulla reattività dei gas trova una sua precisa definizione con Marsilio Landriani, il quale nel 1775 ideò uno strumento ad aria nitrosa, a cui diede il nome di Eudiometro (letteralmente: misuratore della bontà dell'aria) [4]. Nelle intenzioni dello studioso milanese, questo strumento, doveva proprio servire a misurare la salubrità dell'aria. Il suo entusiasmo, tuttavia, doveva ben presto ricevere smentite inoppugnabili da molti ricercatori del suo tempo, tra cui Lazzaro Spallanzani. L'Eudiometro di Landriani (Scheda 1) rappresenta, per la cura riposta nella scelta dei materiali e nella progettazione, il prototipo degli eudiometri ad aria nitrosa. Un limite di questo strumento è rappresentato dalla difficoltà di miscelare adeguatamente le due arie; la reazione pertanto avveniva molto lentamente e la precisione era scarsa.

L'eudiometria con aria nitrosa ebbe molti proseliti. Alcuni ricercatori si



Scheda 1 - Eudiometro di Landriani. Il problema dell'introduzione dei gas viene risolto tranquillamente per caduta della colonna d'acqua introdotta nel tubo di vetro CD, che aspira l'aria dalla boccetta A e/o dalla vescica PN (contenente l'aria nitrosa). L'apertura e la chiusura del tubo, nella parte inferiore è assicurata dalla molla HL e dal tappo I, attivati dalla vite P. Non sono necessarie vaschette di acqua e manipolazioni sotto la superficie del liquido.

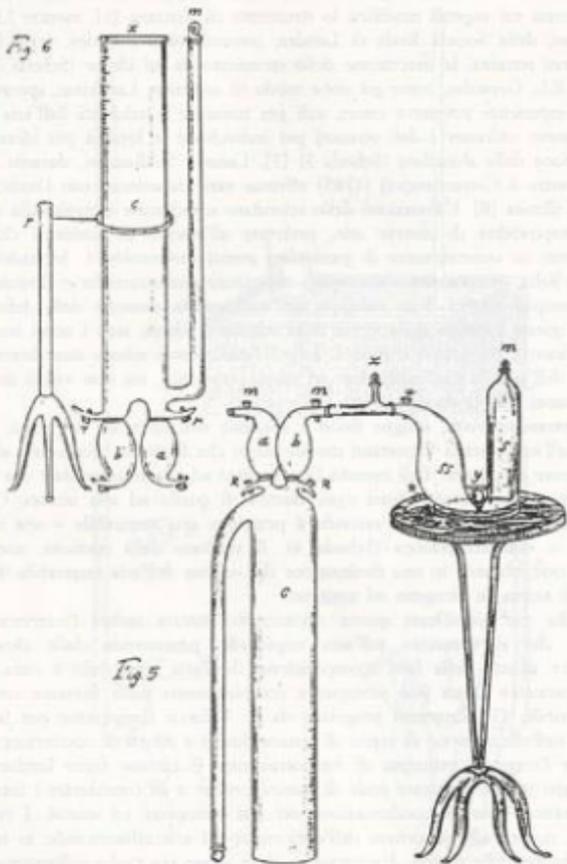


Scheda 2 - Eudiometro di De Magellan. L'aria comune e l'aria nitrosa vengono introdotte in due fiale *a, b*, dopo aver riempito tutto lo strumento di acqua. L'operazione viene effettuata sotto l'acqua per spostamento del liquido dopo aver staccato prima una poi l'altra fiala. Ruotando il flacone *c* i due gas si mescolano nella parte superiore di questo recipiente, poi si fa risalire il gas residuo nel tubo graduato per misurare la contrazione di volume.

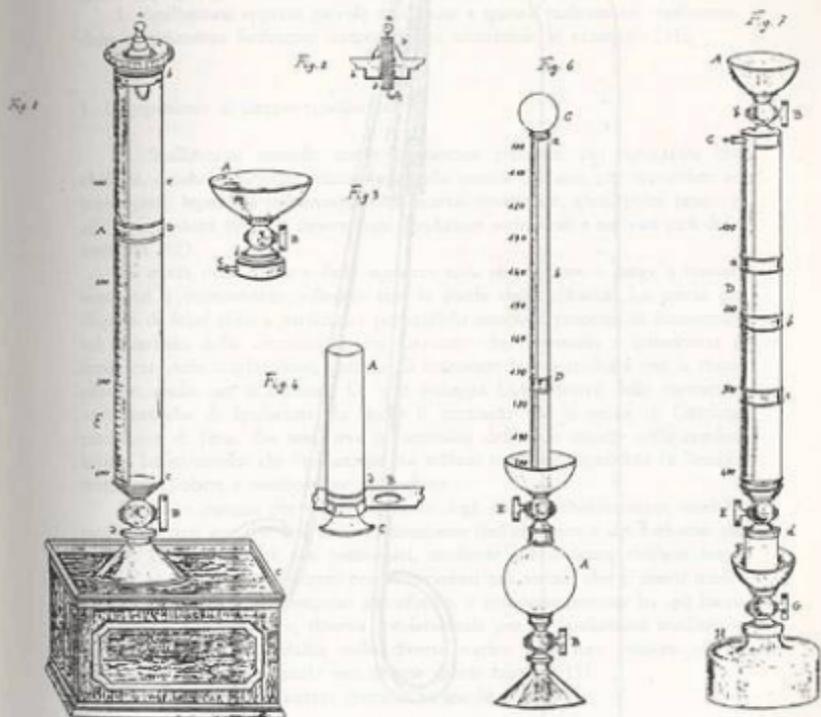
impegnarono a modificare gli strumenti esistenti. Ingen-Housz che conduceva esperimenti sui vegetali modificò lo strumento di Fontana [5], mentre J.H. De Magellan, della Società Reale di Londra, comunicava a Priestley, verso la fine degli anni settanta, la descrizione dello strumento da lui ideato (Scheda 2) [6]. Anche R.L. Gerardin, come già ebbe modo di sostenere Landriani, sperava che queste esperienze potessero essere utili per misurare la salubrità dell'aria e che si potessero utilizzare i dati ottenuti per individuare le località più idonee alla costruzione delle abitazioni (Scheda 3) [7]. Lazzaro Spallanzani, durante la sua permanenza a Costantinopoli (1785) effettuò varie esperienze con l'eudiometro ad aria nitrosa [8]. L'attenzione dello scienziato scandinavo è rivolta alla misura della respirabilità di diverse arie, prelevate all'interno di ambienti chiusi o all'esterno, in concomitanza di particolari eventi meteorologici. Secondo Alessandro Volta, che condusse molteplici esperienze eudiometriche e divenne uno dei principali artefici dello sviluppo dell'eudiometria, nessuna delle definizioni date a questo capitolo della storia della scienza è adatta; anzi i nomi impiegati «esprimono e promettono troppo!». Infatti l'eudiometro misura una determinata qualità dell'aria, la sua «attitudine ad essere respirata», ma non «tanti altri vizi ed infezioni, cui va soggetta» [9].

Alessandro Volta, insigne fisico e studioso dell'elettricità dei corpi, introdusse nell'eudiometria importanti modificazioni che facevano riferimento alle sue conoscenze e scoperte. Egli inventò l'eudiometro ad aria infiammabile che venne considerato dai contemporanei «più esatto» di quello ad aria nitrosa. Questo nuovo strumento funzionava secondo il principio: aria respirabile + aria infiammabile = «infiammazione» (Scheda 4). Il risultato della reazione, anche in questo caso, consiste in una diminuzione del volume dell'aria respirabile (formazione di acqua da idrogeno ed ossigeno).

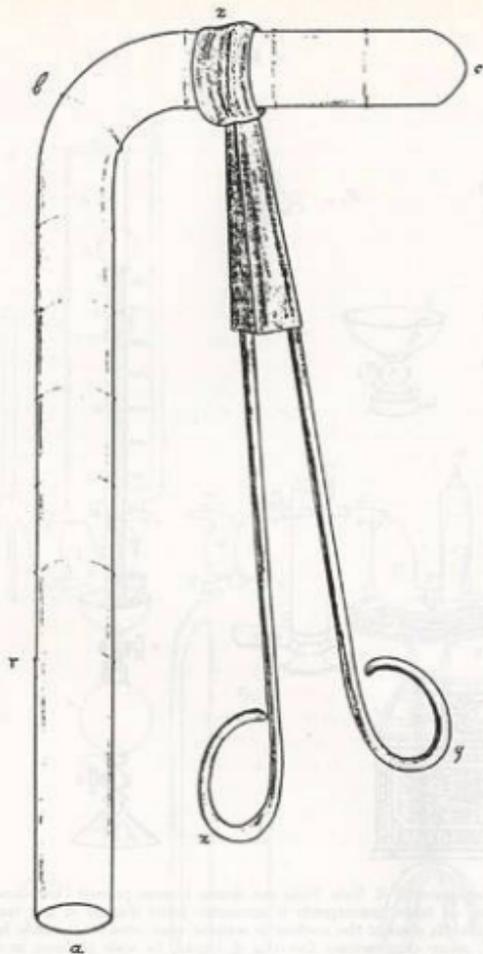
Volta, per giustificare questa diminuzione, invoca ancora l'intervento del flogisto che si «scarica» sull'aria respirabile, provenendo dalle altre arie «fattizie» all'atto della loro scomposizione. Se l'aria respirabile è tutta pura, «deflogisticata» allora può scomparire completamente nella reazione con aria infiammabile. Gli strumenti progettati da A. Volta si distinguono per la cura riposta nell'eliminazione di errori di misura dovuti a difetti di costruzione, oltre che per l'originale principio di funzionamento. Il famoso fisico lombardo si preoccupò inoltre di creare scale di misura precise e di considerare i fenomeni di dilatazione e/o di condensazione dei gas sottoposti ad analisi. I risultati diedero ragione allo scopritore dell'eudiometro ad aria infiammabile, in termini di precisione delle misure. L'accuratezza delle stesse era molto influenzata dalla purezza dell'aria infiammabile utilizzata. Jean Antoine Giobert [10] e, successivamente, Lazzaro Spallanzani utilizzarono un terzo tipo di eudiometro, nel periodo in cui, dopo le famose scoperte ed intuizioni di Lavoisier sulla combustione, era già nota l'importanza del «gaz ossigeno» nel mantenimento delle funzioni vitali. Seguendo l'esempio di altri fisici (Achard, Reboul, Seguin),



Scheda 3 - *Eudiometro di Gerardin*. È simile a quello di De Magellan. Viene eliminata la vaschetta contenente acqua. Dopo aver riempito tutto lo strumento con acqua, si introducono l'aria comune e l'aria nitrosa (proveniente dall'apparato S-SS) nelle fiale *a*, *b*, aprendo i rubinetti *m* ed *R*. Infine si capovolge il flacone *c* (vedi De Magellan).



Scheda 4 - Eudiometro di A. Volta. Nelle sue diverse versioni prevede l'introduzione dell'aria e dell'idrogeno dal basso (immergendo lo strumento pieno d'acqua in una vaschetta piena d'acqua). La scintilla elettrica che produce la reazione viene ottenuta toccando la sfera *a* o *c* con un corpo carico elettricamente (bocchetta di Leyda). Le scale graduate, in ottone, sono fissate sul tubo di cristallo. La contrazione può essere valutata dopo aver aperto il rubinetto sottostante (1<sup>a</sup> versione, l'acqua risale) o quello superiore (2<sup>a</sup> versione, l'acqua scende dalla tazza *A*, con effetto meno violento).



Scheda 5 - Eudiometro di Giobert. Nella modificazione apportata da Spallanzani la scala graduata da 0 a 100 è ottenuta direttamente sul tubo ed è costruita utilizzando quantità note di mercurio. Nella parte superiore, piegata ad angolo retto, viene introdotto un pezzetto di fosforo. Dal basso si introduce aria fino al segno zero. Dopo reazione col fosforo è possibile leggere direttamente la percentuale di ossigeno, verificando a quale valore è risalita l'acqua. (Lo strumento viene mantenuto in un vaso o vaschetta contenente acqua durante l'esperienza).

Giobert usò per le sue misure un eudiometro a fosforo, molto più semplice di quelli impiegati prima (Scheda 5).

L. Spallanzani apporta piccole modifiche a questo eudiometro, trasformandolo in strumento facilmente trasportabile e utilizzabile in «campo» [11].

### 3. Le esperienze di Lazzaro Spallanzani.

L. Spallanzani, essendo come formazione culturale più naturalista che chimico, condusse ricerche relativamente alla qualità dell'aria, per rispondere ad interrogativi legati alla respirazione degli animali (marmotte, ghiri, pesci, rane...), alla loro capacità vitale in determinate condizioni ambientali e nei vari cicli della loro vita [12].

La storia delle teorie e delle scoperte sulla respirazione è lunga e interessante ed è intimamente collegata con la storia della chimica. La teoria del flogisto di Schal ebbe a paralizzare per qualche tempo il processo di conoscenza sul chimismo della respirazione. Fu Lavoisier che, portando a conoscenza il fenomeno della combustione, permise di conoscere la sua analogia con la respirazione: anche qui si consuma  $O_2$  e si sviluppa  $CO_2$ . Motivo delle esperienze eudiometriche di Spallanzani fu anche il contrasto con le teorie di Gottling, professore di Jena, che sosteneva la centralità dell'acido nitrico nella combustione. Lo strumento che Spallanzani più utilizzò nelle sue esperienze fu l'eudiometro di Giobert a combustione di Fosforo.

Convinto dunque che «la respirazione degli animali, chimicamente considerata, altro non era che una lenta combustione dell'idrogeno e del carbonio del sangue, che succede né vasi pulmonari, mediante gaz ossigeno dell'aria inspirata» e che «è non meno certo per osservazioni più recenti che gl'insetti medesimi assorbono il gaz ossigeno atmosferico, e conseguentemente ha qui luogo una verace combustione», diventa fondamentale per lo Spallanzani studiare le caratteristiche di respirabilità delle diverse «arie» e le loro reazioni con il fosforo per poi sperimentarle con diverse specie animali [13].

«Le arie» che Spallanzani esaminò furono le seguenti:

- Aria atmosferica o comune
- Aria azotica ( $N_2$ )
- Aria infiammabile ( $H_2$ )
- Aria carbonica ( $CO_2$ )
- Aria vitale ( $O_2$ )

Le stesse venivano prodotte nel suo laboratorio, venivano controllate con l'eudiometro ad aria nitrosa per saggiarne la purezza e venivano quindi esaminate con l'eudiometro di Giobert ora pure, ora miscelate tra loro in diverse proporzioni.

Da un manoscritto ancora inedito [14] è possibile verificare i risultati ottenuti da Spallanzani in oltre 500 esperienze descritte con i singoli gas o miscele degli stessi come schematizzato nella seguente Tabella 1.

#### 4. Osservazioni critiche dei dati eudiometrici

Nelle Tabelle 2 e 3 sono riportati, in sintesi, i dati di diversi autori e quelli rilevati da L. Spallanzani con l'eudiometro a combustione di fosforo.

Risultano evidenti i pregi e i difetti dei diversi strumenti:

a) Gli eudiometri ad aria nitrosa si caratterizzano per la scarsa precisione:

b) Lo strumento di A. Volta permetteva di ottenere risultati riproducibili (ottima precisione), ma l'accuratezza era decisamente scarsa rispetto al valore «vero» di ossigeno nell'aria. La qualità delle misure anche in questo caso era molto influenzata dalla purezza dell'«aria infiammabile», soprattutto se l'idrogeno era ottenuto dalla dissociazione dell'acqua su carbone rovente;

c) L'eudiometro a fosforo, nel caso dell'analisi dell'aria atmosferica, non era influenzato dalla purezza di un reagente gassoso. I risultati ottenuti, in un primo tempo da Giobert non erano soddisfacenti per difetti dello strumento (scala graduata poco precisa) e si confondevano nel range di misura di altri studiosi.

Le esperienze di Spallanzani, al contrario, si caratterizzavano per la precisione e l'accuratezza e per la sensibilità dell'eudiometro, al variare della quota (si vedano in proposito i dati ottenuti in alta montagna, Tab. 3). Spallanzani esprime all'amico Giobert la preoccupazione, per il fatto che i suoi risultati si differenziano da quelli ottenuti da tutti gli altri chimici e fisici. Il dubbio di Spallanzani risulta molto utile a Giobert, il quale scopre l'origine delle inesattezze dei propri strumenti e rassicura lo studioso scandinavese sulla bontà dei risultati ottenuti [17].

D'altra parte, come si è già detto, Spallanzani dedicava molta attenzione alla ricerca dell'accuratezza dei dati, verificando continuamente la purezza dei gas e la ripetibilità dei risultati. Nonostante ciò ricevette la critica di un certo Lovizolo [18], che gli contestava di non apportare ai risultati le correzioni indicate dalle famose tavole di Lavoisier. Lovizolo molto correttamente sosteneva che era necessario introdurre un fattore di correzione (1/210 per una variazione uguale a 1°R) e una temperatura di riferimento ( $T = 10^{\circ}\text{R}$ ).

I quaderni di Spallanzani, pur contenendo molte annotazioni relative ai valori di temperatura, non consentono di evidenziare calcoli sulla correzione dei risultati ottenuti. Egli si preoccupava, come Giobert, di misurare la temperatura e la pressione barometrica all'inizio e alla fine di ogni esperienza e di registrare i risultati nelle stesse condizioni di partenza. Inoltre volle verificare la qualità delle sue misure, preparando in laboratorio un campione di aria «artificiale»,

Tabella 1 - Da «Ristretto delle mie esperienze sopra le diverse arie».

ARIE	N° esperienze descritte	Annotazioni Temperatura	Reazioni fosforo	Salita d'acqua
ATMOSFERICA	51	X	Fumo-Luce	X
AZOTICA (dall'atm.)	180	X	Fumo-Luce brevi	
AZOTICA PURA	21	X	Nessuna	
CARBONICA	17	X	Fumo-Luce	X
CARBONICA PURA	4	X	Nessuna	
VITALE PURA (dall'HgO)	16	fino a 22°R a 25°R	Nessuna Fumo-Luce	X
VITALE OSCURA	15	a bassa T	Nessuna	
VITALE AL SOLE	28	X	Fumo-Luce	X
VITALE ALLA LUCE	5	X	Nessuna	
INFIAMMABILE M.V.	71	X	Fumo-Luce	X
INFIAMMABILE M.N.		X	Nessuno	
AZOTICA + ATM.	23	X	Luce	
CARBONICA + AZ.	27	X	Fumo-Luce	X
CARBONICA + ATM.	1	X	Fumo-Luce	X
INFIAMM. + ATM.	16	X	Fumo-Luce	
INFIAMM. + CARB.	5	X	Fumo-Luce	
INFIAMM. + AZ.	5	X	Nessuno	
AZOTICA + AZOTICA	2	X	Nessuno	
VITALE + INFIAMM.	6	X	Fumo-Luce	
VITALE + CARB.	5	X	Fumo-Luce	
VITALE + AZOTICA	4	X	Fumo-Luce	
AZ. + CARB. + ATM.	3	X	Fumo-Luce	X
TOTALE	505			

Tabella 2 - *Misure eudiometriche.*

Autore	Tipo Eudiometro	% Ossigeno
F. Fontana [15]	Ad Aria Nitrosa	18-25
De Saussure [16]	Ad Aria Nitrosa	30
Scheele [15]	Ad Aria Nitrosa	25-33
De Magellan [15]	Ad Aria Nitrosa	42
A. Volta [15]	Ad Aria Infiammabile	29.5-31 27.5 *
J.A. Giobert [10]	A Fosforo	25-27 * 28-33 **

\* In luoghi chiusi.

\*\* In luoghi aperti.

Tabella 3 - *Misure effettuate da L. Spallanzani con eudiometro di Giobert sull'aria comune (1795).*

°R	Temperatura		Tempo (h)	% Ossigeno
	°R	°C		
15-20	18.7-25			20-21
21	26.2		< 6	20
15	18.7		> 6	20-21
5	6.2			— *
20	25			20
20	25			19.5 (Ospitale di Lamola)
20	25			19 (Monte Folgorino)

\* Il fosforo non reagisce.

per aggiunte successive di ossigeno puro ad azoto, finché non ottenne gli stessi risultati verificati con l'aria atmosferica.

Nel corso poi delle sue esperienze, Spallanzani ebbe modo anche di scoprire che il fosforo non reagiva sotto i 5°R, contrariamente a quanto era «stato scritto da qualche valente chimico».

Anche in questo frangente emerge, in tutta evidenza lo spirito critico, il rigore scientifico e la grande onestà intellettuale dello studioso scandinavo, che trova riscontro in particolare nel carteggio con l'amico Charles Bonnet, filosofo ginevrino: «... mais avant de theoriser je dois me tenir à l'expérience, qui sera toujours mon guide. C'est d'après elle qu'il me sera permis de raisonner» [19].

### 5. Conclusioni

L'eudiometria nacque con la speranza di aiutare l'umanità a vivere meglio, respirando arie più salubri. Studiosi come A. Volta e L. Spallanzani dimostrarono, con l'evidenza delle loro esperienze, che l'insalubrità, soprattutto quando è dovuta a «miasmi che non ben si conoscono» è altra cosa rispetto alla respirabilità misurata. Anzi l'aria viziata, meno respirabile, misurata con l'eudiometro non causava l'insorgere di «febbri terzane o altre malattie». L'eudiometro invece, pur non potendo chiarire le cause dell'insorgenza di patologie sconosciute, rappresentò un analizzatore fondamentale per la conoscenza della reattività dei gas appena scoperti e della composizione dell'atmosfera.

Agli inizi del '700, come si è detto, l'atmosfera sembrava essere un fluido che non entrava in reazione con i corpi, l'eudiometro e l'eudiometria furono testimoni del passaggio da teorie ormai superate alla chimica moderna.

BIBLIOGRAFIA

- [1] CÉ. J. SLOV'EV, *L'evoluzione del pensiero chimico dal '600 ai giorni nostri*, Milano, Mondadori, 1976, pp. 460; inoltre cfr. F. ASSI, *Le terre, l'acqua, le arie*, Il Mulino, 1984, pp. 777.
- [2] A. VOLTA, *Le opere*, Edizioni Nazionale sotto gli auspici della Reale Accademia dei Lincei e del Reale Istituto Lombardo di Scienze e Lettere, VII, Milano, Hoepli, 1929, pp. XV, 549-65.
- [3] CÉ. F. ARBE, *Le origini della chimica moderna*, in *Museo di storia della scienza*, Firenze, Catalogo a cura di M. Miniati, Giunti, 1991, pp. 384-340-347.
- [4] M. LANDRIANI, *Lettre à l'Auteur de ce Recueil*, Observations sur la physique, sur l'histoire naturelle et sur les arts, VI, 1775, pp. 315-316.
- [5] J. INGEN HOUZ, *Experiments upon vegetables, discovering their great power of purifying the Common Air in the sun-shine and of injuring it in the shade and at night*, V, pp. 149-184; 276-287.
- [6] H. DE MAGELLAN, *Observations sur les eudiomètres*, Observation sur la physique, sur l'histoire naturelle et sur les arts, XI, 1778, pp. 248-254.
- [7] *Ivi*.
- [8] CÉ. *Le opere di L. Spallanzani, pubblicate sotto gli alti auspici della Reale Accademia d'Italia*, Milano, U. Hoepli, 1952-1956, V, pp. 397-281.
- [9] A. VOLTA, *cit.*, p. 64.
- [10] J.A. GIOBERT, *Des eaux sulphureuses et thermales de Vaudier*, Torino, Jacques Fea, 1793, pp. 277-64.
- [11] L. SPALLANZANI, *Chimico esame degli esperimenti del Sig. Gottling Professore a Jena sopra la luce del fosforo di Kunkel osservata nell'aria comune, ed in diversi fluidi aeriformi permanenti, nella qual occasione esaminano altri fosfori posti dentro ai modesti fluidi, e si cerca se la luce solare guasti il gaz ossigeno, siccome pretende questo Chimico*, Modena, presso la Società Tipografica, 1796, pp. 172.
- [12] G. MONTALENTI, *Lazzaro Spallanzani*, Roma, Editori Riuniti, 1981, pp. 82-60.
- [13] L. SPALLANZANI, *Chimico esame*, *cit.*
- [14] BMRE, MSS. REGG., B42, *Ristretto delle mie esperienze sopra le diverse arie*, cc. 8v-23r.
- [15] F. SELMI, *Enciclopedia di Chimica scientifica e industriale*, II, Società l'Unione Tipografica-Editrice Tosinese, 1868, pp. 736-488.
- [16] DE SAUSSURE, *Metodo per misurare la salubrità dell'aria senza eudiometro*, «Opuscoli scelti sulle scienze e sulle arti», Milano, III, 1780, pp. 383-386.
- [17] L. SPALLANZANI, *Chimico esame*, *cit.*
- [18] BMRE, MSS. REGG. B194, *L'eudiometro del Sig. r. Gioberti colle correzioni di G.B. Lovisolo. Ridotto a forma più semplice dal Sig. r. Abbate Spallanzani*, cc. 1r-2v.
- [19] *Edizione Nazionale delle Opere di L. Spallanzani, Parte Prima, Carteggi*, a cura di P. DI PIETRO, Modena, Mucchi Editore, 1984-1990, voll. 12; *Carteggio con Charles Bonnet*, II, lettera del 23 mars 1770, pp. 519-123.

NADIA ROBOTTI (\*)

## **Ai confini tra chimica e fisica: le radici della radioattività (\*\*)**

**Summary** - This paper analyses the discovery of radioactivity, linking it both to work by H. Becquerel during the 1890s on «energy accumulation» by phosphorescent matter and to research into so-called «invisible rays» during the last decades of the Nineteenth Century.

Without wishing to belittle the first observations by Becquerel on radioactive processes, we believe that these processes could only be understood and studied successfully after the discovery of the electron and therefore the acknowledgement that the atom was not only internally structured, but could also split.

Only then could radioactive phenomena be distinguished from strictly electromagnetic phenomena and viewed as a general problem regarding the structure of matter.

Molto spesso nelle ricostruzioni storiografiche la scoperta della radioattività (attribuita ai lavori di Henry Becquerel [1] del Febbraio 1896) viene vista come tipica scoperta «accidentale», dovuta sostanzialmente alla fortuna dello sperimentatore.

Nel lavoro che qui presento cercherò di mostrare che questa scoperta si inseriva invece in un filone di ricerca ben definito, sviluppatosi negli ultimi decenni dell'800 intorno al problema delle così dette «radiazioni invisibili». Essa inoltre fu strettamente collegata e guidata da altre due scoperte quasi contemporanee, aventi origine dallo stesso filone di ricerca, e cioè la scoperta dei raggi X (Roentgen, Novembre 1895 [2]) e la scoperta dell'elettrone (J.J. Thomson, Maggio 1897 [3]).

Sin dall'inizio dell'800 era noto che lo spettro solare non si limitava alla zona visibile, ma si estendeva al di là dell'estremo violetto e oltre il limite visi-

(\*) Dipartimento di Fisica, Università di Genova.

(\*\*) Relazione presentata al V Convegno Nazionale di «Storia e Fondamenti della Chimica» (Perugia, 27-30 ottobre 1993).

bile del rosso. Studi sistematici sull'argomento comunque iniziarono soltanto intorno al 1840 e portarono (grazie soprattutto a Herschel e a Ritter e Wollaston) all'individuazione di una regione infrarossa e di una regione ultravioletta entrambe non visibili e caratterizzate da raggi che per le loro proprietà vennero chiamati rispettivamente raggi «calorifici» e raggi «chimici» oppure «fosforogenici», in quanto provocavano effetti di fluorescenza o fosforescenza.

Intorno al 1860 lo spettro invisibile venne nuovamente «popolato» da un altro tipo di raggi appena scoperti da Hittorf e legati ai processi di scarica nei gas rarefatti. Questi nuovi «raggi», poiché erano in grado di produrre effetti di fosforescenza e fluorescenza furono subito identificati come una sorta di raggi ultravioletti che venivano emessi dal catodo, e per l'appunto furono chiamati «raggi catodici».

Gli studi sui raggi catodici ebbero un ruolo rilevante per lo sviluppo della scienza di fine '800. Da un lato, come è noto, essi portarono, nel 1897, alla scoperta dell'elettrone, dall'altro lato attraverso un'innovazione di carattere strettamente sperimentale (cioè la sostituzione del classico tubo a vuoto di Crookes con un nuovo tubo a vuoto progettato da Lenard [4]), consentirono la scoperta da parte di Roentgen di un altro tipo di radiazioni invisibili: i raggi X.

Nel 1895 Roentgen, studiando le proprietà dei raggi catodici con un tubo alla Lenard, si accorgeva, infatti, di una particolare fenomenologia presente all'esterno del tubo a vuoto, fenomenologia che, non potendo essere attribuita a nessuna causa nota, veniva attribuita da Roentgen a raggi sconosciuti, chiamati da Roentgen stesso raggi «X».

I raggi X, come veniva subito messo in evidenza da Roentgen, si presentavano molto simili alle radiazioni ultraviolette, nel senso che erano in grado di impressionare le lastre fotografiche e di produrre fluorescenza e fosforescenza, ma, a differenza delle radiazioni ultraviolette, non si riflettevano, non si rifrangevano, non si polarizzavano e soprattutto erano molto penetranti.

Quest'ultima proprietà rappresentava certamente la caratteristica più significativa di questi nuovi raggi: è attraverso di essa, infatti, che, per la prima volta, si riusciva a «fotografare l'invisibile». Sono famose al riguardo le riproduzioni di una mano e di un quadrante di una bussola che Roentgen allegava al suo primo articolo sui raggi X (figura 1).

La scoperta di Roentgen, che fu forse una delle scoperte che destò più scalpore e che interessò quasi tutte le comunità scientifiche, diede immediatamente l'avvio a tre linee di ricerca parallele.

La prima linea riguardava la possibilità di applicazione di questi nuovi raggi, dotati di un potere penetrante estremamente elevato, nei più svariati campi d'indagine, primo fra tutti in medicina.

La seconda linea investiva il problema della natura di questi nuovi raggi, così diversi da tutti quelli fino a quel momento noti. Questo problema comunque venne risolto quasi subito con l'identificazione, fatta sulla base della teoria della

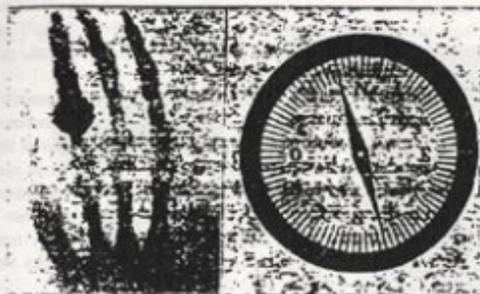


Fig. 1

dispersione, di questi nuovi raggi con onde elettromagnetiche di lunghezza d'onda estremamente corta, chiamati anche raggi «ultra-ultra violetti» [5].

La terza linea riguardava la ricerca di eventuali altre sorgenti di radiazioni penetranti del tipo dei raggi X, slegate però dai processi di scarica nei gas rarefatti. In questo campo un importante ruolo fu giocato da un particolare tipo di studi, legato sempre al problema delle radiazioni (invisibili e anche visibili) e riguardante la fosforescenza.

Infatti, a distanza di pochi giorni dalla scoperta di Roentgen, Becquerel si chiedeva se i materiali fosforescenti avessero la proprietà di emettere, oltre che le radiazioni luminose, anche questi raggi molto penetranti.

Questa domanda, se si guarda alla precedente carriera scientifica di Becquerel, iniziata intorno al 1880 e centrata essenzialmente sulle proprietà della fosforescenza, risulta più che legittima.

In primo luogo, grazie soprattutto ai lavori dello stesso Becquerel, i materiali fosforescenti nel 1896 apparivano materiali incredibili, dotati delle più strane qualità, addirittura capaci di «conservare a tempo indefinito parte dell'energia assorbita».

Questa conclusione, che a mio avviso, come accennerò in seguito, avrà influenza sui successivi lavori di Becquerel sulla radioattività, veniva maturata da Becquerel studiando una particolare fenomenologia dei materiali fosforescenti e cioè la termofosforescenza [6].

Analizzando in particolare due minerali (fluorite e leucophane) Becquerel si accorgeva che essi presentavano uno strano comportamento, comportamento che ora noi riusciamo a interpretare abbastanza facilmente se pensiamo a un congelamento dei livelli energetici e all'esistenza di livelli proibiti e metastabili, ma che a quel tempo doveva apparire davvero problematico.

Questi materiali, se, a una data temperatura, venivano illuminati oppure esposti alla luce ultravioletta emettevano della luce per un tempo più o meno lungo, che andava da una frazione di secondo a parecchi giorni, dopo di che «si spegnevano».

Se si aumentava la temperatura, mantenendola poi costante, questi corpi diventavano di nuovo luminosi, senza doverli illuminare, e poi si «spegnevano». Aumentando ancora la temperatura e lasciandola poi costante il processo si ripeteva.

L'interpretazione che ne dava Becquerel era che questi corpi quando venivano esposti alla luce assorbivano una certa quantità di energia: parte di questa energia veniva subito emessa sotto forma di radiazioni luminose mentre la restante parte veniva conservata all'infinito, cioè fino a quando non venivano nuovamente riscaldati. Insomma questi corpi apparivano come dei veri e propri «accumulatori di energia».

Comunque va detto che considerazioni di questo tipo non erano completamente nuove, ma si possono far risalire a tutto un filone di ricerca che non riguardava solo i materiali fosforescenti ma tutti i materiali in generale e che già intorno al 1850, attraverso una serie di lavori di Moser [7] e successivamente di Niepce de Saint Victoir [8], aveva portato ad attribuire ad «alcuni corpi la proprietà di conservare in forma latente parte della luce assorbita, per poi rimetterla successivamente».

Ritornando alla scelta di Becquerel dei materiali fosforescenti come possibili sorgenti di raggi X, va detto anche che fino a quel momento le sostanze fosforescenti erano state studiate soltanto per quanto riguardava l'emissione nel visibile. Lo strumento classico era infatti il fosforoscopio (inventato dal padre di Becquerel, Edmond Becquerel [9], e costantemente usato anche dal figlio), uno strumento in grado di rivelare solo l'emissione di radiazioni visibili, anche se di durata brevissima (addirittura fino a 1/2000 sec.).

Da questo punto di vista, quindi, risultava più che plausibile sospettare che, studiando i materiali fosforescenti, una fenomenologia diversa dal visibile, quale appunto quella dei raggi X, fosse fino ad allora sfuggita.

Per verificare l'eventuale emissione di radiazioni invisibili e penetranti da parte delle sostanze fosforescenti Becquerel [10] nel 1896 progettava un esperimento molto semplice e basato sulla proprietà riscontrata nei raggi X di impressionare una lastra fotografica.

Si avvolgeva una lastra (tipo Lumière) in un cartone nero in modo da non poter essere impressionata dalla luce, si appoggiava un campione fosforescente direttamente sopra la lastra oppure su di un vetro sottile (per evitare qualsiasi azione di tipo chimico da parte del campione sulla lastra) e quindi si esponeva il tutto al sole per alcune ore.

Se il campione fosforescente avesse emesso radiazioni simili ai raggi X, la lastra avrebbe dovuto risultare impressionata e quindi sviluppandola si sarebbe dovuto trovare impressa un'immagine del campione (nera sul cliché).

*... ..*  
*... ..*  
*... ..*  
*... ..*  
*... ..*



2A



2B

Fig. 2

Per quanto riguardava il campione fosforescente, la scelta di Becquerel cadeva su dei sali di uranio già studiati a fondo anche dal padre (cristalli di solfato doppio di uranio e di potassio).

A questo punto la strada per la scoperta delle prime fenomenologie della radioattività era aperta.

Sviluppando la lastra, Becquerel riconosceva infatti «l'ombra della sostanza fosforescente che appare in nero sul cliché». Inoltre, «interponendo tra la sostanza fosforescente e la carta, una moneta o uno schermo metallico forato da parte a parte si vedeva l'immagine di questi oggetti apparire sul cliché».

In figura 2 sono riportate le lastre ottenute da Becquerel: la figura 2A si riferisce al campione fosforescente, mentre la figura 2b si riferisce alla moneta.

La conclusione di Becquerel era chiara: «La sostanza fosforescente in questione emette delle radiazioni che attraversano la carta opaca alla luce e riducono i sali d'argento».

Si trattava ora per Becquerel di precisare meglio le caratteristiche di queste radiazioni.

Il primo passo fu quello di studiare il loro potere penetrante.

Attraverso una serie di esperienze effettuate usando sempre lo stesso campione, Becquerel riusciva ad attribuire a questi nuovi raggi un potere di penetrazione «identico» a quello dei raggi X. Non solo. Si accorgeva anche di un fatto, a suo dire, «notevole» [11]. Lastre fotografiche conservate per alcuni giorni a contatto con i sali di uranio al buio (senza cioè lo stimolo luminoso esterno), una volta sviluppate, risultavano impressionate allo stesso modo di quelle che erano state esposte alla luce.

Molto è stato scritto a proposito di questo episodio e dell'accidentalità della scoperta di Becquerel. La cronaca è ben nota: Becquerel aveva preparato le lastre con sopra adagiati i cristalli di uranio, ma, a causa del cattivo tempo, le aveva riposte in un cassetto, in attesa della comparsa del sole; il tempo si mantenne nuvoloso per alcuni giorni; dopo quattro giorni di inutile attesa Becquerel sviluppò le lastre senza che queste fossero state esposte alla luce del sole.

A questo riguardo ci si è chiesti da più parti perché Becquerel abbia operato in questo modo, ovvero perché non abbia ancora aspettato la comparsa del sole, prima di ricercare un qualche effetto sulle lastre.

Al di là di tutte le risposte di tipo psicologico che si possono dare al riguardo, a mio avviso l'operazione di Becquerel, cioè il fatto di sviluppare lo stesso le lastre, rientra nel programma di Becquerel sui materiali fosforescenti e si collega in particolare alla proprietà, attribuita da Becquerel, nel 1891, a questi materiali, di conservare per tempo indefinito l'energia ricevuta per poi rimetterla in certe condizioni. Da questo punto di vista, quindi, dopo un contatto durato vari giorni tra campione fosforescente e lastra fotografica qualche effetto sulla lastra poteva anche essere prevedibile. Scriveva Becquerel: «Sviluppai le lastre fotografiche, aspettandomi di osservare immagini molto deboli».

Al contrario: gli effetti erano invece imprevisi. Proseguiva Becquerel: «Le ombre apparvero con grande intensità. Pensai immediatamente che l'azione doveva essere continuata nell'oscurità».

Da questo momento in poi, nel giro di sole 10 settimane, il campo di indagine di Becquerel [12] si andò via via restringendo e portò a stabilire che queste radiazioni penetranti e persistenti (addirittura emesse per più di due mesi) all'inizio definite semplicemente «le radiazioni invisibili dei corpi fosforescenti», erano completamente slegate dalla fosforescenza del campione ed erano tipiche dell'elemento uranio, indipendentemente dallo stato in cui questo elemento si trovava.

Altre indagini successive, condotte in primo luogo da Rutherford e dai Curie, portarono a caratterizzare ulteriormente i raggi «uranici» e a individuare nuovi elementi chimici in grado di emettere queste radiazioni persistenti, ormai chiamate «raggi Becquerel».

Va osservato comunque che questo nuovo campo di indagine, sebbene avesse avuto tra il 1896 e il 1899 uno sviluppo molto intenso, fino al 1899 rimase circoscritto ad una particolare fenomenologia, e cioè a quella delle radiazioni elettromagnetiche. In altri termini, i raggi Becquerel, anche se già nel gennaio del 1898 Rutherford [13] stabiliva, in base a misure di ionizzazione, che erano composti da due tipi di radiazioni, una facilmente assorbibile (radiazione  $\alpha$ ) e una più penetrante (radiazione  $\beta$ ), venivano interpretati come onde elettromagnetiche di lunghezza d'onda molto corta e venivano posti nello spettro elettromagnetico tra i raggi X e i raggi ultravioletti.

Anche la loro emissione persistente, ormai riconosciuta come proprietà

atomica, veniva fatta rientrare nel campo della fenomenologia delle onde elettromagnetiche. Essa infatti veniva interpretata come «apparentemente spontanea» e veniva vista come trasformazione da parte degli atomi più pesanti, di radiazioni invisibili, di origine sconosciuta, presenti nell'universo in radiazioni invisibili tipo raggi X: insomma come una sorta di fosforescenza invisibile, senza presentare alcunché di spontaneo [14].

Nel 1899 il quadro di riferimento di queste fenomenologie cambia e cambia con una scoperta, proveniente sempre dal campo dei «raggi invisibili», e cioè con la scoperta dell'elettrone.

Tra il 1897 e il 1899, J.J. Thomson, essenzialmente grazie alle ricerche sui raggi catodici, riusciva a identificare in questi «raggi» un primo costituente atomico, separato dall'atomo, — l'elettrone —, e soprattutto riusciva a misurarne i parametri fisici (in particolare il rapporto carica/massa e la carica) [15].

La scoperta dell'elettrone ebbe una serie notevole di implicazioni, prima fra tutte l'affermazione di una concezione di atomo non solo strutturato ma anche divisibile. Infatti con l'individuazione in sede sperimentale di un costituente atomico separato dall'atomo la presunta indivisibilità delle strutture atomiche sembrava ormai definitivamente violata e, come commentava Fitzgerald [16] sulle pagine della rivista *Electrician* lo stesso anno 1897, si doveva addirittura prospettare «la possibilità di una trasmutazione della materia».

In questo nuovo ambito anche il destino dei «raggi Becquerel», intesi come onde elettromagnetiche, veniva cambiato. Infatti la concezione di atomo divisibile appena affermata, una volta estesa a tutti gli atomi, compresi quelli delle sostanze radioattive, offrì immediatamente una nuova chiave di lettura per i processi radioattivi, sia per quel che riguardava la natura dei raggi Becquerel, sia per quel che riguardava l'origine del loro irraggiamento.

Non a caso proprio nel 1899 verrà posta un'analogia tra i raggi Becquerel e i raggi catodici e ci si domanderà se anche i raggi Becquerel vengono deflessi da un campo magnetico.

Per rispondere a questa domanda Becquerel [17] progettava un'esperienza molto facile, che avrebbe potuto benissimo essere realizzata molto tempo prima, in cui il campione radioattivo veniva appoggiato su una lastra fotografica e il tutto veniva posto tra i poli di un magnete. In figura 3 è riprodotta la lastra ottenuta da Becquerel, in cui è chiaramente visibile al centro una macchia circolare indicante la posizione della sorgente radioattiva e soltanto dalla parte destra un'altra macchia diffusa.

Con questa operazione Becquerel giungeva alla conclusione che esisteva una radiazione che veniva deflessa dal campo elettromagnetico e dimostrava che questa radiazione, subito identificata con la componente scoperta precedentemente da Rutherford, era della stessa natura dei raggi catodici, cioè formata da particelle con rapporto carica/massa uguale a quello dell'elettrone.

L'anno successivo, durante una conferenza internazionale su «Le nuove

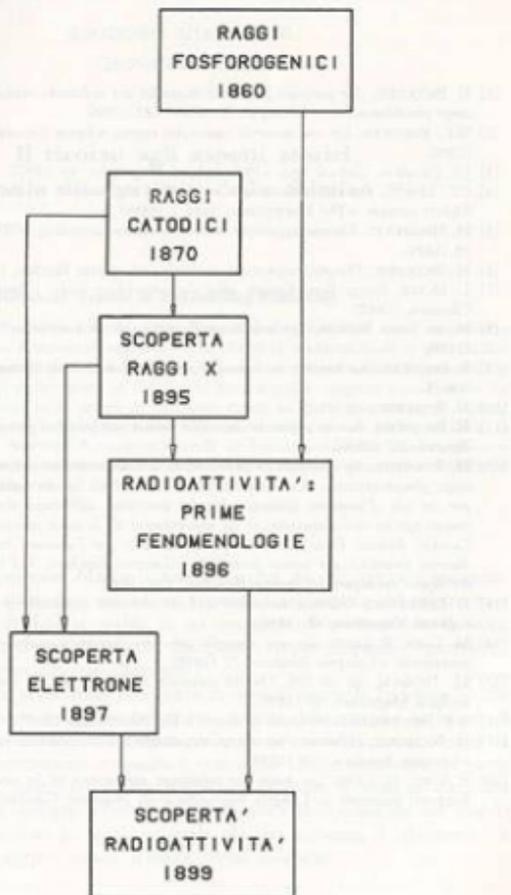


Fig. 3

sostanze radioattive e i raggi che esse emettono», i Curie [18], dopo aver definito la spontaneità dell'irraggiamento dei raggi Becquerel «un enigma, un argomento di stupore profondo», suggeriranno come una delle possibili soluzioni «l'abbandono dell'immutabilità dell'atomo».

Sarà proprio questa la strada che verrà seguita da Rutherford e da Soddy e che, attraverso una serie di tappe importanti (ad esempio l'identificazione della radiazione  $\alpha$  con nuclei di elio doppiamente ionizzati), porterà alla soluzione dell'«enigma» rappresentato dai fenomeni radioattivi in termini di «teoria del decadimento radioattivo».

In conclusione, volendo usare uno schema blocchi per riassumere nelle sue linee generali quanto finora detto, proporrei il seguente schema, dove la scoperta dell'elettrone assume una posizione centrale, mentre la scoperta della radioattività viene postdatata e viene vista strettamente legata alla scoperta dell'elettrone (Schema 1). Con questo non è che si vuole sminuire la portata delle prime osservazioni di Becquerel sulle fenomenologie radioattive. Semplicemente ciò che si vuole sostenere è che queste fenomenologie poterono essere capite e studiate in modo proficuo solo quando per esse fu possibile trovare una nuova chiave di lettura, diversa da quella offerta dalle radiazioni elettromagnetiche, e sotto alcuni aspetti molto più potente, ovvero quella di un atomo non solo internamente strutturato ma anche divisibile.



Schema I.

BIBLIOGRAFIA ESSENZIALE

- [1] H. BECQUEREL, *Sur quelques propriétés nouvelles des radiations invisibles émises par divers corps phosphorescents*, «Comptes Rendus», 122 (1896).
- [2] W.C. ROENTGEN, *Sur une nouvelle espèce des rayons*, «Revue Générale des Sciences», 122 (1896).
- [3] J.J. THOMSON, *Cathode rays*, «Philosophical Magazine», 44 (1897).
- [4] P.E. LENARD, *On the cathode rays in gases at the pressure of the atmosphere and in the highest vacuum*, «The Electrician», April 7 (1893).
- [5] H. HELMHOLTZ, *Electromagnetische theorie der farbenzerstreuung*, «Wiedemann's Annalen», 48 (1893).
- [6] H. BECQUEREL, *Phosphorescence des minérales*, «Comptes Rendus», 112 (1891).
- [7] L. MOSER, *Einige Bemerkungen über das unsichtbare Licht*, «Annalen der Physik und Chemie», (1842).
- [8] N. DE SAINT VICTOR, *Sur une nouvelle action de la lumière*, «Comptes Rendus», 46 (1858).
- [9] E. BECQUEREL, *La lumière: ses causes et ses effets*, Librairie de Firmin Didot Frères, Paris (1867).
- [10] H. BECQUEREL, *op. cit.* [1].
- [11] H. BECQUEREL, *Sur les radiations invisibles émises par les corps phosphorescents*, «Comptes Rendus», 122 (1896).
- [12] H. BECQUEREL, *Sur quelques propriétés nouvelles des radiations invisibles émises par divers corps phosphorescents*, «Comptes Rendus», 122 (1896); *Sur les radiations invisibles émises par les sels d'uranium*, *ibidem*; *Sur les propriétés différentes des radiations invisibles émises par les sels d'uranium, et du rayonnement de la paroi anticathodique d'un tube de Crookes*, *ibidem*; *Emission de radiations nouvelles par l'uranium métallique*, *ibidem*; *Sur diverses propriétés des rayons uraniques*, «Comptes Rendus», 123 (1897); *Recherches sur les rayons uraniques*, «Comptes Rendus», 124 (1897).
- [13] E. RUTHERFORD, *Uranium radiations and the electrical conduction produced by it*, «Philosophical Magazine», 48 (1899).
- [14] M. CURIE, P. CURIE, *Sur une nouvelle substance fortement radioactive, contenue dans la pechblende*, «Comptes Rendus», 77 (1898).
- [15] J.J. THOMSON, *op. cit.* [3]. *On the existence of masses smaller than the atoms*, «Philosophical Magazine», 48 (1899).
- [16] G.F. FITZGERALD, *Dissociation of atoms*, «The Electrician» (1897).
- [17] H. BECQUEREL, *Influence d'un champ magnétique sur le rayonnement des corps radio-actifs*, «Comptes Rendus», 129 (1899).
- [18] P. CURIE, M. CURIE, *Les nouvelles substances radioactives et les rayons qu'elles émettent*, Rapports présentés au Congrès International de Physique, Gauthier-Villars, Paris (1900).

GIOVANNI FOCHI (\*)

## Il ricorso agli aspetti storici nella divulgazione della chimica (\*\*)

### The Utilization of Historical Aspects in Popularizing Chemistry.

**Summary** - For modern scientific disciplines, including historical ones, communication with outer world is absolutely necessary. The chemical academic body in part dislikes the studies on the history of its own science, in part it appreciates them if presented as relaxing reading, and in fact some of the people attending this congress actually write for the latter. On the other side, history of chemistry exerts an instructive action on laymen; its popularization through newspapers and widespread magazines is highly valuable. A problem is caused, however, by current trends in Italian publishing market, because editors think that the readers interested in science are attracted by practical and technical aspects rather than by history.

Ringrazio il professor Marino e tutti i membri sia del comitato organizzatore, sia di quello scientifico: essi hanno accettato una proposta abbastanza insolita, come quella di dare la parola, in un convegno di professionisti di storia della chimica, a uno che in questa disciplina compie frequenti "incursioni", dettate da uno scopo che oggi illustrerò.

Vorrei esordire affermando — e spero di trovare concorde l'uditorio — che il ricorrere alla storia nel presentare i vari risvolti della chimica ai lettori di quotidiani e riviste, nonché agli studenti delle scuole medie superiori, svolge un ruolo attivo nel meccanismo articolato e complesso che fa funzionare in pieno la ricerca storica. Siamo infatti alle soglie del Duemila, e nessuna disciplina scientifica può più sottrarsi all'imperativo categorico di comunicare col mondo esterno. La stanza dove lo scienziato siede alla sua scrivania, il laboratorio, la biblioteca devono aprirsi, cessare d'essere *hortus conclusus*.

(\*) Scuola Normale Superiore, Piazza dei Cavalieri 7, 56126 Pisa.

(\*\*) Relazione presentata al V Convegno Nazionale di «Storia e Fondamenti della Chimica» (Perugia, 27-30 ottobre 1993).

Roberto Vacca ha scritto un libro proprio su questo problema: s'intitola *Comunicare come* ed è uscito tre anni fa. In una delle prime pagine l'autore afferma: «... oltre a fare il meglio che possiamo» nell'ambito professionale, «dobbiamo anche imparare a comunicare i nostri piani, punti di vista, visioni del mondo e così via nel modo migliore possibile».

Tornando indietro di qualche anno, sentiamo che cosa dichiarò Ruggero Leonardi nel corso d'un convegno del comitato di coordinamento delle associazioni scientifiche italiane (noto con la sigla COASSI): «Penso sia stimolante uscire dal tempio dei sacrifici misterici della Scienza con la S maiuscola e verificare con un lettore che forse può capire e forse no ... l'impatto di ciò che hai appreso, di ciò che sai».

Bene. In fondo questa posizione è facile da condividere se il problema è comunicare qualcosa che può avere conseguenze pratiche: aspetti tecnologici o anche interpretativi della realtà in cui viviamo. Secondo un ragionamento a mio avviso riduttivo, potrebbe forse sembrare che, al contrario, le discipline storiche non avessero necessità di questo genere e potessero prosperare anche fuori da qualunque contatto con tutti coloro che in una parola potrebbero essere definiti profani.

Ci sono — beninteso — i profani "per vocazione" o, meglio, per ostinazione. Conosco anch'io alcuni chimici serissimi e stimati per i loro contributi allo sviluppo della nostra scienza, i quali rifuggono con fastidio dai suoi aspetti storici e guardano con sospetto chi dedica a essi una parte del suo tempo. L'unico contatto che costoro accettano d'averne con la storia della chimica è nel momento in cui sono invitati a scrivere necrologi su riviste scientifiche; ma allora sono spinti dal ricordo d'un collega scomparso, e forse non si rendono neppure conto che un necrologio, quando è fatto bene, è un'opera a carattere storico.

Non si può parlare ai sordi, e si sa che non c'è peggior sordo di chi non vuol sentire, ma ci sono tanti altri chimici che invece apprezzano una lettura di storia della chimica, se è presentata — appunto — come lettura, cioè in forma divulgativa. Le conseguenze positive arrivano: la mia esperienza personale me l'ha dimostrato. A Pisa nel dipartimento di chimica e chimica industriale i miei articoli divulgativi hanno smosso un pochino le acque storiografiche, inducendo l'anno scorso alcune persone a organizzare un pomeriggio a cui furono invitati come conferenzieri Cerruti e Del Re, e durante il quale furono rievocati anche i fasti pisani. E ora è in preparazione un opuscolo che presenta i nostri corsi di laurea: per quest'opuscolo m'è stata richiesta un'introduzione storica.

Dimostra ampiamente di rendersi conto che vale la pena di parlare di storia ai chimici George Kauffman, indefesso divulgatore degli aspetti storici su riviste destinate all'ambiente chimico. In Italia Cerruti ha mostrato un'attenzione simile, come risulta dalla pregevole raccolta di suoi scritti su *Radar*, pubblicata col titolo «Uomini e idee della chimica classica». Eppoi ancora Cerruti, e con lui Di Meo, coautore e coordinatore, Cappelletti, la Carusi, Del Re, Marini-Bettolo,

Torracca, insieme con Luciano Caglioti (anche lui un non professionista di storia): hanno creato quattro anni fa il volume dell'ENIMONT, *Storia della chimica — dalla ceramica del neolitico all'età della plastica*, bellissimo esempio di divulgazione, rivolto a un pubblico — diciamo — elevato e costituito, se non per forza di soli chimici, almeno di persone con interessi epistemologici abbastanza spiccati.

I latini dicevano: «*Historia magistra vitae*». Senza voler caricare di retorica questa ben nota sentenza, vorrei dire che l'imperativo «Comunicare!» vale certamente anche per le discipline storiche. Queste infatti, in fondo in fondo, per non rischiare di ridursi a sterile erudizione, devono puntare sempre al traguardo d'insegnare qualcosa all'uomo d'oggi attraverso l'esperienza dei suoi predecessori.

E qui sorge il bisogno d'un anello di congiunzione fra lo storico della chimica vero e proprio e l'uomo della strada, quello che di chimica non sa nulla o quasi, che vede la nostra scienza come qualcosa d'astruso, di freddo, in genere anche come qualcosa di nocivo, di fastidioso, di antiumano. L'anello di congiunzione è il chimico divulgatore, che riesce a intrufolarsi, a ritagliare un angolino nelle pagine dei quotidiani e delle riviste acquistabili in edicola.

Da cinque anni faccio del mio meglio per assolvere questa funzione, ricorrendo spesso alla storia (figure di scienziati, evolversi di teorie, sviluppo di processi o prodotti) con lo scopo appunto di umanizzare agli occhi del profano la nostra scienza, la chimica. Si tratta di far vedere che le conoscenze moderne non sono piovute dal cielo: sono il frutto d'un lavoro faticoso, a volte contraddittorio, di tanti, tanti esseri umani che hanno lottato contro difficoltà innumerevoli e varie, a volte risultando vincitori, altre volte sconfitti.

Certamente è istruttivo apprendere che la verità può impiegare molto tempo a farsi strada, e che in nessuna epoca sono mancati geni incompresi, mentre spesso onori e considerazione sono toccati agli assertori di teorie fallaci, prima o poi rivelatesi rami secchi dell'albero del sapere. «La scienza» spiegavo in un articolo sul flogisto «è come un grande, complicatissimo edificio: viene costruito un po' alla volta, dalle fondamenta, con tanta fatica; chi vi si dedica, parte dal lavoro altrui e va avanti. Sicché le conoscenze attuali non sarebbero immaginabili senza le conquiste di scienziati del passato, alcuni noti, altri più oscuri. Però il paragone edilizio, per quanto classico, non calza a pennello. Infatti alla base del lavoro dei muratori c'è un progetto: si costruisce un piano già sapendo cosa verrà al di sopra. Chiaramente nella ricerca scientifica questo non può succedere, anche se molti programmi vengono formulati in base a tempi lunghi, e quindi implicano una sorta di previsione. Sappiamo tutti che la verità scientifica vale fino a prova contraria, e che il progresso avviene non solo per sviluppi di conoscenze già acquisite, ma anche per "rivoluzioni", cioè ribaltamenti nel modo d'interpretare la realtà: noi italiani abbiamo Galileo, che basta a ricordarcelo. Dunque sarebbe ingiusto e irragionevole disprezzare chi, esplorando l'ignoto, è

incappato in errori. Perciò, volendo riprendere il paragone di prima, bisognerebbe modificarlo, immaginando un'impresa che, costretta a fare a meno d'ingegneri, architetti e geometri, procedesse per tentativi, abbattendo via via le parti dell'edificio che risultassero poco sicure o chiaramente sbagliate».

Ecco: ritengo che questa funzione educativa sia il vantaggio principale del ricorso alla storia nel parlare di chimica al profano. È un punto di forza intrinseco: la storia della chimica, una volta che s'è aperta la strada verso la divulgazione, produce per la sua stessa natura questo frutto buono. Ma purtroppo ci sono anche dei punti di debolezza, e questi invece sono estrinseci; dipendono, cioè, dalle strutture della società esterna, le quali non sempre permettono che la strada verso la divulgazione venga aperta. Le cause di certe resistenze sono da ricercarsi in una sorta di spirale perversa che concatena l'atteggiamento degli editori e i veri o presunti gusti del pubblico.

Una conseguenza naturale della democrazia, oltre alla libertà di stampa, è l'imprenditorialità dei mezzi d'informazione: un giornale inserito in un regime di libera concorrenza deve suscitare l'interesse del lettore, altrimenti chiude. Riuscire in questo compito diventa, a quanto pare, ogni giorno più difficile, in un mondo sempre più superficiale e quindi sempre meno incline alla lettura. La maggior parte di coloro che comprano un giornale non lo legge mica: lo sfoglia, scorre i titoli e si ferma qua e là su argomenti d'interesse pratico (le tasse da pagare, ad esempio) o evade dalla realtà quotidiana tuffandosi nelle notizie calcistiche.

In questa situazione, che ora ho descritto in modo estremamente schematico, forse esagerando e forse no, l'editore (e quindi anche chi dirige una testata e perciò è obbligato a rendergli conto almeno in termini di bilancio) deve essere quanto mai accorto: egli non può servire al lettore un prodotto che questi si rifiuta di consumare. E qui veniamo al problema. Di lettori interessati agli argomenti scientifici e tecnici ce n'è un discreto numero, tant'è vero che scienza e tecnica si sono conquistate uno spazio significativo nella grande stampa italiana. Ma a quanti di questi lettori interessano gli aspetti storici?

Chi pubblica quotidiani e riviste di grande diffusione è per lo più convinto che la storia della scienza in generale, o almeno di una scienza come la chimica, interessi assai poco. Le posizioni, a dire il vero, sono abbastanza articolate, e in qualche caso ho potuto seguirne di persona l'evoluzione recente. L'insero *Tutto-scienze* del quotidiano *La Stampa*, per esempio, pubblica ogni tanto qualche articolo a carattere storico, anche se negli ultimi due o tre anni mi è stato fatto capire chiaramente che dovevo attenermi all'attualità più di quanto mi veniva concesso prima.

Ancora più marcato il cambiamento di tendenza del mensile *Scienza & Vita*, coinciso con l'arrivo d'un direttore nuovo nei primi mesi di quest'anno. Quello precedente, Luigi Confalonieri, che — guarda caso — è laureato proprio in chimica, apprezzava l'alternanza degli articoli sulle modernità con gli approfondi-

dimenti storici. Questi ultimi erano perfettamente in carattere con un periodico rivolto a un pubblico vasto ma riflessivo e abbastanza metodico. Nel tentativo d'aumentare la tiratura, l'editore Rusconi, a un certo punto, ha voluto dare a *Scienza & Vita* un'impronta molto diversa, chiamando a dirigerla una persona di tutt'altra formazione, che ha subito sfornato un prodotto adattissimo a incuriosire un lettore meno attento e più frettoloso. Chiaramente in quelle belle pagine di rotocalco, che in un turbinio di foto, box, titoli e didascalie invitano a saltare rapidamente di palo in frasca, sarà difficile trovare un articolo storico.

Non si può andare contro la mentalità che ho voluto descrivere con un paio d'esempi: resta solo da aspettare ancora un po' per poter valutare concretamente la risposta del pubblico in termini di copie vendute, e poi trarre le conseguenze sui suoi comportamenti. Fino allora, però, al chimico divulgatore è concesso almeno il dubbio: vale proprio la pena di rinunciare alla funzione educativa della storia per qualche lettore in più, che magari, stuzzicato nella sua superficiale curiosità ma non spinto alla riflessione e all'approfondimento, se li per li abbocca a un'esca vistosa, dopo un po' se ne stufa, come un *viveur facile* al flirt ma restio alla fedeltà?

Nell'attesa, credo comunque che la passività sia un male; sono convinto che a divulgare la storia della chimica bisogna almeno provarci. Esistono riviste che non devono fare i conti con la concorrenza e hanno come funzione prevalente quella di trasmettere una bella immagine di chi le pubblica; non raggiungono il vasto pubblico, è vero, ma circolano almeno fra imprenditori, funzionari, tecnologi, esponenti della cultura, e così mantengono arato un terreno che un giorno, in condizioni più favorevoli, potrebbe alimentare la pianta della divulgazione storica vera e propria. Prendendo ancora spunto dalla mia esperienza, citerò *Energia e Innovazione* dell'ENEA, su cui sono riuscito a scrivere del chimico russo dell'ottocento Aleksandr Borodin (a tutti assai più noto come musicista) e delle ricerche da lui compiute nel laboratorio pisano di via S. Maria, dello sviluppo e delle interconnessioni o contrapposizioni della chimica pura e di quella applicata (argomento così bene illustrato agli studiosi da Christof Meinel su *Angewandte Chemie*), e d'altri temi squisitamente storici.

Dunque occorre insistere dov'è possibile. Potrebbero avere ragione gli editori quando sostengono che oggi le questioni di storia della scienza non interessano il lettore medio. In tal caso, tuttavia, io sarei portato a condividere l'obiezione fatta da Antonia Santaniello al già citato convegno del COASSI, il cui tema era appunto la divulgazione scientifica: «Non è possibile educare il pubblico?». Potremmo aggiungere: non si può proprio conciliare una missione così nobile con le esigenze di bottega, pur reali e stringenti? Se una simile opera educativa fosse utopistica, come per ora gli editori sono propensi a credere, bisognerebbe tenere presente anche il fatto, già riassunto in una frase assai efficace da qualcuno, che un articolo non letto dal pubblico è come se non fosse mai stato scritto.

A ogni modo, sperando in tempi migliori, ricordiamoci una cosa importante: oltre che da problemi di bilancio, coloro che pubblicano giornali e periodici con lo scopo di venderli sono influenzati, almeno inconsciamente, dalla loro formazione, nella quale la cultura scientifica ha avuto in media uno spazio molto angusto. Ecco allora che gli aspetti storici, più consoni a una mentalità umanistica, dovrebbero costituire un altro punto di forza, una chiave d'accesso per la divulgazione della chimica in genere, qualora il mercato desse indicazioni diverse sui gusti dei lettori.

ANTONINO DRAGO (\*)

## Una caratterizzazione della rivoluzione di Lavoisier (\*\*)

**Summary** - In the literature the notion of «scientific revolution» is an highly controversial one. In particular, Kuhn and some recent historians devoided the birth of modern chemistry of a revolutionary meaning. Already some negative reactions to this interpretation have been elicited. By going beyond these criticisms, here the question is related to the nature of the foundations of a scientific theory and, more generally, to the kind of historiography of science are sustained by a particular author. By characterizing in a new way the foundations of a scientific theory a clear-cut definition of a scientific revolution is suggested. By applying the latter one, the birth of modern chemistry results to be a full scientific revolution, that may be ignored by historians inasmuch as they adhere in an aprioristic way to the Newtonian paradigm as a historiographic paradigm.

### 1. Fu rivoluzionaria la «rivoluzione chimica»?

Da alcuni anni degli storici anglo-americani hanno sostenuto una tesi che contrasta, non solo con il largo favore accordato dagli anni '60 alla parola «rivoluzione nella scienza», ma con tutta la usuale tradizione storica.

Nel 1700 la parola rivoluzione aleggiava sulla società aristocratica. Profezie di «rivoluzione» si trovano in molti autori che riflettono sulla società; ma è noto che anche nella scienza si usava la parola «rivoluzione», o riferita al passato [1] o proiettata nel futuro non lontano [2] o riconosciuta in coincidenza nientemeno che con la nascita della rivoluzione francese [3]. Quest'ultima congiunzione è la più impressionante per noi, ma lo fu anche nel passato per i chimici del tempo.

Però si sa bene che dopo il 1900 la chimica ha subito una valutazione riduttiva della sua portata teorica; ancor meno è stata calcolata per ricostruire la

(\*) Gruppo di Storia della Fisica, Dipartimento di Scienze Fisiche, Università di Napoli.

(\*\*) Relazione presentata al V Convegno Nazionale di «Storia e Fondamenti della Chimica» (Perugia, 27-30 ottobre 1993).

storia della scienza, la quale volentieri si è limitata alla sola storia della fisica. Cosicché la parola rivoluzione è stata tacitata dalla storia della scienza più accreditata, o al più usata come metafora per evocare alcuni grandi rivolgimenti (nascita della meccanica di Newton, nascita della relatività o della meccanica quantistica).

Ciò vale fino a Kuhn, che invece usò questa parola proprio nel titolo del suo libro [4] (libro che comparve in un periodo, gli anni '60, in cui di rivoluzione politica si è parlato in abbondanza).

Questa pur fuggevole ricostruzione della storia della parola «rivoluzione» nella scienza e nella storia della scienza trova un paradosso proprio con Kuhn: quando finalmente il successo del libro di Kuhn accredita formalmente quella parola nella storia della scienza, proprio allora viene negata la rivoluzione più famosa, quella chimica, e proprio dal libro di Kuhn.

Kuhn infatti non solo nega le rivoluzioni nella storia della matematica senza offrire una spiegazione convincente [5], ma nega che ci sia stata una rivoluzione nella chimica, riducendo il passaggio tra Priestley e Lavoisier-Dalton ad una influenza di lungo termine della meccanica newtoniana sui vecchi teorici del flogisto; Lavoisier innoverebbe perché avrebbe subito le influenze di fattori «sovra-meccanici» [6]. Poi la chimica seguente non uscirebbe dal paradigma newtoniano, il quale andrebbe in crisi solo alla fine dell'800.

Questo giudizio di Kuhn non è né frettoloso né laterale: già in precedenza si è rimarcato [7] che gli esempi storici di chimica utilizzati da Kuhn sono molto più numerosi di quelli di ogni altra teoria, essendo secondi solo a quelli di meccanica.

D'altra parte però il giudizio di Kuhn è poco affidabile perché la sua parola cruciale, «paradigma», può giungere a ben 21 significati [8] e, di conseguenza, altrettanti sono i significati della parola «rivoluzione». Di sicuro questa non è semplicemente una grande scoperta, così come la intendono i tradizionali storici cumulativi; ma non si capisce che cosa per Kuhn debba cambiare in più di una grande scoperta scientifica, affinché si possa avere una vera rivoluzione; infatti il cambiamento definito rivoluzionario è governato, secondo Kuhn, dalla Gestalt, cioè da un processo non spiegabile razionalmente.

Quello che resta sicuro di Kuhn è il sistema di concetti che lui ha costruito come schema interpretativo della storia della scienza: comunità degli scienziati, scienza normale, paradigma, anomalia, crisi, cambiamento gestaltico, cambio di paradigma, rivoluzione, incommensurabilità, variazioni radicali di significato. Questo sistema di concetti è stato ampiamente discusso nella letteratura; ma, a mia conoscenza, senza molto costruito [9].

In questo contesto di poca chiarezza si sono inseriti Melhado, Gough, Holmes ed altri [10] che, sulla base di dati di fatto storici (pur sempre selezionati tra i tanti altri e poi interpretati), sostengono che la influenza della fisica su Lavoisier e sulla cosiddetta rivoluzione chimica fu così grande da evidenziare

una forte continuità tra il prima e il dopo Lavoisier; e quindi, in accordo con Kuhn, essi riducono di molto il carattere rivoluzionario del periodo.

Tra gli altri, hanno reagito Abbrì [11] e Tugnoli Pattaro [12], esprimendo un netto dissenso dalla impostazione generale dei precedenti. Tra le varie obiezioni, quella che a mio parere è la più forte è il sottolineare che un dibattito dello stesso contenuto di quello suscitato dagli anglo-americani è già avvenuto negli anni '30, tra Mieli [13] e la Metzger [14]. Quest'ultima sostiene che la tesi di Mieli (e dei suddetti autori a noi contemporanei) non rispetta il contesto culturale e scientifico del secolo in questione. In più Abbrì e Tugnoli Pattaro portano altre considerazioni e nuovi contributi alla conoscenza di quel periodo, così da rendere la tesi avversaria molto difficile da sostenere ancora.

Nonostante ciò, a mio parere, il dibattito deve essere portato oltre, per prendere posizione sulla vera questione, che è ben più ampia dalla semplice richiesta di fedeltà storica, con la quale si chiuse la polemica tra Mieli e Metzger. Dopo Koyrè [15] e Kuhn [4] non si può più fare storia solo puntuale, semplicemente restando fedeli ai fatti e al contesto storico. A differenza degli anni '30, oggi la storiografia è diventata globalistica. Non ci si può dimenticare che oggi la storiografia, senza voler perdere l'adeguazione ai fatti storici, sta cercando, e in parte ottenendo, una sua sistematicità su tutta la storia della scienza; sistematicità che in definitiva vuole esprimere un legame organico con qualche particolare filosofia della scienza. È quindi al livello filosofico che va anche vista la polemica, laddove episodi storici singoli possono cambiare completamente di significato in dipendenza di opzioni filosofiche più generali.

Giustappunto per Kuhn non ci sono rivoluzioni chimiche nel 1789, perché Kuhn propone una concezione sistematica unitaria di tutta la storia della scienza fino al 1900 e quindi una sua filosofia della scienza.

In effetti la giustificazione storica data da Kuhn — quella su ricordata — è debolissima, direi controproducente. Melhado, Gough, Holmes ritornano sull'argomento con un armamentario storico ben più consistente, che produce una tesi interpretativa molto più elaborata. Ma di fatto è sull'autorità di Kuhn che essi si spongono a sostenere in ambiente di chimici una tesi così riduttiva dell'importanza della nascita della chimica.

Si noti che se, d'altra parte, si riuscisse a sostenere decisamente che rivoluzione c'è stata, allora nella storia della scienza tutta ci sarebbero più paradigmi contemporanei (il newtoniano e il chimico di Lavoisier), ci sarebbe incommensurabilità tra scienze diverse e ci sarebbe più d'una razionalità scientifica e una storia della scienza profondamente diversa da quella di Kuhn. Questa alternativa ha una tale rilevanza filosofica che trascende la storia della scienza di un periodo e piuttosto riguarda una opzione cruciale di filosofia della scienza, dalla quale opzione discendono due tipi di storia della scienza.

Allora questo scritto vuole fare attenzione a questo livello del dibattito e portarvi un contributo.

2. *Su che base fondazionale si è giudicata la rivoluzione chimica?*

È ben noto che in passato la «rivoluzione chimica» è stata affermata sulla base di fatti tutti interni alla chimica stessa; e quindi il confronto veniva fatto rispetto alla teoria chimica pre-Lavoisieriana. Certamente in quel quadro il cambiamento introdotto da Lavoisier è molto forte: principalmente si è fatto riferimento al cambiamento dalla teoria del flogisto alla teoria della combustione mediante ossigeno. Giustamente oggi si dice che ciò non è sufficiente per giustificare l'uso di una parola così radicale come «rivoluzione scientifica», tanto più se si tiene conto della complessità storica del cambiamento, in realtà non troppo drastico né del tutto lineare.

Allora la questione richiede un esame storico di che cosa costituisca i fondamenti della chimica, l'unico luogo dove può avvenire una vera rivoluzione scientifica. Qui incontriamo la difficoltà del disaccordo tra gli studiosi nell'individuare (se poi lo si fa) i fondamenti di una teoria scientifica. Per ovviare a questa difficoltà, molti autori hanno proceduto individuando «fatti rivoluzionari» mediante grandi intuizioni.

Allargando lo sguardo a tutta la teoria chimica, è facile aggiungere ai «fatti rivoluzionari» ricordati in precedenza che in quello stesso tempo la chimica ha abbandonato definitivamente i quattro elementi, dando così piena validità ad una serie, non esaurita, di elementi; inoltre ha aggiunto molti nuovi composti, tanto da proporre una vera e propria progettualità sulla natura; infine ha svalutato il calorico, rendendolo dubbio.

A questi cambiamenti nei concetti elementari della chimica bisogna aggiungere alcuni cambiamenti metodologici di grande importanza. Da un metodo che dipendeva da una metafisica si è passati ad un metodo operativista ed empirista. Come dice St.-Claire Deville [16], dallo spiegare (rispondere a dei perché?) si è passati a classificare (rispondere a: che cosa?); come notò Berthelot [17], invece di applicare la meccanica al suo oggetto di studio, dopo Lavoisier i chimici lo hanno cercato. In definitiva, come dice Nye [18], è nata una teoria funzionale e strutturale.

Molti di questi aspetti erano ben noti da tempo; quelli evidenziati recentemente aggiungono sostegno alla tesi della «rivoluzione», ma non sono tali da chiudere la polemica; tanto più che, per mancanza di una definizione formale, occorre riferirsi ad un concetto intuitivo, magari metaforico, della parola «rivoluzione».

Inoltre bisogna notare che la contestazione del carattere rivoluzionario di questo periodo storico avviene mettendo in gioco una scienza in più, la fisica, e quindi il rapporto fisica-chimica. In sostanza si sostiene che la sorella maggiore, e già da tempo emancipata teoria meccanica offriva tecniche, metodi e concetti alla inesperta e infantile teoria chimica; così tanto che poi quel cambiamento di Lavoisier, che nella storia interna della chimica appare molto radicale, nella sua

storia allargata al suo rapporto con la fisica resta un semplice cambiamento, che anzi in parte è un adattamento a quella teoria che già si era affermata. A questo punto credo che il dibattito (che non può sperare in prove documentarie risolutive) diventi un dibattito tra sordi se non fa riferimento ad una comune concezione dei fondamenti non solo della chimica ma anche della scienza tutta, così come ci richiede l'allargamento di campo anche alla teoria fisica. Questa è la sfida che è stata posta da Kuhn e dai precedenti storiografi della chimica: fino a che non si giungerà ad una chiarificazione dei fondamenti della scienza tutta, la chimica non potrà vantare una «rivoluzione scientifica» come costitutiva della sua nascita come scienza.

### 3. *La definizione del concetto di rivoluzione.*

In precedenza ho giustificato una concezione dei fondamenti di una teoria scientifica come determinati da due opzioni, quella sul tipo di infinito usato dalla sua matematica e quella sul tipo di logica usata dalla sua organizzazione sistematica [19].

Studiando poi, su questa base, la storia della matematica [20] e la storia della fisica [21] ho notato che il concetto di rivoluzione può essere definito secondo due accezioni; da quella in senso più debole, come cambiamento dovuto alla nascita di una teoria con almeno una scelta diversa da quella della teoria dominante; a quella più forte, come nascita di una (o più teorie) con ambedue le scelte diverse da quelle della teoria dominante. Il che ci dà un metodo per stabilire quando c'è o no una rivoluzione nella storia della scienza. È da notare che le rivoluzioni scientifiche nel secondo senso vanno a coincidere temporalmente con le maggiori rivoluzioni politiche. Il che dà piena legittimità all'uso della parola «rivoluzione» anche nella storia della scienza.

### 4. *Le caratteristiche della rivoluzione chimica.*

Per giudicare la nascita della chimica Gough, Melhado e Holmes si riferiscono alla teoria fisica. Questo loro riferimento ad una scienza «matura» è legittimo, perché la chimica pre-Lavoisieriana non ha il diritto di porsi come teoria compiuta (nel suo metodo, nelle sue tecniche, nei suoi concetti fondanti).

A mio parere però, gli autori suddetti rispondono poco correttamente quando si riferiscono ad una fisica che è principalmente galileiana invece che newtoniana. Essi infatti sottolineano l'aspetto delle tecniche sperimentali; certamente in Newton queste sono presenti e basilari. Ma sappiamo bene che con Newton la fisica si fonda anche metafisicamente, e cioè con spazio e tempo assoluto, con gli infinitesimi dell'infinito in atto, con la forza-causa. Quest'ultimo

concetto, facendo aderire la fisica alla metafisica, doveva cogliere, secondo Newton, la dinamica essenziale dei fenomeni e quindi permettere di fondare ogni nuovo campo di ricerca. Così fu per la acustica, così fu per l'ottica, così Newton aveva programmato per la teoria chimica e per la cinetica dei gas, così aveva presagito nelle *Queries* per ogni altro campo, fino alla morale.

La chimica moderna nacque giustappunto perché abbandonò questa programmazione teorica dominante e con Lavoisier si legò allo sperimentalismo fisico; ma a quello primordiale di Galilei piuttosto che a quello (mischiato con la metafisica) di Newton.

Nella misura in cui si pensasse Galilei totalmente incluso dallo sviluppo successivo di Newton, la cosa non farebbe differenza. Ma sarebbe tutto diverso se tra Galilei e Newton ci fosse un salto; e così io credo che sia, a causa di quell'aderenza di Newton alla metafisica su indicata, che mai Galilei ha voluto far entrare nella sua spiegazione fisica [22].

Questa divergenza generale è stata rilevata in piccolo da quegli storici della chimica che hanno sottolineato come la vecchia chimica si basasse sulla affinità, concepita con la forza gravitazionale e quindi riferita alla massa dei corpi; mentre invece la nuova chimica si basava sulla affinità elettiva [18]; e da quelli che hanno sottolineato che la ricerca di una spiegazione dinamica interna ai corpi (determinata dalla forza della meccanica newtoniana) fu sostituita dalla indifferenza ai meccanismi; e cioè dall'atteggiamento descrittivo del tipo, molto elementare, ingresso-uscita.

La caratterizzazione generale suddetta fa sottolineare anche le variazioni radicali di significato che assumono alcuni concetti fondativi. Al concetto di spazio-contenitore (metafisico) di Newton e di Cartesio, la nuova chimica risponde con l'assenza completa della geometria; se si vuole, lo spazio si riduce a quello della zona del tavolo del laboratorio dove avvengono le reazioni chimiche o a quello chiuso delle provette.

Ancora: al concetto potentissimo ed entusiasmante di infinitesimo (e alla nuova teoria dell'analisi infinitesimale) la nuova chimica risponde con l'azzerramento di quella matematica; in quanto si persegue l'atteggiamento opposto a quello degli infinitesimi, quello di proporre la divisibilità finita della materia.

La variazione è così radicale che sembra quasi che la matematica tutta venga tralasciata o almeno sospesa. Ciò che in Newton (e anche in Galilei, oltre che in Cartesio) è stato l'ideale — sintetizzare l'essenziale del fenomeno con la matematica —, nella nuova chimica diventa una semplice lingua ben fatta (così come insegnava Condillac), non importa se matematica. Giustamente Croeland [23] ha dedicato un'opera al linguaggio della chimica, questa invenzione è un atto rivoluzionario. Infatti dopo un secolo di trionfi della nuova, potentissima analisi infinitesimale, la chimica ha voluto tornare a valorizzare il linguaggio naturale, sottoponendo gli unici numeri usati ad una funzione del tutto ausiliaria. Anche a voler vedere questo fatto da dentro la sola matematica, occorre dire che non ci

poteva essere contrasto maggiore di quello di passare da una matematica del continuo (e anzi dell'iper-continuo dell'analisi non-standard, quale era di fatto la matematica di Newton [24]) al discreto dei numeri razionali a 5 cifre decimali delle pesate, o ai numeri interi dei numeri atomici.

Se tutto ciò non dovesse risultare abbastanza convincente per sostenere che la nascita della nuova chimica fu un fatto scientificamente rivoluzionario, notiamo allora che con essa ci fu un cambiamento radicale, non solo nei concetti che lo scienziato usava o nelle tecniche metodologiche delle quali si serviva o addirittura del linguaggio che adottava per dialogare con la Natura e con gli altri scienziati, ma anche nella stessa maniera di ragionare dello scienziato stesso. Infatti ho già fatto notare [25] che la nuova chimica principia da affermazioni doppiamente negate che non possono essere tradotte in affermazioni positive, per mancanza di evidenza sperimentale.

Orbene, --  $A \neq A$  è proprio la legge che differenzia una logica non classica da quella classica. Quindi, in piccolo, i nuovi chimici si distanziarono dal modo classico (o meglio, aristotelico) di seguire le leggi della logica, costruendo una teoria con questo nuovo modo di ragionare. Questo cambiamento nella logica è connesso alla maniera di organizzare la teoria: invece che deduttivamente, così come aveva prescritto Aristotele, la chimica si organizzò basandosi sulla ricerca di un nuovo metodo, quello di risolvere un problema universale, la divisibilità della materia [26].

Col che la chimica nuova portava a compimento quella rivoluzione scientifica, rispetto alla filosofia di Aristotele, che Galilei aveva iniziato con grande impulso; rivoluzione che però poi dopo aveva subito una battuta d'arresto con Newton (pur rimproverato da Leibniz per questo motivo), che tornò alla logica classica, alle cause-forze, alle qualità occulte (gravitazione), ai principi apodittici, alla organizzazione deduttiva della teoria.

Il che, assieme a tutte le suddette variazioni radicali di tutti gli aspetti scientifici connessi con la teoria chimica (incluse la metodologia e la logica), sottolinea che questa nuova teoria non poteva innovare più radicalmente di quanto ha compiuto: da una parte ha iniziato una maniera di fare teoria scientifica che era alternativa alla nuova tradizione scientifica che era stata instaurata sotto l'autorità di Newton; tuttavia questo non costituì una regressione ad uno stadio pre-scientifico — così come molti fisici intendono e sembra quasi che anche Kuhn sostenga, quando parla di scienze non mature [27] —, perché, dall'altra parte, è stata una alternativa, ancor più completa della scienza newtoniana, alla antica scienza aristotelica.

Siamo qui giunti a decidere quella che in effetti era la questione principale del dibattito sulla rivoluzione chimica — lo notavamo in precedenza: che esista prima del 1900 una teoria scientifica che sia alternativa al paradigma newtoniano.

5. *Una, due, tante teorie rivoluzionarie.*

Una trasformazione così radicale e così completa del teorizzare scientifico sarebbe poco convincente se dovesse essere attribuita ad un solo settore della scienza del tempo, la chimica, quasi che una rivoluzione possa mai essere determinata dalla sola particolarità del campo di fenomeni considerato.

Per risolvere questo dubbio occorrerebbe esaminare accuratamente ogni teoria scientifica del tempo per riconoscerci un'eventuale rivoluzione scientifica occultata. Un lavoro storico enorme, che però può essere drasticamente ridotto se si accetta la precedente definizione sintetica di «rivoluzione scientifica». Quanto esposto in precedenza ha comprovato sulla teoria chimica quanto sia adeguato concepire una rivoluzione scientifica in termini di cambiamento di almeno una delle due scelte fondamentali della teoria dominante: il tipo di matematica e/o il tipo di logica (o anche di organizzazione della teoria). Ora proseguiamo facendo ricorso direttamente a queste scelte, piuttosto che al fenomeno conseguente alla diversità delle scelte compiute da due teorie, cioè alle variazioni radicali di significato nei concetti fondamentali.

Essendo le scelte della teoria newtoniana l'infinito in atto (IA) e la organizzazione aristotelica deduttiva (OA), allora adesso si tratta di vedere se ci sono, e quali eventualmente sono, le altre teorie scientifiche che invece scelgono l'infinito solo potenziale (IP, o addirittura il finito) e la organizzazione basata su un problema universale (OP).

Oltre la chimica, un'altra nascita rivoluzionaria contemporanea fu quella di una teoria che di solito non viene ricordata né viene classificata con sicurezza: la cristallografia. È nata con Haüy nel 1786, fu costruita con la matematica delle simmetrie e della trigonometria (teoria più potente della geometria ma senza IA) ed era basata sul problema universale di quali siano le forme regolari della materia (OP).

Inoltre, tutte le teorie già ben note nel periodo della nuova chimica furono rifondata in maniera radicalmente nuova.

La meccanica ebbe due rifondazioni su un problema universale. Quella di Lagrange (1788), basata sul problema di trovare il metodo per risolvere con la sola analisi infinitesimale ogni questione meccanica; e quella di L. Carnot (1782), basata sul problema universale dell'urto dei corpi (e dei fenomeni che possono essere approssimati da una serie di urti). In quest'ultima teoria la matematica è IP, cioè, senza equazioni differenziali, solo algebrica-trigonometrica (perché si studia la comunicazione delle quantità di moto mediante gli invarianti del moto, che sono equazioni algebriche-trigonometriche nelle velocità).

In effetti L. Carnot rifondò (1786) anche l'analisi infinitesimale sul problema di che cosa sono gli infinitesimi (OP); come pure rifondò la geometria (1803) senza infinito in atto (anzi, senza nemmeno i numeri relativi) e basandosi sul problema di risolvere una figura quando ne siano assegnati alcuni

elementi (OP). Anche Lagrange aveva rifondato l'analisi; lui lo fece senza infinitesimi e senza limiti basandosi su un potenziamento dell'algebra elementare (sviluppo di Taylor di una funzione); cioè senza IA.

In totale, vediamo che la rivoluzione della chimica è parte di un ampio movimento di rinnovamento radicale della scienza intera al quale hanno partecipato scienziati di grande levatura e di grande capacità teorica e matematica. Rispetto alla scienza dominante, la meccanica newtoniana, vengono cambiate tutte e due le scelte fondamentali dalla chimica e anche dalla cristallografia di Haüy e dalla meccanica e la geometria di L. Carnot. Questa rivoluzione è correlata temporalmente e geograficamente alla grande rivoluzione politica della rivoluzione francese; il legame è ben descritto da Gillispie in un articolo famoso [28] e lo si può confermare e precisare con le due opzioni fondamentali, pur di ricostruire opportunamente il metodo della storia esternista di Sohn-Rethel [29].

Una volta che si consideri che la chimica realizzò con la massima decisione e chiarezza le due nuove scelte fondamentali (IP e OP) [19], non si vede come la sua rivoluzione scientifica potesse essere più radicale.

#### *6. Teoria chimica: ancella della fisica o rivelatrice nella storia della vera scientificità?*

Nel passato, si è concepita la teoria chimica come non matura e da separare dalle teorie fisiche, le quali invece avrebbero avuto più dignità scientifica. Ha pesato a lungo, ad es. il giudizio di Kant, secondo cui la chimica, non sapendo matematizzarsi, non è una vera e propria teoria. Ma anche successivamente, giudizi troncanti sono stati espressi da Maxwell e da Helmholtz. Secondo il primo la chimica non è sufficientemente astratta dai casi particolari (le singole sostanze), e pertanto è ad un grado di scientificità primordiale. Secondo Helmholtz la chimica non è una scienza razionale, non potendosi dedurre da principi chiari.

Dal punto di vista, qui esposto, delle due scelte fondamentali, i giudizi precedenti sono da considerare come pregiudizi di scienziati che subivano il monopolio culturale della tradizione newtoniana.

Secondo quest'ultimo punto di vista, tra due teorie con scelte fondamentali diverse c'è incommensurabilità, che storicamente significa spesso incomunicabilità, incomprensione, occultamento. È evidente che tutti questi fenomeni storici sono stati subiti dalla chimica, che nel passato non è riuscita a liberarsene nemmeno quando, con la chimica-fisica, trovò una comunicabilità almeno con la termodinamica. Ma dopo i primi anni del '900 la termodinamica fu anch'essa svalutata e per la chimica è tornata la incomunicabilità. La quale sembrò superata con l'avvento della chimica quantistica; ma il prezzo fu che la chimica, che aveva preteso di essere rivoluzionaria per oltre un secolo, dovette accettare la condizione di ancella (essere una particolare applicazione della meccanica quan-

tistica). In effetti, la nuova condizione dipendeva da un moderno sviluppo della fisica teorica (meccanica quantistica) che, pur innovativa, non aveva rotto i ponti con la tradizione newtoniana. Per cui l'atteggiamento di Kuhn e seguaci, quello di svalutare la rivoluzione chimica, può essere visto anche come il riflesso sulla storiografia moderna di questa nuova concezione della chimica come essenzialmente chimica quantistica; e, in definitiva, come continuazione dell'atteggiamento tipicamente newtoniano nella scienza e nella storia della scienza. Dal loro punto di vista, giustamente essi si sforzano di dimostrare la loro tesi — quella dell'unico paradigma prima del '900 — proprio sulla rivoluzione chimica; perché, tra tutte le teorie rivoluzionarie del tempo, la chimica ha prodotto la rivoluzione più nota e quella che più ha avuto modo di radicarsi in una prassi scientifica non esorcizzabile e non occultabile dalla accademia dominante.

Da parte della chimica però questa svalutazione è molto grave, perché, come si è notato altrove [30], quella rivoluzione fu l'unica rivoluzione della teoria; che altrimenti o ha vissuto delle trasformazioni ambigue o ha subito operazioni di inclusione. Perciò per la chimica ne va della sua identità storica e, nello stesso tempo, teorica.

Nello stesso tempo per la storia della scienza la posta in gioco, così come si diceva all'inizio, è una alternativa nella concezione di tutta la storia della scienza: esistono modelli di teoria dominanti (paradigmi) che dominano incontrastati finché un fenomeno socio-psicologico di Gestalt cambia improvvisamente la visione del mondo? Oppure esistono delle opzioni fondamentali (quelle sul tipo di matematica e sul tipo di logica), che sempre sono state, più o meno, sviluppate da specifiche teorie e che comportano una storia della scienza come intreccio di diversi modelli di teoria scientifica, col prevalere (a volte anche a lungo e molto radicalmente) di qualcuno di essi, ma senza mai riuscire a ridurre veramente tutta la scienza a un solo paradigma scientifico-metafisico? In altri termini, cioè in termini filosofici, esiste una sola razionalità scientifica — quella codificata dal paradigma —, salvo cambiamenti tanto rapidi quanto inspiegati? O il concetto di razionalità scientifica è realizzato dalle scienze particolari secondo alcune modalità essenzialmente diverse, e quindi trascende il singolo modello di teoria scientifica, il singolo paradigma?

In questo scritto si è voluto sostenere la seconda di queste due alternative, tornando ad attribuire alla chimica classica piena dignità di teoria scientifica, e anzi caratterizzando la sua rivoluzione come la più completa tra le rivoluzioni scientifiche e la più rivelatrice di quelli che sono i reali fondamenti di tutta la scienza (oltre che la più legata alla rivoluzione politica del suo tempo).

BIBLIOGRAFIA E NOTE

- [1] L. CARNOT, *Dissertation sur l'infini mathématique*, in C.C. Gillispie, *Lazare Carnot Savant*, Princeton, U.P., Princeton 1971, 169-262, p. 173. Si veda anche A. LEVIN, *Venel, Lavoisier, Fourcroy, Cabanis and the idea of scientific revolution*, «Hist. Sci.», 22 (1984) 303-320.
- [2] F. VENEL, *Chymie*, in *Encyclopédie Française*, III, Paris 1753, 408-437.
- [3] J.-L. LAVOISIER, *Traité élémentaire de chimie*, Paris 1789.
- [4] T.S. KUHN, *La struttura delle rivoluzioni scientifiche*, Einaudi, 1969.
- [5] T.S. KUHN, *op. cit.*, p. 34.
- [6] T.S. KUHN, *op. cit.*, p. 135.
- [7] P. CERRIETA e A. DRAGO, *Matematica e conoscenza storica*, in L. Magnani (ed.), *Conoscenza e Matematica*, Marcos y Marcos, Milano 1991, 353-364.
- [8] M. MASTERMANN, *The nature of Paradigm*, in I. Lakatos and A. Muxrager (eds.), *Criticism and the Growth of Knowledge*, Cambridge U.P., Cambridge 1980, 59-89.
- [9] So indicare solo pochi cambiamenti o precisazioni: quelli di K. PEYERAREND, *Changing Pattern Reconstruction*, «Brit. J. Phil. Sci.», 28, 351-369 (la incommensurabilità è la regola); di I.B. COHEN, *Stages of Revolution in Science*, «Arch. Int. Hist. Sci.», 37 (1987), 127-140 (ogni risultato scientifico importante è rivoluzionario); di A. NORDMANN, *Comparing incommensurable theories*, «Stud. Hist. Phil. Sci.», 17 (1986), 231-246 (studio dell'incommensurabilità mediante un caso storico, di chimica); di E. GLAS, *Testing the philosophy of mathematics in history of mathematics*, «Stu. Hist. Phil. Sci.», 20 (1989), 115-131, 157-174 (precisione-approfondimento della incommensurabilità grazie ad un caso storico molto rilevante, la matematica durante la rivoluzione francese).
- [10] E.M. MELLIADO, *Chemistry, Physics and the Chemical Revolution*, «ISIS», 74 (1985) 195-211. J.B. GOUGE, *Lavoisier and the fulfillment of the Stahlian Revolution*, «Osiris», 4 (1988) 15-33 (tutto il numero è dedicato al problema). F.L. HOLMES, *Eighteenth-Century Chemistry as an Investigative Enterprise*, Univ. Calif. P., Berkeley 1989.
- [11] F. ARBEI, *The Chemical Revolution: A Critical Assessment*, «Nuncius», 4 (1989) 303-315.
- [12] S. TUGNOLI PATTARO, *Ossigeno vs. Flogisto*, SIPS, *Età della rivoluzione e il progresso delle scienze*, Bologna 1989, 161-191.
- [13] A. MIELL, *Le rôle de Lavoisier dans l'histoire des sciences*, «Archeion», 14 (1932) 51-56.
- [14] H. METZGER, *Introduction à l'étude du rôle de Lavoisier dans l'histoire de la chimie*, «Archeion», 14 (1932) 31-50.
- [15] A. KOYRE, *Dal mondo chiuso all'universo infinito*, Feltrinelli, 1972.
- [16] H. SAINT-CLAUDE DEVILLE, *Leçons sur l'affinité*, Paris 1867.
- [17] M. BERTHELOT, *La synthèse chimique*, Ballière, Paris 1876, p. 275.
- [18] M. JO NYE, *Physics and Chemistry: commensurate or incommensurate sciences?*, in M.J. Nye et al. (eds.), *The invention of Physical Sciences*, Kluwer Acad. P., 1992, 205-224.
- [19] A. DRAGO, *Le due opzioni. Per una storia popolare della scienza*, La Meridiana, Molletta BA, 1997; *History of the relationships Chemistry-Mathematics*, «Fres. J. Anal. Chem.», 337 (1990) 220-224, erratum 340 (1991) 787.
- [20] A. DRAGO, *Esistono rivoluzioni nella storia della matematica?*, in F. Casolaro, C. D'Aiello (eds.), *Matematica moderna e loro insegnamento*, Luciani, Roma 1993, 257-265.
- [21] A. DRAGO, *Il concetto di rivoluzione scientifica nella scienza*, in F. Besicovich (ed.), *Atti XII Cong. Naz. Storia Fisica*, 53-78, L'Aquila 1991. In realtà, oltre le due accezioni ricordate, c'è anche l'accezione «soggettiva» secondo la quale una rivoluzione avviene quando

cambiano radicalmente i concetti che fungono da surrogati delle scelte fondamentali; ad es. la rivoluzione della relatività fu causata dalla critica distruttiva dei concetti basilari per Newton, di spazio assoluto e tempo assoluto, surrogati delle scelte OA e IA. Nel 1789 la chimica ebbe una rivoluzione anche in tale accezione soggettiva. Le osservazioni seguenti presentano prima questo tipo di rivoluzione, più intuitiva, e poi quella sulle scelte fondamentali; il che è possibile perché le due, in questo caso, coincidono.

- [22] Ho approfondito questo punto caratterizzando compiutamente le due figure: A. COPPOLA e A. DRAGO, *Galilei ha inventato il principio di inerzia?*, in S. D'Agostino, S. Petruccioli (eds.), «Rend. Acc. Sci. XL», 12, (1984) 319-327; e A. DRAGO, *A characterization of the Newtonian Paradigm*, in G.B. Scheurer, G. Debrock (eds.), *Newton's Philosophical and Scientific Legacy*, Kluwer Ac. P., 1988, 239-252.
- [23] M. CROSLAND, *Historical Studies in the Language of Chemistry*, New York 1978.
- [24] A. ROBINSON, *Non-Standard Analysis*, North-Holland, Amsterdam 1960, cap. X.
- [25] A. DRAGO, *Atomism and reasoning by a non-classical logic*, in «Proc. Conf. on Proust», Segovia 1992 (in press).
- [26] A. DRAGO, *La chimica classica come esempio di teoria organizzata su un problema centrale*, in F. Calosci, E. Torracca (eds.), *Atti II Congr. Naz. St. Fond. Chim.*, «Acc. Sci. XL», V, 12, Roma 1987, 315-326.
- [27] T.S. KUHN, *op. cit.*
- [28] C.C. GELBERG, *The Encyclopédie française and the Jacobin philosophy of science*, in M. Clagett (ed.), *Critical Problems in History of Science*, Wisconsin U.P., 1962, 255-289.
- [29] A. DRAGO, *La scienza e la rivoluzione francese. La rivoluzione francese e la scienza*, in F. Bevilacqua (ed.), *Atti X Congresso Naz. St. Fisica*, Cagliari 1989, 111-127.
- [30] A. DRAGO, *Le scelte fondamentali della chimica fisica*, in F. Abbri, F. Crispini (eds.), *Atti III Conv. Naz. St. Fond. Chimica*, Brenner, Cosenza 1991, 291-298.

FRANCO CALASCIBETTA (\*)

**Il ruolo delle ricerche crioscopiche di F. M. Raoult  
nella nascita della moderna Chimica Fisica  
(1878-1897) (\*\*)**

**The role of Raoult's research on lowering the freezing point of solutions in the birth of modern physical chemistry (1878-1897).**

**Summary** - The publication in 1887 of two fundamental works on physical chemistry in the «Zeitschrift für Physikalische Chemie» — one by J.H. van't Hoff on osmotic pressure and the analogy between solutions and gases, and the other by S.A. Arrhenius on electrolytic dissociation, signalled the birth of modern physical chemistry.

As the reader learns from examining these memoirs, both authors found that the experimental data on lowering the freezing point of solutions, accumulated earlier by the French chemist F.M. Raoult, formed a significant body of evidence to support their theories. Nevertheless historical studies in this field generally pay scant attention to the role played by the French scientist's research on the subject.

This paper therefore will first of all examine the studies on lowering the freezing point of solutions conducted by Raoult between 1878 and 1886, drawing particular attention to the French scientist's distinctive research style, which is strongly rooted in the patient collection of empirical data and tends more towards finding simple regularities than constructing complex theoretical models.

These aspects of Raoult's research work in the end were to result in hindering his full adherence to the new theoretical system, towards whose foundation he had himself contributed, owing in particular to some slight discrepancies between predictions using the new theories and some his previous empirical data, which was later proved to be erroneous.

This attitude of Raoult goes at least some way towards explaining the secondary role ascribed him in the historical reconstruction of the events leading to the foundation of the modern physical chemistry of solutions.

(\*) Dipartimento di Chimica, Università degli Studi di Roma «La Sapienza».

(\*\*) Relazione presentata al V Convegno Nazionale di «Storia e Fondamenti della Chimica» (Perugia, 27-30 ottobre 1993).

INTRODUZIONE.

Come è noto il 1887 viene generalmente considerato come l'anno di nascita della Chimica Fisica.<sup>1</sup> In quello che è stato definito un po' enfaticamente «l'anno meraviglioso» di questo settore disciplinare<sup>2</sup> venne infatti fondata una rivista dedicata esclusivamente ad esso, lo «Zeitschrift für Physikalische Chemie», e su questa rivista, in tale anno, vennero pubblicati due fondamentali lavori, quello di J. H. van't Hoff (1852-1911), sulla pressione osmotica e sull'analogia tra soluzioni e gas, e quello di S. A. Arrhenius (1859-1927), sulla dissociazione elettrolitica.<sup>3</sup>

Negli articoli celebrativi, che hanno inevitabilmente salutato il centenario di questa ricorrenza,<sup>4</sup> particolare attenzione è stata riservata al ruolo che nella nascita della Chimica Fisica hanno svolto quelli che sono stati chiamati «i tre moschettieri della battaglia degli ioni»,<sup>5</sup> gli stessi van't Hoff e Arrhenius e W. Ostwald (1853-1932), fondatore, insieme a van't Hoff, dello Zeitschrift für Physikalische Chemie.

Un'analisi storica delle vicende, che portarono van't Hoff e Arrhenius a dare forma definitiva alle loro teorie, mette in risalto il ruolo che ebbero per i due scienziati i dati sperimentali sull'abbassamento del punto di congelamento delle soluzioni, raccolti negli anni immediatamente precedenti dallo scienziato francese F. M. Raoult (1830-1901), che pure fu tra i primi collaboratori dello Zeitschrift für Physikalische Chemie.<sup>6</sup>

<sup>1</sup> Tale è ad esempio l'opinione di R.G.A. Dolby, espressa in *Debates over the Theory of Solution: A Study of Dissent in Physical Chemistry in the English-Speaking World in the late Nineteenth and Early Twentieth Centuries*, «Hist. Stud. Phys. Sci.», 7, 297-353, 1976.

<sup>2</sup> L. TANSGOE, *The Wonderful Year of Physical Chemistry: 1887*, «Kem. Tidskr.», 100, 54-70, 1988.

<sup>3</sup> J.H. VAN'T HOFF, *Die Rolle des osmotischen Druckes in der Analogie zwischen Lösungen und Gasen*, «Zeit. Phys. Chem.», 1, 481-508, 1887; S.A. ARRHENIUS, *Ueber die Dissociation der im Wasser gelösten Stoffe*, «Zeit. Phys. Chem.», 1, 631-648, 1887. Entrambe le memorie furono tradotte in inglese da H.C. Jones in *The Modern Theory of Solution: Memoirs by Pfeffer, van't Hoff, Arrhenius and Raoult*, New York, 1899, rispettivamente come: J.H. VAN'T HOFF, *The Role of Osmotic Pressure in the Analogy between Solutions and Gases* (pp. 13-42); S.A. ARRHENIUS, *On the Dissociation of Substances Dissolved in Water* (pp. 47-66).

<sup>4</sup> Oltre all'articolo di L. Tansgoe, citato in nota 2, ricordiamo ancora: M. DAVIES, *A Century of Physical Chemistry*, «Zeit. Phys. Chem.», 170, 7-14, 1991; G.B. KAUFFMAN, *The Centenary of Physical Chemistry*, «Education in Chemistry», 24, 168-170, 1987.

<sup>5</sup> Questa definizione, ripresa da G.B. Kauffmann in *The Centenary of Physical Chemistry* (vedi nota precedente), è in: B. JAFFE, *Crucibles: the Story of Chemistry, from Ancient Alchemy to Nuclear Fission*, New York 1976.

<sup>6</sup> I primi collaboratori, elencati nella copertina del primo numero della rivista, pubblicato nel febbraio 1887, furono: M. Berthelot, J.W. Brühl, T. Carmelley, H. Le Chatelier, C.M. Goldberg, P. Waage, A. Hoernmann, H. Landolt, O. Lehmann, D. Mendelejev (sic), N. Menschutkin, L. Meyer, V. Meyer, L.F. Nilson, O. Pettersen, L. Plautz, W. Ramsay, F.M. Raoult, R. Schiff, W. Spring, J. Thomsen, T.E. Thorpe.

Appare quindi interessante analizzare più approfonditamente la figura e le ricerche dello scienziato francese per chiarirne meglio l'importanza e il ruolo nella nascita della Chimica Fisica come disciplina distinta.

#### LE RICERCHE CRIOSCOPIE DI F. M. RAOULT (1878-1886).

Professore di Chimica all'Università di Grenoble dal 1867, dopo aver conseguito il titolo di dottore in Scienze Fisiche a Parigi nel 1863 con una tesi a carattere elettrochimico,<sup>7</sup> F. M. Raoult iniziò, a partire dal 1878, un accurato studio sull'abbassamento del punto di congelamento delle soluzioni (da lui stesso nel 1885 definito *abbassamento crioscopico*<sup>8</sup>), studio che si protrasse fino al 1886. Una analisi delle sue ricerche ci permette di distinguere in esse sei successive fasi.

##### a) Osservazione sistematica della validità della «legge di Blagden».

Per prima cosa Raoult effettuò esperimenti sul campo di validità della cosiddetta «legge di Blagden», dal nome dello scienziato inglese che alla fine del 700 aveva fatto delle prime osservazioni sull'entità dell'abbassamento del punto di congelamento dell'acqua in funzione della quantità di soluto disciolto.<sup>9</sup>

<sup>7</sup> La tesi con cui Raoult ottenne il titolo di «Docteur ès Sciences Physiques» trattava della «forza elettromotrice delle celle voltaiche». La relativamente tarda età a cui Raoult arrivò alla tesi fu dovuta alle non brillanti condizioni economiche della famiglia che gli imposero di lavorare come insegnante in licei e collegi in varie parti della Francia, per mantenere i propri studi. Notizie biografiche sullo scienziato francese possono tra l'altro trovarsi in: J.H. VAN'T HOFF, *Raoult Memorial Lecture*, «J. Chem. Soc.», 81, 969-981, 1902; L.I. KUSLAN, *Raoult François Marie*, in C.C. Gillispie, *Dictionary of Scientific Biography*, Scribner's Sons, New York, Vol. XI, 1975, pp. 297-300; F.H. GETMAN, *François-Marie Raoult Master Cryoscopist*, «J. Chem. Ed.», 13, 153-155, 1936.

<sup>8</sup> Il termine «cryoscopie» fu introdotto infatti per la prima volta in F.M. RAOULT, *Sur les abaissements moléculaires limites de congélation des corps dissous dans l'eau*, «Compt. Rend.», 100, 1535-1538, 1885.

<sup>9</sup> Gli autori che prima di Raoult in qualche maniera si erano occupati dell'effetto di soluti nell'abbassamento del punto di congelamento dell'acqua furono: C. BLAGDEN, *Experiments on the Effect of Various Substances in Lowering the Point of Congelation in Water*, «Phil. Trans.», 78, 277-312, 1788; F. REDORFF, *Ueber das Gefrieren des Wassers aus Salzlösungen*, «Pogg. Ann. Phys. und Chem.», 114, 63-81, 1861 e 116, 55-72, 1862; L.C. DE COPPET, *Recherches sur la température de congélation des dissolutions salines*, «Ann. Chim. Phys.», 4<sup>e</sup> Série, 23, 366-405, 1871; 25, 502-553, 1872; 26, 98-121, 1872. C'è comunque da dire che questi lavori precedenti rappresentarono solo delle prime frammentarie osservazioni, limitate a soluzioni acquose di un numero limitato di soluti e non raggiunsero l'ampiezza e la capacità di generalizzazione dei lavori di Raoult. Per una sommaria ricostruzione di queste ricerche precedenti si veda anche J.R. PARTINGTON, *History of Chemistry*, Vol. IV, London, 1964, p. 644.

Lavorando dapprima su soluzioni idroalcoliche e poi estendendo i suoi studi ad altre sostanze organiche disciolte in acqua, Raoult generalizzò i risultati di Blagden, arrivando alla conclusione che per ciascuna sostanza esisteva un determinato e caratteristico rapporto tra abbassamento in gradi (C) e grammi di soluto (P) disciolti in una stessa quantità di solvente, rapporto che si manteneva praticamente costante fino ad una concentrazione pari, per dirla con le sue parole, a «2 equivalenti per chilogrammo di acqua».<sup>10</sup>

b) *Osservazione della costanza dell'abbassamento molecolare per le sostanze organiche disciolte in acqua.*

Una prima osservazione del fatto che i rapporti C/P diminuivano all'aumentare della massa molecolare del soluto e l'essersi posto come limite una concentrazione chimica unitaria per mantenersi con sicurezza nel campo di applicabilità della legge di Blagden, portarono Raoult all'osservazione che per 29 sostanze organiche disciolte in acqua l'abbassamento «molecolare» del punto di congelamento (ottenuto moltiplicando il rapporto C/P, che corrispondeva all'abbassamento riferito ad 1 grammo di soluto, per il peso molecolare del soluto stesso) era una quantità praticamente costante (valore medio 18.5). La tabella originale, pubblicata nel 1882, è riportata in Figura 1.<sup>11</sup>

<sup>10</sup> F.M. RAOULT, *Sur le point de congélation des liqueurs alcooliques*, «Compt. Rend.», 90, 865-868, 1880. Come osserveremo anche per le memorie successive, dopo questa prima breve presentazione dei suoi risultati, che costituisce un estratto di quanto esposto dall'autore davanti all'Académie des Sciences, Raoult pubblicò sullo stesso argomento una memoria più estesa, in cui illustrò più esaurientemente le sue idee e i dettagli sperimentali delle ricerche, sull'«Annales de Chimie et Physique» (F.M. RAOULT, *Sur le point de congélation des liqueurs alcooliques*, «Ann. Chim. Phys.», 5<sup>e</sup> Série, 20, 217-226, 1880).

<sup>11</sup> F.M. RAOULT, *Loi de congélation des solutions aqueuses des matières organiques*, «Compt. Rend.», 94, 1517-1519, 1882. È opportuno sottolineare il fatto che Raoult utilizzò per questo valore trovato la denominazione «abbassamento molecolare», espressione che la Commissione, incaricata dall'Accademia di relazionare sulle sue ricerche e composta da A. Cahours, M. Berthelot e H. Debray, preferì correggere con «abbassamento atomico» (*Rapport sur un mémoire de M. Raoult...*, «Compt. Rend.», 97, 825-831, 1883). Al contrario, nella tabella riportata in Figura 1, le formule delle sostanze erano ancora scritte con indici doppi per il carbonio e l'ossigeno rispetto al sistema di Cannizzaro. Questa maniera di scrivere le formule venne peraltro mantenuta da Raoult anche nelle successive memorie pubblicate sui «Comptes Rendus» fino all'aprile del 1884. Al contrario in una tabella analoga a quella di Figura 1, pubblicata sugli «Annales de Chimie et Physique» nel febbraio 1883 (F.M. RAOULT, *Loi de congélation des solutions aqueuses des matières organiques*, «Ann. Chim. Phys.», 5<sup>e</sup> Série, 28, 133-144, 1883), egli utilizzò i pesi atomici conformi al sistema di Cannizzaro. Ciò sembra suggerire che l'uso delle «vecchie» formule fosse dovuto più ad una opportunità di uniformarsi alla linea scientifica ancora adottata nei «Comptes Rendus» dell'Accademia delle Scienze, che a riserve di Raoult sul «nuovo» sistema.

Substance.	Formule.	Poids moléculaire.	Abaissement du point de congélation, par gramme de substance dans 100 <sup>e</sup> d'eau.	Produit du poids moléc. par l'abaissement du à un gramme de substance.
Alcool méthylique ..	$C^2 H^4 O^2$	32	— 0,541	17,3
» éthylique ....	$C^4 H^8 O^2$	46	0,376	17,3
» butylique ....	$C^8 H^{16} O^2$	74	0,232	17,2
Glycérine .....	$C^3 H^8 O^5$	92	0,186	17,1
Mannite .....	$C^{12} H^{24} O^{12}$	182	0,099	18,0
Sucre interverti ....	$C^{12} H^{22} O^{12}$	180	0,107	19,3
» de lait .....	$C^4 H^8 O^4$	360	0,050	18,1
» de canne ....	$C^4 H^8 O^2$	342	0,054	18,5
Salicine .....	$C^{26} H^{28} O^{14}$	286	0,060	17,2
Phénol. ....	$C^{12} H^6 O^2$	94	0,165	15,5
Pyrogallol. ....	$C^{12} H^6 O^6$	126	0,129	16,3
Chloral (Hydraté) ..	$C^2 HCl^1 O^2 + H^1 O^2$	165,5	0,114	18,9
Acétone .....	$C^4 H^8 O^2$	58	0,294	17,1
Acide formique ....	$C^2 H^2 O^3$	46	0,419	19,3
» acétique .....	$C^4 H^4 O^4$	60	0,317	19,0
» butyrique ....	$C^8 H^8 O^4$	88	0,212	18,7
» oxalique ....	$C^4 H^2 O^8 + 2H^1 O^2$	126	0,182	22,9
» lactique .....	$C^6 H^8 O^8$	90	0,213	19,2
» malique .....	$C^8 H^8 O^{10}$	134	0,139	18,7
» tartrique ....	$C^8 H^8 O^{12}$	150	0,130	19,5
» citrique .....	$C^{12} H^8 O^{14} + H^1 O^2$	210	0,092	19,3
Éther .....	$C^4 H^{10} O^2$	74	0,224	16,6
Éther acétique .....	$C^8 H^{18} O^4$	88	0,202	17,8
Acide cyanhydrique ..	$H Az C^2$	27	0,718	19,4
Acétamide .....	$C^4 H^7 Az O^2$	59	0,301	17,8
Urée .....	$C^2 H^4 Az^2 O^4$	60	0,286	17,2
Ammoniaque .....	$Az H^3$	17	1,117	19,9
Éthylamine .....	$C^4 H^7 Az$	45	0,411	18,5
Propylamine .....	$C^6 H^9 Az$	59	0,312	18,4

Fig. 1 - Raoult 1882. Abbassamento molecolare (ultima colonna) per 29 sostanze organiche disciolte in acqua (vedi nota 11).

Per dirla con le stesse parole di Raoult, questo risultato provava che nella dissoluzione delle sostanze organiche in acqua «le affinità chimiche non giocano che un ruolo secondario o nullo. Le molecole dei corpi organici sembrano semplicemente essere separate dall'atto della dissoluzione, come lo sono nella vaporizzazione, e portate ad uno stesso stato, nel quale esse modificano quasi nella stessa maniera le proprietà fisiche dell'acqua».<sup>12</sup>

La costanza dell'abbassamento molecolare per le sostanze organiche esaminate aveva come importante corollario la fondazione di un nuovo metodo per la determinazione della massa molecolare (la massa molecolare di una sostanza organica disciolta in acqua poteva essere ricavabile dalla relazione  $M = 18.5 \times P/C$ ).<sup>13</sup>

c) *Estensione dello studio ad altri solventi.*

Nei mesi successivi Raoult estese lo studio dell'abbassamento del punto di congelamento ad altri solventi (benzene, nitrobenzene, acido formico ecc.). Per alcuni dei solventi organici esaminati trovò in realtà che si potevano osservare due diversi abbassamenti molecolari (vedi Tabella 1), l'uno da Raoult considerato «normale», l'altro, di valore all'incirca pari alla metà del precedente, «anormale».

Egli attribuì questo andamento al fatto che l'abbassamento del punto di congelamento era determinato dalle molecole fisiche, ma che alcuni soluti in determinati solventi (esempio sostanze ossidrilate in benzene) potevano presentare l'aggregazione due a due di molecole chimiche a formare una unica molecola fisica, il che spiegava il dimezzamento apparente dell'abbassamento molecolare. In questo contesto egli estese queste argomentazioni all'acqua attribuendo anche ad essa due valori dell'abbassamento molecolare, uno per le sostanze organiche (il valore più basso, in media 18.5) e uno per i sali (in media ricondotto da Raoult con un po' di fatica ad un valore doppio del precedente, ma in realtà sperimentalmente caratterizzato da una grande variabilità per le varie sostanze).<sup>14</sup> Osserviamo quindi come, a questo punto della sua ricerca, Raoult era portato a ritenere che per l'acqua fosse «anormale» il valore ottenuto per le dissoluzioni di sostanze organiche (18.5) e che esso fosse spiegabile in base ad un meccanismo di dimerizzazione dei vari soluti.

<sup>12</sup> F. M. RAOULT, *Loi de congélation des solutions aqueuses des matières organiques* (vedi nota precedente), p. 1519.

<sup>13</sup> Sull'importanza dell'introduzione da parte di Raoult di misure di abbassamento crioscopico come primo metodo per la determinazione del peso molecolare per sostanze non volatili si veda: F. CALASCIBETTA, *Abbassamento crioscopico, determinazione delle masse molecolari e studio del comportamento delle sostanze in soluzione*, in Atti del Convegno «La Massa e la sua misura» (in corso di stampa).

<sup>14</sup> F. M. RAOULT, *Loi générale de congélation des dissolvants*, «Compt. Rend.», 95, 1030-1033, 1882, e «Ann. Chim. Phys.», 6<sup>e</sup> Série, 2, 66-93, 1884.

TABELLA 1 - Raoult 1882: *abbassamenti molecolari per alcuni solventi* (vedi nota 14).

Solvente	Abbassamento molecolare medio	
	Normale	Anomalo
Ac. acetico	39	18
Ac. formico	28	14
Benzene	49	25
Nitrobenzene	72	36
Dibromoetano	118	58
Acqua	37	18,5

d) *Ricerca di una regolarità nel rapporto tra coefficiente di abbassamento molecolare e massa molecolare del solvente.*

Procedendo nella sua ricerca di regolarità, Raoult, una volta fissati i valori «normali» di abbassamento molecolare per i vari solventi, che esprimevano l'abbassamento prodotto da una molecola di soluto in 100 grammi di solvente, provò a dividere tali valori per la massa molecolare del solvente stesso (il che equivaleva a trovare l'abbassamento prodotto da una molecola del soluto per un ugual numero di molecole del solvente). Questo portò ad osservare una apparente regolarità generale per 5 dei sei solventi studiati (vedi Tabella 2).

Per far rientrare anche il sesto solvente, l'acqua, nella regolarità, egli pensò di moltiplicare il valore della massa molecolare dell'acqua per 3, ipotizzando quindi che le molecole fisiche costituenti l'acqua fossero formate da 3 molecole chimiche.<sup>15</sup>

e) *Studio del comportamento delle soluzioni acquose.*

I dati sperimentali ottenuti avevano però fatto capire a Raoult che per l'acqua non era di fatto possibile stabilire solo due valori di abbassamento molecolare: acidi, basi, sali monobasici o bibasici di metalli mono, bivalenti ecc. presentavano in realtà un andamento dei valori di abbassamento molecolare assai variato (come accennato in precedenza alla fine del punto c).

<sup>15</sup> F.M. RAOULT, *La générale de congélation des dissolvants*, «Compt. Rend.», 95, 1030-1033, 1882, p. 1033. Alcuni anni più tardi la formulazione termodinamica della costante crioscopica consentì di chiarire i limiti di questa presunta regolarità empirica trovata da Raoult, su cui si espresse anche con riserva la commissione designata dall'Académie des Sciences per esaminare le ricerche crioscopiche di Raoult (H. CAMBOUS, M. BERTHELOT, H. DEBRAY, *Rapport sur un mémoire de M. Raoult* ..., citato in nota 12).

TABELLA 2 - Raoult 1882: rapporto tra abbassamento molecolare normale e peso molecolare del solvente per alcuni solventi (vedi nota 15).

Solvente	$\Delta$ = Abbassamento Molecolare Normale	M = Peso Mol. del Solvente	Rapporto $\Delta/M$
Ac. acetico	39	60	0.65
Ac. formico	28	46	0.61
Benzene	49	78	0.63
Nitrobenzene	72	123	0.59
Dibromoetano	118	188	0.63
Acqua	37	18	2.06

Allo studio di questo problema si dedicò Raoult negli anni 1883-1884. Innanzi tutto egli trovò che era possibile dividere gli acidi in due categorie, la prima, comprendente acidi quali il cloridrico, il bromidrico, il perclorico, il solforico, con un abbassamento molecolare pari a 40; l'altra, comprendente ad esempio gli acidi solfidrico e ipocloroso, con un abbassamento molecolare pari a 20. Egli osservò anche che tutti gli acidi del secondo gruppo erano spostati dai loro sali da quelli del primo gruppo, trovando quindi una correlazione «inat-tesa ma evidente» tra l'affinità degli acidi per le basi alcaline e l'abbassamento che essi determinavano nel punto di congelamento dell'acqua.<sup>16</sup>

Eseguì quindi osservazioni analoghe per le basi e concluse che le basi e gli acidi forti avendo più affinità per l'acqua si disgregavano completamente, mentre quelli deboli restavano saldati a coppie, mantenendo quindi ancora qui l'idea che il valore più alto dell'abbassamento molecolare per l'acqua (intorno a 40) fosse quello «normale» dovuto alla presenza in soluzione di molecole fisiche formate da una sola molecola chimica.<sup>17</sup>

Per le varie classi di sali l'indagine fu più complicata e laboriosa. I risultati finali complessivi li possiamo leggere in una estesa memoria pubblicata sugli «Annales de Chimie et Physique» nel marzo 1885.<sup>18</sup> La complessa mole dei dati raccolti suggerì a Raoult che, ogni volta che per 1 equivalente di un sale alcalino disciolto in 100 grammi di acqua si sostituiva il metallo alcalino con una

<sup>16</sup> F.M. RAOULT, *Sur le point de congélation des dissolutions acides*, «Compt. Rend.», 96, 1653-1655, 1883 e «Ann. Chim. Phys.», 6<sup>e</sup> Série, 2, 99-114, 1884.

<sup>17</sup> F.M. RAOULT, *Sur le point des dissolutions alcalines*, «Compt. Rend.», 97, 941-943, 1883 e «Ann. Chim. Phys.», 6<sup>e</sup> Série, 2, 115-124, 1884.

<sup>18</sup> F.M. RAOULT, *Sur le point de congélation des dissolution salines*, «Ann. Chim. Phys.», 6<sup>e</sup> Série, 4, 401-430, 1885.

quantità chimicamente equivalente di un metallo biatomico, si osservava una diminuzione del punto di congelamento costante e pari a 10.5. Un simile andamento si aveva se si comparavano sali di acido mono e bibasici.

Tali relazioni mostravano secondo Raoult che «ogni radicale conserva, in tutti i sali in cui entra, circa lo stesso ruolo e la stessa costituzione ed esercita sull'abbassamento del punto di congelamento una influenza sempre uguale e quasi indipendente dalla natura e dal numero degli altri radicali con cui può essere unito». Un tale andamento insieme all'assunzione che ci fosse un rapporto costante tra l'abbassamento parziale dei «radicali elettropositivi ed elettronegativi di pari atomicità» portò Raoult ad attribuire dei valori di abbassamento parziale ai singoli radicali (vedi Tabella 3) e a concludere che «l'abbassamento molecolare di congelamento dei sali, formati da acidi monobasici e bibasici forti è sostanzialmente pari alla somma degli abbassamenti molecolari parziali dei loro radicali elettropositivi ed elettronegativi».

Dal punto di vista teorico questo sembrava suggerire che «i radicali elettropositivi ed elettronegativi dei sali fossero semplicemente mescolati in soluzione acquosa e costituissero altrettante molecole di cui ciascuna agisse sull'acqua conformemente alle leggi generali del congelamento».

Una simile conclusione fu da Raoult messa in relazione coi dati precedenti di Favre e Valson su alcune proprietà fisiche delle soluzioni saline e con quelli più recenti trovati da H. de Vries nei suoi studi sui fenomeni osmotici.<sup>19</sup>

Raoult concludeva che «la diminuzione delle altezze capillari, l'accrescimento delle densità, la contrazione del protoplasma, l'abbassamento del punto di congelamento, in breve la maggior parte degli effetti fisici prodotti dai sali sull'acqua dissolvante sono la somma degli effetti prodotti separatamente dai radicali elettropositivi ed elettronegativi».<sup>20</sup> Questi effetti erano peraltro limitati

<sup>19</sup> Gli articoli citati da Raoult sono: P.-A. FAVRE, C.-A. VALSON, *Recherches sur la dissociation cristalline alcuni*, «Compt. Rend.», 75, 1000-1005, 1872; H. DE VRIES, *Sur la force osmotique des solutions diluées*, «Compt. Rend.», 97, 1083-1085, 1883.

<sup>20</sup> Ref. 18, p. 427. Notiamo come, nel testo di Raoult, non si trovi alcun riferimento, pure possibile, alle ipotesi avanzate sul versante fisico da Clausius (R. CLAUSIUS, *Ueber die Elektrizitätsleitung in Elektrolyten*, «Pogg. Ann. Phys. und Chem.», 101, 338-360, 1857) sulla almeno parziale dissociazione degli elettroliti in soluzione acquosa, oppure ai dati di conducibilità di Kohlrausch e alle sue evidenze sperimentali sulla indipendente migrazione degli ioni (F. KOHLRAUSCH, *Göttingen Nachrichten*, 1876, p. 213, tradotto in inglese in H.M. GOODWIN, *The Fundamental Laws of Electrolytic Conduction*, London, 1899, pp. 85-93). Come vedremo nel prossimo paragrafo, proprio la unificazione dei dati di Raoult con quelli di Kohlrausch avrebbe costituito un nucleo importante per la forma definitiva della teoria della dissociazione elettrolitica di Arrhenius, secondo la ricostruzione dello stesso scienziato svedese (vedi ad esempio S. ARRHENIUS, *Electrolytic Dissociation*, «J. Am. Chem. Soc.», 34, 353-364, 1912). Tale ricostruzione, come spesso in genere tutte le considerazioni a posteriori degli scienziati personalmente impegnati, deve essere ovviamente valutata con la dovuta cautela. L'intento di Arrhenius nella ricostruzione citata era tra l'altro evidentemente proprio quello di escludere qualsiasi

TABELLA 3 - Raoult 1885: *abbassamenti parziali per i radicali elettropositivi ed elettronegativi* (vedi nota 18).

	Abbassamento Parziale
<i>Primo gruppo:</i>	
Radicali elettronegativi monoatomici (Cl, Br, OH, AzO <sup>3</sup> ...)	20
<i>Secondo gruppo:</i>	
Radicali elettronegativi biatomici (SO <sup>4</sup> , CrO <sup>4</sup> ...)	11
<i>Terzo gruppo:</i>	
Radicali elettropositivi monoatomici (H, K, Na, ..., AzH <sup>4</sup> ...)	15
<i>Quarto gruppo:</i>	
Radicali elettropositivi bi o poliatomici (Ba, Mg, ..., Al <sup>3</sup> )	8

secondo Raoult ai sali in soluzione acquosa e quindi questa «suddivisione delle molecole saline era il risultato di una azione chimica particolare esercitata dall'acqua sui sali disciolti».

f) *Andamento del coefficiente di abbassamento per le varie sostanze in funzione della concentrazione.*

L'attenzione di Raoult si spostò quindi ad una analisi dell'andamento del coefficiente di abbassamento C/P al variare della concentrazione per le varie sostanze, allo scopo di trovare dei valori più regolari per tali rapporti, ma anche, immaginiamo, con l'idea di individuare un andamento del coefficiente C/P che confermasse questa idea della suddivisione.

Egli riportò per una serie di sostanze organiche ed inorganiche disciolte in acqua l'andamento di C/P in funzione di C, spingendosi ad esaminare soluzioni abbastanza diluite da dare un abbassamento crioscopico fino a 0.2 gradi (vedi Figura 2). Mentre però per sostanze quali il cloruro di sodio non sembrava al

merito di scienziati precedenti, che potesse annuire minimamente il suo ruolo nella vicenda. Tuttavia il collegamento tra i dati di provenienza «fisica» con quelli di provenienza «chimica» giocò sicuramente un ruolo fondamentale nella genesi della teoria della dissociazione elettrolitica, nella sua forma del 1887, come può evidenziarsi anche dalla stessa lettura della memoria di Arrhenius sullo «Zeitschrift für Physikalische Chemie», citata nella nota 3.

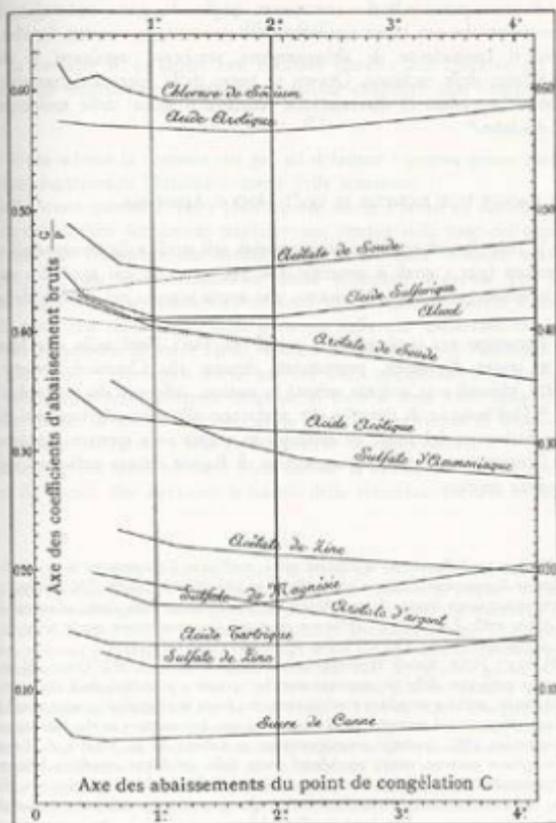


Fig. 2 - Raoult 1886. Coefficienti di abbassamento C/P per varie sostanze disciolte in acqua in funzione dell'abbassamento del punto di congelamento della soluzione (vedi nota 21).

crescere di C (e quindi della concentrazione) evidenziarsi una variazione del coefficiente di abbassamento, da correlare all'idea di una variazione dell'entità della suddivisione nei « radicali » costituenti, quello che parve notevole a Raoult fu l'osservazione che per basse concentrazioni per tutte le sostanze (anche per il saccarosio) il coefficiente di abbassamento sembrava innalzarsi e divenire tangente all'asse delle ordinate. Questo fu preso dallo scienziato francese come un indizio di un inizio di dissociazione (chimica o fisica) delle molecole delle sostanze disciolte.<sup>21</sup>

#### I DATI DI RAOULT E LE RICERCHE DI VAN'T HOFF E ARRHENIUS.

Con il 1886 Raoult spostò i suoi interessi agli studi sulla tensione di vapore delle soluzioni (per i quali è generalmente più noto) in cui applicò con sistematicità lo stesso programma di ricerca che aveva seguito nel campo della crioscopia.

Nel frattempo era però iniziata quella che van't Hoff nella sua Memorial Lecture in onore di Raoult, pronunciata dinanzi alla Chemical Society il 26 marzo 1902, chiamò « un'ardente attività in nazioni differenti da molteplici punti di vista ».<sup>22</sup> Dell'insieme di ricerche che portarono alle memorie fondanti di van't Hoff e di Arrhenius del 1887, mi interessa in questa sede mettere soprattutto in evidenza l'importanza che i dati crioscopici di Raoult ebbero nello sviluppo del nuovo quadro teorico.

<sup>21</sup> F.M. RAOULT, *Influence de la dilution sur le coefficient d'abaissement du point de congélation des corps dissous dans l'eau*, «Compt. Rend.», 100, 982-984, 1885; F.M. RAOULT, *Sur les abaissements moléculaires limites de congélation des corps dissous dans l'eau*, «Compt. Rend.», 100, 1535-1538, 1885; F.M. RAOULT, *Influence du degré de concentration sur le point de congélation des dissolutions*, «Ann. Chim. Phys.», 6<sup>e</sup> Série, 8, 289-317, 1886.

<sup>22</sup> J.H. VAN'T HOFF, *Raoult Memorial Lecture* (vedi nota 7), p. 977. Come già osservato nella nota 20 a proposito delle ricostruzioni storiche operate a posteriori dagli scienziati personalmente coinvolti, anche i necrologi costituiscono una fonte storiografica quanto meno problematica. Come affermato ad esempio da H. Kragh nel suo *Introduction to the Historiography of Science*, Cambridge 1987 (tradotto successivamente in italiano da G. Fanti e A. Rampini), i necrologi in genere possono essere considerati parte della cosiddetta «working history», una storia «istituzionalizzata» tendente a costituire una sorta di albero genealogico per gli scienziati futuri. Nel caso in esame, però, occorre dire che quanto meno sul piano personale van't Hoff non era affatto legato a Raoult ed in effetti dal suo necrologio lo scienziato francese non appare certo glorificato e sopravvalutato. Se mai è proprio con questo necrologio ad opera di van't Hoff che la figura di Raoult iniziò ad essere confinata in un ruolo tutto sommato marginale rispetto alle teorie chimico-fisiche nate alla fine del XIX secolo. C'è da dire che ad esempio la biografia di Raoult scritta da L.I. Kuslan per il «Dictionary of Scientific Biography» (citata in nota 7), risulta costruita senza apprezzabili variazioni proprio sul modello costituito dalla orazione di van't Hoff.

Nel 1885-1886<sup>23</sup> van't Hoff nei suoi studi sulla pressione osmotica arrivò ad esprimere la applicabilità alle soluzioni diluite della Legge di Avogadro con la formula

$$PV = RT$$

in cui la costante  $R$  in alcuni casi risultava identica alla costante dei gas e in altri no. Egli esprime matematicamente questa situazione con l'espressione:

$$PV = \cdot RT$$

in cui  $R$  era adesso la costante dei gas ed il fattore  $\cdot$  poteva essere uguale ad 1 o diverso, esprimendo l'idealità o meno della soluzione.

Nelle stesse memorie, van't Hoff riprese anche i lavori di Raoult sull'abbassamento crioscopico deducendo teoricamente, sempre sulla base dell'applicazione della legge di Avogadro alle soluzioni, il valore delle costanti crioscopiche «normali» trovate sperimentalmente dallo scienziato francese per i diversi solventi. Egli prese la buona concordanza tra deduzione teorica e dati sperimentali come una delle prove della giustezza della sua trattazione teorica.

Queste memorie di van't Hoff, vennero a conoscenza di Arrhenius solo nel marzo del 1887<sup>24</sup>. Arrhenius aveva già nel 1883 pubblicato una prima ipotesi sulla costituzione delle soluzioni acquose in base ai suoi studi sulla conducibilità delle stesse. In questo contesto aveva parlato di esistenza di molecole attive e non attive in soluzione e non esplicitamente di dissociazione<sup>25</sup>.

La lettura dei lavori di van't Hoff diresse l'attenzione di Arrhenius anche sui dati di Raoult. Per dirlo con le parole dello scienziato svedese in una confe-

<sup>23</sup> A partire dal 1884, attraverso l'opera di Hugo de Vries (vedi nota 18) van't Hoff si avvicinò alle precedenti misure sperimentali di pressione osmotica di Pfeffer (W.F.F. PFEFFER, *Osmotische Untersuchungen. Studien zur Zellmechanik*, Leipzig 1877). La trattazione della pressione osmotica da un punto di vista termodinamico fu affrontata da van't Hoff nelle seguenti successive memorie pubblicate nel 1886, in cui egli arrivò ad affermare la completa analogia tra gas e sostanze in soluzione diluite: *L'équilibre chimique dans les systèmes gazeux, ou dissous à l'état dilué*, «Arch. Néerl. Sc. Ex. Nat.», 20, 239-302, 1886; *Lois de l'équilibre chimique dans l'état dilué, gazeux ou dissous*, «Kung. Sv. Vet. Hand.», 21, 5-41, 1886; *Une propriété générale de la matière diluée*, *ibid.*, 42-49; *Conditions électriques de l'équilibre chimique*, *ibid.*, 50-58. Le ultime tre furono più tardi riportate, tradotte in inglese, in *The Foundations of the Theory of Dilute Solutions*, Alenbic Club Reprints no. 19, Edinburg 1929, pp. 5-42.

<sup>24</sup> La circostanza fu citata dallo stesso Arrhenius ad esempio nella conferenza del 1912 tenuta all'American Chemical Society (S. ARRHENIUS, *Electrolytic Dissociation*, citato in nota 20) e fu ripresa anche nella conferenza in ricordo dello scienziato svedese, tenuta da J. Walker nel 1928 alla Chemical Society (J. WALKER, *Arrhenius Memorial Lecture*, «J. Chem. Soc.», 1380-1401, 1928). Più recentemente è stata ricordata anche da G.B. Kauffman, nell'articolo celebrativo sul centenario della Chimica Fisica, citato in nota 4.

<sup>25</sup> S. ARRHENIUS, *Recherches sur la conductibilité galvanique des électrolytes*, «Kung. Sv. Vet. Handl.», no. 13 e 14, 1884. Di essa esiste una parziale traduzione in inglese da parte di O. Lodge in «Brit. Ass. Rep.», 310-357, 1886.

renza del 1914 in cui riportò la sua ricostruzione della vicenda,<sup>26</sup> il fatto che ad esempio «l'influenza sull'abbassamento del punto di congelamento di una molecola di un sale, come il cloruro di potassio risultasse, in soluzioni diluite, doppia di quella di una molecola di alcool etilico», sembrava spiegabile solo supponendo che le molecole del sale fossero dissociate. Quindi le misure di Raoult potevano offrire un mezzo per determinare il grado di dissociazione di un gran numero di sostanze in soluzione acquosa, da confrontare con la determinazione indipendente ricavabile dalle misure di Kohlraush sulla conducibilità molecolare delle sostanze. L'accordo che Arrhenius trovò in parecchi casi tra questi indipendenti dati sperimentali lo portò a scrivere il 30 marzo 1887 una lettera a van't Hoff in cui affermava che «se gli elettroliti si decompongono nei loro ioni, il coefficiente  $i$  (introdotto da van't Hoff nella sua espressione della pressione osmotica) deve variare tra 1 e il numero degli ioni».<sup>27</sup>

La posizione di van't Hoff fu rapidamente favorevole e da questo accordo nacque l'idea di pubblicare per esteso in forma definitiva sul primo volume dello «Zeitschrift für Physikalische Chemie» le loro teorie, a cui aveva aderito anche W. Ostwald, e questo segnò come detto l'inizio di un nuovo importante capitolo nella storia della Chimica.

#### LE MISURE CRIOSCOPICHE DI RAOULT SU SOLUZIONI DILUITE.

Torniamo ora a Raoult e al suo coinvolgimento nella vicenda. Egli, come accennato all'inizio, fu invitato da van't Hoff a collaborare allo «Zeitschrift für Physikalische Chemie» e nel primo volume della rivista pubblicò un articolo sull'applicazione del metodo crioscopico per la determinazione del peso molecolare in un caso classico della Chimica: acido tartarico e acido racemico (l'applicazione della crioscopia escludeva l'ipotesi che in soluzione nell'acido racemico le due molecole enantiomere fossero legate due a due<sup>28</sup>).

Malgrado il sostegno teorico e il rilievo offerti ai suoi dati sperimentali dai lavori di van't Hoff e Arrhenius, occorre però dire che, soprattutto rispetto alla teoria della dissociazione elettrolitica, l'adesione di Raoult negli anni immediatamente successivi al 1887 non fu senza riserve. Tra i suoi dati precedenti e le previsioni teoriche di Arrhenius sembrava esserci disaccordo in tre punti:

<sup>26</sup> S. ARRHENIUS, *Faraday Lecture: The Theory of Electrolytic Dissociation*, «J. Chem. Soc.», 105, 1414-1426, 1914.

<sup>27</sup> J. WALKER, *Arrhenius Memorial Lecture* (citato in nota 24), p. 1391.

<sup>28</sup> F.M. RAOULT, *Kryoskopische Studien über Traubensäure und traubensäure Salze*, «Zeit. Phys. Chem.», 1, 186-189, 1887.

a) l'attribuzione da parte di Raoult di un valore diverso specifico per l'abbassamento crioscopico parziale dei vari tipi di radicali (o meglio, ormai, ioni);<sup>29</sup>

b) la mancata evidenza, negli esperimenti di Raoult, di una variazione del grado di dissociazione in funzione della concentrazione, per i sali come ad esempio il cloruro di sodio, pure prevedibile in base alla teoria di Arrhenius;<sup>30</sup>

c) l'andamento anomalo, trovato da Raoult, del coefficiente di abbassamento anche per non elettroliti come l'alcool o il saccarosio a basse concentrazioni (contrariamente alla previsione di Arrhenius che esso dovesse tendere ad un valore limite costante).

Su questo ultimo aspetto in particolare si soffermò la puntigliosa ricerca di Raoult che, a partire dal 1892, si superò nel tentativo di migliorare la precisione delle sue misure in maniera da renderle riproducibili fino al millesimo di grado (almeno nelle sue intenzioni) per dare una sua risposta definitiva su questo punto controverso.

I primi risultati del 1892 sembrarono a Raoult lievemente incoraggianti<sup>31</sup> (vedi Tabella 4): il coefficiente di abbassamento molecolare per il saccarosio sembrava innalzarsi, sia pure di poco, per basse concentrazioni. Tuttavia prove successive, effettuate dopo aver ulteriormente apportato miglioramenti al suo apparato nel termometro (gradazione, influenza della temperatura dell'aria, maniera di lettura), nella maniera di agitazione ecc., delusero le aspettative dello

<sup>29</sup> Nella sua memoria del 1887 Arrhenius aveva posto in evidenza come in realtà a tutti gli ioni doveva essere attribuito un valore di abbassamento crioscopico molare di 18,5 (Ref. 3, p. 65). In un suo libro del 1889 (F.M. RAOULT, *Cryoscopie*, Grenoble, 1889, pp. 31-33) Raoult, pur aderendo in qualche forma alla «teoria elettro-chimica» (e anzi considerando a posteriori i suoi accenni del 1885, sulla additività dell'abbassamento crioscopico dei radicali elettropositivi ed elettronegativi come perfettamente coerenti con la teoria stessa), mantenne la sua idea del diverso valore dell'abbassamento crioscopico molare per gli ioni positivi e negativi, mono e polivalenti.

<sup>30</sup> Sempre nel 1889 Raoult affermava che l'idea di Arrhenius di una decomposizione parziale in soluzione acquosa dei sali nei loro ioni, decomposizione tanto più completa quanto più diluita era la soluzione, era «incompatibile con il fatto che lo stato dei sali dissolti non varia con il grado di concentrazione, nei limiti assai estesi in cui la curva dei loro coefficienti resta praticamente rettilinea». Raoult preferiva ammettere, ancora con Favre e Valson, (vedi nota 19) che i sali disciolti esistevano in acqua in uno stato di «semi-decomposizione, difficile a definirsi» in cui i costituenti «per quanto uniti chimicamente» conservavano una certa «indipendenza» nelle «azioni fisiche» esercitate sul solvente (F.M. RAOULT, *Cryoscopie* (vedi nota precedente), p. 35). Al di là della nebulosità di questa posizione di Raoult, indubbiamente quello che a posteriori potremmo chiamare il «problema degli elettroliti forti» fu un punto debole della teoria di Arrhenius nella sua originale esposizione, sino alle modifiche introdotte nel 1923 da P. Debye e E. Hückel (P. DEBYE, E. HÜCKEL, *Zur Theorie der Elektrolyte*, «Physik Zeit.», 24, 185-206 e 305-325, 1923).

<sup>31</sup> F.M. RAOULT, *Determination du point de congélation des dissolutions aqueuses très diluées; application au sucre de canne*, «Compt. Rend.», 114, 268-271, 1892.

TABELLA 4 - Raoult 1892: *abbassamento molecolare per il saccarosio a varie concentrazioni* (vedi nota 31).

Grammi saccarosio in 100 g acqua P	Abbassamento punto di congelamento C	Abbass. Molecolare $M \times \frac{C}{P}$ (M = 342)
0.683	0.042	20.9
1.426	0.086	20.6
2.154	0.128	20.3
2.848	0.168	20.1
4.329	0.252	19.9
5.859	0.340	19.8
7.297	0.422	19.8
11.132	0.652	20.0
16.098	0.956	20.3
39.040	2.274	21.6

TABELLA 5 - Raoult 1897: *abbassamento molecolare per cloruro di potassio e saccarosio a varie concentrazioni* (vedi nota 32).

Soluto	P = peso soluto in 100 g solvente	C = abbassamento in gradi	Abbass. Molecolare $M \times \frac{C}{P}$
	7.460	3.2864	32.82
Cloruro	3.590	1.6012	32.24
di	1.766	0.7991	33.72
potassio	0.875	0.4007	34.12
(M = 74.5)	0.436	0.2006	34.62
	0.217	0.1031	35.38
	0.108	0.0509	35.11
	34.565	2.0897	20.79
	17.292	0.9892	19.59
Saccarosio	8.550	0.4806	19.22
(M = 342)	4.276	0.2372	18.97
	2.231	0.1230	18.85
	0.973	0.0532	18.70

scienziato francese: i dati raccolti per il cloruro di potassio e per il saccarosio, per soluzioni diluite seguivano esattamente le previsioni di Arrhenius (vedi Tabella 5) e la discordanza dei dati raccolti da Raoult in precedenza era da addebitare semplicemente ad errori nella misurazione dovuti ad una metodologia non sufficientemente rigorosa.<sup>32</sup>

#### CONCLUSIONI

Questi ultimi dati furono pubblicati nel 1897 sui «Comptes Rendues» ed a questa data possiamo quindi far risalire la piena adesione dello scienziato francese alla teoria di Arrhenius.<sup>33</sup>

Tuttavia non possiamo fare a meno di osservare che, se il ruolo delle ricerche di Raoult, in quella che van't Hoff definì «la grande cooperazione internazionale» che portò ai risultati del 1887, fu sicuramente importante, le sue esitazioni successive nel porsi pienamente all'interno del nuovo quadro teorico, che pure aveva indirettamente contribuito a fondare, spiegano in parte la non particolare attenzione che alla sua figura è stata generalmente dedicata nell'analisi storica del periodo considerato.

Probabilmente in conclusione gli aspetti del suo stile di ricerca, di scienziato fortemente ancorato ai dati empirici e più incline a trovare regolarità che a costruire complessi modelli teorici, hanno determinato la sua collocazione un po' periferica rispetto alle teorie emergenti e hanno finito per confinare la sua figura nell'insieme un po' più oscuro e tuttavia indispensabile dei «raccolgitori di dati» piuttosto che in quello, più adatto per le ricostruzioni celebrative, dei «fondatori della scienza».

<sup>32</sup> F.M. RAOULT, *Influence de la surfusion sur le point de congélation des dissolutions de chlorure de potassium et de sucre*, «Compt. Rend.», 125, 751-755, 1897.

<sup>33</sup> In un'ulteriore più estesa memoria (F.M. RAOULT, *Cryoscopie de précision; application à quelques dissolutions aqueuses*, «Ann. Chim. Phys.», 7<sup>e</sup> Série, 16, 162-220, 1899) Raoult presentò altri dati, stavolta sul cloruro di sodio e sull'alcool etilico, che ugualmente confermarono le idee di Arrhenius, e descrisse in maniera particolareggiata i miglioramenti da lui introdotti nell'apparato sperimentale per una «crioscopia di precisione».

ANGELO BASSANI (\*)

## **Temi e figure della ricerca chimica nel Veneto austriaco (1815-1866) (\*\*)**

**Summary** - In the northwestern regions of Italy, after the French domination, in 1815 the Regno Lombardo-Veneto was established under Austrian rule. Against this background the status of chemistry and the research activity of some figures are examined. G. Melandri and F. Ragazzini, both professors at Padua University, were mainly engaged in laboratory investigations, often by order of government authorities. B. Bizio, a Venice pharmacist, besides working in the field, pursued theoretical studies based upon the teaching of A. Fusinieri, a known representative of Italian science in the first half of the nineteenth century.

Nel ventennio intercorso tra la caduta della Repubblica di Venezia (1797) e l'instaurarsi della seconda dominazione austriaca (1815) si alternarono nella regione ben quattro amministrazioni. Tale discontinuità non mancò di influire, sia pure in forma mediata, sulla vita intellettuale ivi condotta anche perché le due potenze coinvolte, Austria e Francia, accomunate da un analogo atteggiamento imperiale e assolutistico, erano vettori di diverse concezioni culturali e scientifiche. In quest'ultimo ambito può essere di qualche interesse ricostruire percorsi e figure della ricerca e dell'istruzione chimica e rintracciare possibili connessioni tra di esse e la situazione istituzionale entro la quale operavano.

Conclusasi la tumultuosa fase apertasi con il Governo Democratico seguito al crollo del regime della Serenissima, il Veneto nel 1806 venne ricongiunto al Regno Italico sotto il governo francese e ad esso venne applicata la legislazione già operante nel resto del dominio.

Il sistema scolastico formatosi in Francia sotto la spinta degli eventi rivolu-

(\*) L.T.I.S. «E. Fermi» - Venezia. Laboratorio di Didattica delle Scienze, Università di Venezia.

(\*\*) Relazione presentata al V Convegno Nazionale di «Storia e Fondamenti della Chimica» (Perugia, 27-30 ottobre 1993).

zionari e della successiva ristrutturazione napoleonica aveva portato alla costituzione dei Licei, scuola secondaria pubblica, ed alla modifica della organizzazione dell'Università. Per quanto riguarda chimica la vicenda riveste una particolare importanza anche perché un ruolo rilevante venne esercitato da A. F. Fourcroy che, sostenitore di Lavoisier e del radicale mutamento da lui introdotto nella struttura e natura di questi studi, si trovò poi in una collocazione istituzionale idonea ad introdurre nell'insegnamento e nella ricerca la riforma scientifica nata e sviluppata nel principale centro di attività chimica dell'epoca.<sup>1</sup>

Nelle opere di carattere generale una sua costante preoccupazione può essere rintracciata nella cura che egli pone nel propugnare l'originalità e nel delimitare l'autosufficienza della disciplina. È quanto egli fa sotto il profilo storico, ricostruendone l'emergere dagli studi medici, farmaceutici, fisici,<sup>2</sup> sotto il profilo istituzionale, assegnandole, come vedremo, collocazioni autonome e ben distinte da materie ad essa collegate, ed ovviamente sotto il profilo culturale non esitando, ad esempio, a partire da quando diventa l'unico responsabile del settore, a modificare l'impostazione editoriale della *Encyclopédie Méthodique* trattando in ambiti separati la chimica, la farmacia e la metallurgia, mantenute precedentemente sotto lo stesso titolo. Il suo programma si fa esplicito nell'*Avertissement* premesso al sesto volume — *Chimie* — quando, assumendo la funzione in precedenza esercitata da Guyton de Morveau, egli ricorda:

Se ne sono distinti gli articoli di Farmacia. Si è ritenuto che l'arte farmaceutica fosse di per sé abbastanza interessante da farne il soggetto di un dizionario particolare, e che non ci fosse oggi, come vi fu in passato, un rapporto tanto intimo, un intreccio tanto necessario tra la preparazione dei farmaci e le conoscenze chimiche generali, da rendere i due oggetti inseparabili. La farmacia meritava certamente, per la sua particolare utilità e per i suoi progressi, un dizionario particolare, ma in relazione alla chimica essa non è in realtà che un'arte chimica, una delle sue applicazioni pratiche che non ne fanno una parte essenziale, come un tempo si è potuto credere. Nei volumi seguenti del presente dizionario tale separazione dalla farmacia rende alla chimica un posto ch'essa reclama, e di cui lo stato della scienza fa sentire la necessità.<sup>3</sup>

Sul piano istituzionale, che più ci interessa in questa sede, la sua iniziativa fu altrettanto significativa allorché ebbe la responsabilità di elaborare e gestire la riforma della scuola secondaria pubblica nella quale fin dall'inizio aveva assegnato alla chimica un ruolo formativo centrale. Egli era persuaso infatti che:

<sup>1</sup> Copri ruoli di responsabilità nell'ambito della pubblica istruzione sia durante il periodo rivoluzionario che nell'epoca napoleonica. Cfr. W.A. SMELTON, *Fourcroy - Chemist and Revolutionary - 1755-1809*, Cambridge, Heffer 1962, e G. KERSAINT, *Antoine François Fourcroy Sa vie et son oeuvre*, Paris, Editions du Muséum 1966.

<sup>2</sup> A.F. FOURCROY, *Système des connaissances chimiques, et de leurs applications aux phénomènes de la nature et de l'art*, 11 voll., Paris, Baudouin, Brumaire an IX-Pluviôse an X [1797-1798], I, pp. XI-XVIII. Le traduzioni sono di responsabilità di chi scrive.

<sup>3</sup> *Encyclopédie Méthodique*, Padoue, s.n.t. 1797, t. III, II partie, pp. III-IV.

«Ogni uomo che riceva un'educazione liberale colloca oggi la chimica tra gli oggetti più indispensabili dei suoi studi». Ormai, osservava, la chimica, «[...] libera infine dal pregiudizio che la considerava, ancora pochi anni fa, come una branca della medicina, e che la confondeva con la farmacia, è ora coltivata in quasi tutte le classi della società».<sup>4</sup> Della specificità del suo intervento egli è perfettamente consapevole quando ne rivendica l'effetto nella organizzazione delle Ecoles Centrales, che precedettero i licei napoleonici:

[...] del tutto convinto dei grandi vantaggi e delle inesauribili risorse che la chimica offre per tutte le occupazioni umane, ho concepito ed eseguito, per quanto le circostanze me l'hanno permesso, il progetto di far entrare l'insegnamento di questa scienza nell'istruzione nazionale.<sup>5</sup>

Dello stesso segno le modifiche intervenute a livello universitario a seguito della riforma del 1802: la chimica veniva divisa in tre rami, dei quali i primi due obbligatori: chimica generale, chimica farmaceutica e chimica metallurgica, il cui insegnamento si effettuò in Milano. Per le prime due docenze nelle università di quello che sarà il regno Lombardo Veneto, Pavia e Venezia, si ebbero due cattedre, rispettivamente assegnate a L. V. Brugnatelli e F. Marabelli nell'ateneo ticinese,<sup>6</sup> mentre nello studio padovano, al docente di chimica teorica e sperimentale, Marco Carburì, veniva affiancato Salvatore Mandruzzato, che in precedenza aveva coperto la cattedra «ad Thermas Aponenses», incarico che in certo modo, considerata l'importanza terapeutica attribuita all'epoca alle acque ed ai fanghi del bacino termale euganeo, anticipava in parte l'esito della riforma francese.<sup>7</sup> Nel 1808, scomparso Carburì, gli succedeva, per intervento diretto dell'allora direttore generale per la pubblica istruzione Pietro Moscati, il discepolo G. Melandri Contessi.<sup>8</sup>

I programmi delle due discipline erano i seguenti:

#### Chimica generale

La dottrina delle affinità, del calorico; della formazione dei fluidi aeriformi, della loro decomposizione; l'analisi dell'aria atmosferica; la composizione dell'acqua; la combustione dei corpi; la formazione degli acidi, quella dei sali neutri; quella delle loro basi; la teoria della fermentazione, della putrefazione; la classificazione delle diverse sostanze

<sup>4</sup> A.F. FOURCROY, *Système ...*, cit., I, p. XVIII.

<sup>5</sup> *Ibidem*, p. XIX.

<sup>6</sup> P. VACCARI, *Storia della Università di Pavia*, Pavia, Università di Pavia Editrice 1957, pp. 167-170.

<sup>7</sup> Su queste due figure vedi i contributi di V. GIORMANI, *L'insegnamento della chimica all'Università di Padova dal 1749 al 1808*, in «Quaderni per la Storia dell'Università di Padova», 1984, 17, pp. 91-133, e *I precedenti della istituzione della prima cattedra di chimica farmaceutica all'Università di Padova, nel 1807*, in «Atti e Memorie dell'Accademia Italiana di Storia della Farmacia», 1987, 3, pp. 49-65.

<sup>8</sup> G.L. GIANNELLI, *Sopra gli studi e gli scritti di Girolamo Melandri Contessi*, Milano, Lampato, s.d., ma 1833.

secondo i principj delle teorie sopra indicate, danno argomento alle lezioni del professore, il quale le illustra e le conferma con apposite esperienze, indicandone le applicazioni alle arti.

#### Chimica farmaceutica

Lo scopo fondamentale di questo Professore è di formare dei valenti Farmacisti, e d'istruire i Medici nelle operazioni colle quali si preparano le varie sostanze da essi adoperate nell'esercizio della loro professione. Perciò egli dà le teorie delle operazioni farmaceutiche; spiega le modificazioni che risultano dalla mescolanza delle varie sostanze; le alterazioni che v'inducono la macerazione, la fermentazione, il fuoco, ec. Tratta dei metodi per distinguere le preparazioni ben fatte dalle malfatte o falsificate, del modo di scegliere, preparare e conservare l'erbe e le droghe medicinali, ed i preparati chimico-farmaceutici. Conferma i precetti colle opportune operazioni dell'arte, eseguite alla presenza degli Scolari.<sup>9</sup>

Nella fase di passaggio dall'amministrazione francese a quella austriaca vi furono alcuni tentativi di salvare certi aspetti delle riforme napoleoniche e di conservare qualche carattere autonomo alle università di Padova e Pavia. Giovanni Scopoli, successore di Moscati alla responsabilità della pubblica istruzione nel Regno d'Italia e componente poi della commissione agli studi costituita a Milano dal plenipotenziario austriaco Bellegarde per elaborare proposte relative all'adeguamento delle strutture scolastiche ai nuovi regolamenti, si adoperò molto in questa direzione; ad esempio, in ciò che attiene al nostro discorso non mancò di segnalare, a proposito della distinzione tra chimica farmaceutica e generale, che:

Tale è l'estensione che la seconda di queste scienze ha acquistata in questi ultimi tempi e tale è il dettaglio con cui è necessario che sia insegnata la prima nella università dove essa è destinata a formare degli abili farmacisti, che io non credo in alcun modo possibile che un professor solo possa dare compiutamente ambedue questi insegnamenti [...].<sup>10</sup>

Ma questo, come altri tentativi, non ebbe successo. Le università di Vienna e Praga erano il modello di tutti gli istituti superiori dell'impero e lo divennero anche per le università italiane. L'innovazione introdotta dal chimico francese venne cancellata già nella fase transitoria con la formazione di un'unica cattedra di chimica generale, animale e farmaceutica<sup>11</sup> il cui insegnamento a Padova fu affidato a Melandri con la collocazione in quiescenza di Mandruzzato,<sup>12</sup> mentre

<sup>9</sup> *Piani degli Studi e di Disciplina per le Università nazionali*, 31 ottobre 1805, Anno II, *Classe di scienze matematiche e fisiche*, in *Foglio ufficiale della Repubblica Italiana*, Milano, Reale Stamperia, s.d., ma 1803, pp. 155-216, in particolare pp. 163-164.

<sup>10</sup> Citato in I. CIPRIANI, *L'Università di Pavia nell'età della restaurazione*, in *Problemi scolastici ed educativi nella Lombardia del primo Ottocento*, 2 voll., Milano, SugarCo 1978, pp. 195-316, in particolare p. 236. Superfluo rilevare l'omogeneità con le posizioni di Foucroy.

<sup>11</sup> *Ripristino dell'Università di Padova e fissazione del corso de' suoi studi. Notificazione 12/9/1815*, in «Collezione di leggi e regolamenti pubblicati dall'Imp. Regio Governo delle provincie venete», Venezia, Andreola 1815, vol. II, parte II, pp. 66-82.

<sup>12</sup> In appoggio all'interessato il corpo accademico tentò di opporsi a tale modifica

un rimaneggiamento analogo si verificò a Pavia, con l'esclusione di Marabelli, e l'incarico complessivo a Brugnattelli.<sup>13</sup> Poco più tardi il definitivo decreto così recitava:

Lo studio medico chirurgico di Pavia e di Padova deve essere organizzato interamente come quello delle università degli altri miei stati, coll'istesso numero di cattedre e di professori, e nell'istesso ordine.

[...]

Insegnamento per li farmacisti sarà quello delle altre università, e non deve istituirsi a loro favore un apposito professore di chimica farmaceutica.<sup>14</sup>

Non si trattava di modifiche di poco conto. Durante il Regno Italo la preparazione dei farmacisti era diventata responsabilità diretta dello stato: dopo un periodo di apprendistato presso un professionista era previsto inizialmente un corso triennale con un primo anno di formazione umanistica ed un biennio per lo studio professionale in cui oltre a botanica, fisica sperimentale, storia naturale e materia medica, venivano impartiti separatamente per due anni gli insegna-

tentando di ricreare una «Cattedra apposita dell'acque acidule minerali di Abano» col fine anche di «accrescere e nome e credito alle acque medesime per la più sicura indicazione dei casi nei quali siano giovevoli, e per la più utile maniera di amministrarle». Ma il governo, rigidamente legato ad una decisione già presa, rigettò la proposta osservando che «lezioni apposite su tale argomento, che già entrano complessivamente in quelle di chimica, non sono di tale entità che debbano occupare un apposito professore» e concludeva invitando il docente esonerato a presentare una supplica per la pensione, cfr. A.S.V. (= Archivio di Stato di Venezia), *Il Dominazione Austriaca, I. R. Governo, 1815*, b. II, fasc. 11, prot. n. 41498/2976, 27/10 e 4/11/1815; *Ibidem, 1816*, b. XXV, fasc. 4, prot. n. 3750/194, 25 e 27/1/1816.

<sup>13</sup> P. VACCARI, *Storia...*, cit. L'assimilazione alle strutture austriache era tale che inizialmente anche il testo di studio prescritto era quello usato a Praga e Vienna, come risulta da un prospetto di notizie preparato dal reggente dell'Università di Padova in carica, Angelo dalla Decima (A.S.V., *Il Dominazione Austriaca, I. R. Governo, 1817*, b. XXVII, fasc. 2, prot. n. 13040/879, 13/4/1817): si trattava di quello, dal titolo significativo, di J.F. JACOEN, *Lehrbuch der allgemeinen und medicinischen Chemie*, 2 voll., Wien, Beck 1810 (IV ed.), è vero peraltro che anche se ne esisteva un'edizione in latino, *Elementa Chemiae universae et medicae ex lingua germanica in latinam versa*, 2 voll., Wien, Beck 1793, tale imposizione non venne mantenuta e fin dall'anno accademico 1817/18 risulta ripresentato in uso il testo di G. MELANONI, *Elementi di chimica generale*, 2 voll., Padova, Seminario 1809-1810; cfr. *Prospetto degli studi dell'imperial reg. Università di Padova*, Padova, Crescini, 1818, p. 12. Il mancato reperimento dell'opera di Jacquen non ha consentito di confrontare i due testi.

<sup>14</sup> *Sovrana Rivoluzione nell'organizzazione della Università di Pavia e di Padova*, in *Collezione di leggi e regolamenti pubblicati dall'Imp. Regio Governo delle provincie venete*, Venezia, Andreola 1817, vol. IV, parte I, pp. 81-99, in particolare p. 83 e 85. La minore considerazione per la disciplina nella cultura scientifica austriaca dell'epoca è confermata dalla sua soppressione nei licei dove, in seguito alla riforma francese, godeva di uno status di materia fondamentale; cfr. A. BASSANI, *L'insegnamento della chimica tra Rivoluzione e Restaurazione: un sondaggio nei licei veneti*, in G.L. FONTANA, A. LAZZARINI (a cura di), *Veneto e Lombardia tra rivoluzione giacobina ed età napoleonica. Economia, territorio, istituzioni*, Bari, Cariplo-Laterza 1992, pp. 615-652.

menti di chimica generale e farmaceutica.<sup>15</sup> Il curriculum completo dava il titolo di baccelliere dopo il primo anno di istruzione professionale, la licenza di maestro dopo il secondo e l'esame di libera pratica dopo due anni di assistentato. La tendenza a ridurre lo spessore di questi studi si manifestò già nella fase transitoria allorché il titolo venne assegnato dopo i corsi biennali di botanica e chimica generale e farmaceutica, integrati al primo anno da storia naturale, ed al secondo da igiene, terapia generale e materia medica.<sup>16</sup>

La riforma austriaca successiva prevedeva l'accesso all'università dopo quattro anni di ginnasio ed un alunnato di cinque anni presso un farmacista approvato. L'istruzione accademica però veniva limitata ad un anno durante il quale si seguivano corsi semestrali di mineralogia, geografia, zoologia e botanica ed il corso annuale di chimica generale e farmaceutica. Agli esami finali, dopo l'esecuzione pratica di due preparazioni farmaceutiche, il candidato rispondeva a quesiti di botanica, di merceologia farmaceutica, chimica farmaceutica e storia naturale. Era previsto peraltro un perfezionamento in materia medica durante il periodo di assistentato.<sup>17</sup> Rispetto alla organizzazione francese, oltre al dimezzamento del corso, mancano fisica sperimentale e materia medica e, come si vede anche dal tipo di esame, assai ridotto risulta l'insegnamento di chimica generale. Si assiste dunque ad un netto ridimensionamento della disciplina, mentre risulta in generale impoverita la formazione scientifica della figura del farmacista; si può anzi osservare che il rapporto tra formazione accademica e istruzione professionale risulta nuovamente spostato a favore di quest'ultima, una situazione non molto dissimile da quella antecedente alla riforma francese. Tale considerazione si può estendere anche a livello di docenti: l'accorpamento delle cattedre, è lecito supporre, ebbe la conseguenza di accentuare il carattere professionalizzante del corso a scapito di quello formativo e di scoraggiare eventuali propensioni per ricerche di non immediato interesse pratico.

I mutamenti descritti sono in evidente relazione con la diversa concezione della disciplina prevalente nelle istituzioni scientifiche dell'impero asburgico. Nei motivi ispiratori delle modifiche organizzative avutesi all'università di Vienna nel 1810 si rileva una evidente sensibilità nei confronti degli aspetti quantitativi del recente sviluppo di tale scienza, ma assai più vaga è la percezione del mutamento qualitativo, del nuovo status da essa raggiunto.

<sup>15</sup> In un periodo successivo il primo anno di studi poteva esser seguito anche fuori dell'università.

<sup>16</sup> *Rapporto dell'Università di Padova* ..., cit., p. 75.

<sup>17</sup> Su questi aspetti istituzionali vedi M.C. GHETTI, *Struttura e organizzazione dell'Università di Padova dal 1798 al 1817*, in «Quaderni per la Storia dell'Università di Padova», 1984, 17, pp. 135-182; G. MAGGIORI, *Sviluppi storici dell'insegnamento farmaceutico nell'Università di Padova*, in «Atti e Memorie dell'Accademia Italiana di Storia della Farmacia», 1986, 3, pp. 137-157; V. GIORGANI, *L'insegnamento della farmacia all'Università di Padova fino alla prima laurea in chimica, il 13 dicembre 1818*, ibidem, 1990, 7, pp. 9-37.

La chimica ha fatto in tempi recenti progressi maggiori di qualsiasi altra scienza e ha raggiunto tali estensioni, che di essa non può essere più impartito un insegnamento in qualche modo adeguato entro un semestre. Nell'esposizione poi della chimica, che ha un grande influsso su tutti i rami delle arti e dei mestieri e viene perciò frequentata da uomini di tutte le classi, bisogna fare in modo che siano fatte per quanto possibile le cose essenziali non solo per la formazione dei medici, ma anche per le necessità degli altri uditori.<sup>18</sup>

Della perdurante incertezza sulla natura della disciplina è sicura testimonianza la controversia che vi fu all'epoca sia sulla istituzione di un dottorato in chimica, a lungo in alternativa ad uno in farmacia, sia sulla collocazione del nuovo insegnamento: se all'interno della facoltà scientifica come le altre scienze, oppure nell'ambito della facoltà medica.

S'intende che la polemica non era alimentata soltanto da diverse concezioni della disciplina, ma era in buona parte anche il riflesso degli interessi della corporazione medica che avversava l'ingresso in facoltà di figure estranee come i naturalisti, i fabbricanti di colori, i distillatori di acque e spiriti: essi avrebbero potuto insidiare il predominio della professione o, come si direbbe oggi, alterarne l'immagine. Nel conclusivo decreto imperiale tali contrapposizioni si risolsero nella istituzione di un dottorato in chimica, preferito a quello in farmacia; esso era conseguibile nella facoltà medica, ma non permetteva l'accesso ai suoi organi dirigenti.

In ogni caso in tutte le diverse posizioni permane una tendenza di fondo a delimitare la funzione della disciplina alla formazione professionale delle figure sanitarie, medici o farmacisti. Tale subalternità è confermata dal fatto che la novità non vede l'emergere di una seconda figura docente: tutto si risolve nell'aumentare l'impegno orario dell'insegnante di botanica. Significative anche le circostanze che non si possa accedere alla laurea in chimica se non si è studenti in farmacia e che nell'anno di corso aggiuntivo previsto si chieda ai laureandi di ascoltare una ripetizione delle lezioni seguite assieme ai maestri in farmacia durante l'anno precedente.

L'atteggiamento dominante nella facoltà medica, con cui concordava lo stesso docente di chimica, Joseph Franz Jacquin, è appunto il seguente:

Tutte le scienze sono tra loro collegate, ma in modo più diretto o meno. Anche se la chimica ha un campo molto vasto che coinvolge anche l'economia, la tecnologia ecc., tuttavia la sua principale propensione (*haupttendenz*) è per la medicina, non solo per la preparazione di farmaci, ma anche per la scoperta delle sostanze che fanno parte del corpo umano, delle secrezioni sane e di quelle patologiche, per cui ha avuto una notevole influenza nel campo dell'arte medica.<sup>19</sup>

<sup>18</sup> W. OBERHIMMER, *Zur Geschichte der Chemie an der Universität Wien von 1749-1848*, in G. HAMANN (a cura di), *Aufsätze zur Geschichte der Naturwissenschaften und Geographie*, Wien, Verlag der Österreichischen Akademie der Wissenschaften 1986, pp. 141-153.

<sup>19</sup> W. OBERHIMMER, *Die Chemie an der Universität Wien in der Zeit von 1749 bis 1848*

Quando i nuovi regolamenti vennero estesi alle province lombardo-venete Melandri, con l'evidente intento di migliorare la posizione accademica e l'autonomia scientifica della disciplina, colse l'occasione per proporre al Senato Accademico, organo appena istituito dalle autorità austriache,<sup>20</sup> di chiedere «la facoltà di poter conferire la laurea in chimica a quelli che lo dimandassero, oltre al titolo di licenza che fino ad ora fu costume di conferire ai farmacisti onde abilitarli all'esercizio della professione, a tenore di quanto si pratica nelle I. R. Università di Vienna e di Praga in base di quanto fu disposto dal venerato decreto dell'Aulica Commissione degli Studi del 17/7/1812». Ma neppure questa richiesta, peraltro coerente colla normativa austriaca, venne accolta dal Governo, che sembra non averne percepito il senso: «[...] questo grado accademico non porterebbe [ai farmacisti] alcun vantaggio in confronto di quelli che in forza del metodo di studio tuttora vigente ricevono il solo grado di licenza, e solamente andrebbero a sottoporsi ad un maggiore dispendio, e quindi [si] trova opportuno di deferirne l'introduzione alla stabile organizzazione dell'università [...]».<sup>21</sup>

Così fu infatti. Il nuovo titolo auspicato da Melandri venne istituito nel 1833 per iniziativa delle autorità austriache in occasione di una seconda riforma della facoltà che, per quanto interessa qui, vide l'introduzione della cattedra di scienze preparatorie per chirurghi (cioè fisica, chimica, botanica), e la introduzione nelle province italiane del dottorato in chimica con le modalità già descritte.<sup>22</sup>

Le personalità che a Vienna si alternarono nell'insegnamento della chimica nella prima metà dell'800 furono pienamente conformi alla situazione esposta, non la più adatta ad uno sviluppo autonomo della disciplina, tanto da indurre Liebig ad un attacco assai aspro contro i docenti viennesi Paul Traugott Meissner del politecnico e il successore del già citato Jacquin, Adolph Martin Pleischl, della facoltà medica, considerate dal chimico tedesco figure mediocri se non dannose.

Si dovrà sicuramente considerare come uno dei più notevoli fenomeni del nostro tempo il fatto che un grande ricco paese nel quale l'industria e tutte le scienze, che con essa stanno in rapporto, vengono curate e sostenute da un governo illuminato, che questo paese non abbia partecipato a tutti i progressi che la chimica, questo vero campione di tutte le industrie, ha fatto da vent'anni a questa parte e, forse anche più, che non si sia

*und die Inhaber des Lehrstuhles für Chemie und Botanik*, in «*Studien zur Geschichte der Universität Wien*», 1965, 3, pp. 126-202, in particolare pp. 185-187.

<sup>20</sup> Tale organismo venne istituito con decreto governativo del 19/12/1815 n. 41933/3051. Esso era inizialmente costituito dal Rettore e dai quattro Direttori delle facoltà; cfr. Archivio Storico dell'Università di Padova, b. *Processi verbali delle Sedute del Senato Accademico della R. Università di Padova, 1816-1818*.

<sup>21</sup> A.S.V., *Il Dominazione Austriaca, I. R. Governo, 1816*, b. XXV, fasc. 4, prot. n. 2433/129, 15 e 23/1/1816.

<sup>22</sup> V. GIORMANI, *L'insegnamento della farmacia ...*, cit.

formata nessuna personalità che l'abbia arricchita con un solo dato, che fosse stato utile alle nostre applicazioni.

Su Meissner egli è durissimo:

Egli ha fatto un gran male. Si prenda un giovane che si sia formato sotto Meissner, egli è zeppo delle più artificiose idee, della vera chimica non ha appreso niente [...].

Su Pleischl è meno aspro, ma altrettanto severo:

Il buon innocuo Pleischl produce potassio e con ciò si affanna per mesi; fa osservazioni molto acute, se la cartina di tornasole rossa ritorna o no blu nel vapor acqueo; questi sono divertimenti per bambini, egli fa esperimenti e ci gioca [...] però neppure lui insegna ciò che è fondamentale nella chimica.

Le invettive di Liebig, pronunciate nel 1838 ebbero effetto qualche anno più tardi: Meissner fu posto in quiescenza nel 1845 e Pleischl nel 1848 con una motivazione tanto esplicita da far sottintendere motivi politici dietro di essa: «Egli non appariva più in grado di fare un'esposizione corrispondente ai progressi della chimica». Suo successore fu Joseph Redtenbacher, già allievo di Liebig.<sup>25</sup>

Se dunque, durante l'occupazione napoleonica, si erano create le condizioni per un insegnamento ed una ricerca in chimica collegate ad una situazione così feconda e produttiva come quella francese, il passaggio sotto l'amministrazione austriaca significò un rilevante arretramento e forse non solo per chimica. Anche altrove del resto la dominazione asburgica ebbe effetti analoghi come testimonia Szabadváy per l'Ungheria. Sebbene non possa stabilirsi un collegamento automatico tra la situazione viennese e le sue periferie non si potrà evitare di tenerne conto nell'esaminare l'attività chimica condotta nel Veneto ed i suoi nodi e figure più significative.

A tali specifici rilievi vanno inoltre aggiunte considerazioni di carattere generale. All'epoca di cui ci stiamo occupando la concezione dell'università come sede istituzionale della ricerca scientifica era ben poco sviluppata e ciò non soltanto per le autorità austriache. Angelo dalla Decima, docente di patologia e materia medica, che si trovò ad esercitare provvisoriamente le funzioni di reggente durante la transizione dall'occupazione francese a quella austriaca, nel presentare un progetto per l'università osservava in premessa che mentre «l'accrescimento delle cognizioni» era compito «principalmente [delle] Acca-

<sup>25</sup> Per l'esame della vicenda vedasi lo studio di F. SZABADVÁY, *Liebig und die Chemie in Österreich*, in «Österreichische Chemie Zeitschrift», 1990, 91, pp. 272-274, 314-315, 354-356. Per l'intervento del chimico tedesco vedi J. LIEBIG, *Der Zustand der Chemie in Österreich*, in «Annalen der Pharmazie», 1838, 25, pp. 339-347. Sui personaggi della chimica austriaca dell'epoca, oltre agli studi già citati, rinvio ancora a W. OUBRUMBER, *Adolf Martin Pleischl - Der erste Inhaber eines Lehrstuhls der Chemie an der Universität Wien*, in G. HAMANN (a cura di), *Ansätze ...*, cit., pp. 155-162, e a M. KOUŠ, *Joseph Redtenbacher*, in «The Journal of Chemical Education», 1947, 24, 366-369.

demie», l'università, come i licei ed altri centri di pubblica istruzione era destinata alla loro diffusione, cioè «all'insegnamento delle relative scienze a quelli che aspirano all'esercizio di professioni scientifiche, od appoggiate necessariamente ad una scientifica dottrina».<sup>24</sup> Ciò è del resto confermato dalle vicende dell'Istituto Veneto di Scienze Lettere ed Arti che, fondato dalle autorità francesi e lasciato per lungo tempo deperire dai governanti austriaci, fu riattivato nel 1840 proprio con compiti di indirizzo della ricerca, oltre che di organo tecnico. Sebbene i suoi membri venissero prescelti in buon numero tra i docenti dell'ateneo padovano, ciò non ne costituiva una caratteristica particolarmente significativa; per chimica anzi, nessun membro effettivo ebbe provenienza universitaria nel periodo austriaco.<sup>25</sup> In assenza di personalità particolarmente vivaci la condizione istituzionale non era tale da creare incentivi alla ricerca: è probabilmente per questo che, a parte qualche contributo di Melandri, la maggior parte dell'attività scientifica, in chimica, si svolge fuori dell'università.

Un altro punto che merita di venir messo in evidenza sta nel ruolo di consulenza che l'università era chiamata a svolgere. Per quanto attiene a chimica, ma la situazione è certamente analoga per altre discipline, è frequente l'incarico ai docenti di eseguire accertamenti, esami, analisi per altri settori dell'amministrazione: controllo di medicinali, valutazioni di derrate alimentari, perizie per gli uffici giudiziari ecc. Come appresso si vedrà, gli studi analitici delle acque minerali della regione, attività lunga e onerosa, vennero eseguiti su insistente richiesta delle autorità sanitarie. Il peso di tale incombenza era notevole e ne costituisce testimonianza, forse estrema, ma ciò non di meno significativa, l'inconveniente capitato a Melandri dopo molti anni d'insegnamento e di efficace servizio, allorché, per il suo ritardo nel presentare i risultati delle analisi delle acque di Recoaro, commissionategli peraltro da molti anni, fu aspramente redarguito e minacciato di una grave sanzione economica.<sup>26</sup>

Tale vicenda avrebbe forse avuto un decorso meno sgradevole in presenza di due docenti di competenza confrontabile, come durante il periodo francese; ciò avrebbe consentito di ripartire tra i due soggetti i frequenti incarichi di parte governativa, lasciando maggior spazio alle iniziative ed agli studi personali, spazio che Melandri faticò a trovare ed a cui il suo successore dovette quasi del tutto rinunciare.

<sup>24</sup> *Progetto di piano economico disciplinare per l'I. R. Università di Padova*, letto di fronte al Senato Accademico l'11-13/3/1816; cfr. A.S.V., *Il Dominazione Austriaca, Governo*, 1816, b. XXV, fasc. 4, prot. n. 11299/591, 5/4/1816.

<sup>25</sup> A. BASSANI, *I chimici dell'Istituto Veneto di Scienze Lettere ed Arti in epoca austriaca, 1840-1866*, in «Atti del Convegno», *Scienze in Italia, 1840-1880. Una storia da fare*, in «Quaderni PRISTEM/Documenti», n. 5, Università Bocconi, 1994, II P., pp. 97-121.

<sup>26</sup> A.S.V., *Il Dominazione Austriaca, Governo*, 1825-29, b. LXVIII, fasc. 2/7, prot. n. 44865/5049, 4/12/1828.

*Girolamo Melandri*

Proveniente dalla Romagna dove era nato nel 1784 frequentò studi scientifici dapprima nella provincia di nascita, facendo anche un'esperienza come farmacista, per passare a Bologna nel 1802 e quindi a Pavia dove si laureò in medicina. Gli insegnamenti di chimica a lui impartiti durante il periodo di apprendistato avevano come riferimento Chaptal ed erano di ispirazione flogistica. Secondo i suoi biografi venne ad avere tra le mani la traduzione del *Traité de Chimie* di Lavoisier eseguita ed annotata dal Dandolo e da allora divenne un fervente fautore della nuova dottrina chimica francese. Si riferisce altresì che la sua formazione sia avvenuta soprattutto seguendo gli «Annales de Chimie» la cui parte sperimentale egli tentava sempre di riprodurre. Quando passò a Pavia non si trattenne dall'entrare in pubblica controversia con Brugnatelli che sulla teoria della combustione aveva posizioni differenti da quelle lavoisiane.

Dopo un periodo di lavoro a Milano presso Moscati fu da questi inviato nel gennaio 1807 all'università di Padova quale operatore e dimostratore di chimica generale, cioè come assistente di Carburì, di cui, dopo la morte fu anche supplente. Nominato suo successore il 16 settembre 1809 all'età di 25 anni anni si trovò titolare di cattedra e nel 1810 completò la pubblicazione del suo primo testo di chimica, dedicato a Fourcroy.<sup>27</sup> Con lui iniziò nel Veneto a livello istituzionale l'insegnamento della chimica secondo la dottrina postlavoisiana rifiutata dal suo predecessore rimasto sempre flogista.

Condusse ricerche di discreta originalità e in campi diversi: studi di sostanze organiche ricavate da tessuti vegetali ed animali, ricerche di chimica inorganica, analisi di acque minerali. Suscitò interesse tra i suoi colleghi dell'Università la dimostrazione delle proprietà acide della silice in un periodo in cui tali caratteristiche non erano del tutto evidenti.<sup>28</sup> Eseguì importanti inda-

<sup>27</sup> Su questa figura vedi in particolare G.L. GIANELLI, *Sopra gli studi ... cit.*, e D. VACCOLINA, *Elogio del chiarissimo professore Girolamo Melandri Contesi, letto il 6 ottobre 1833 in occasione de' premi distribuiti agli allievi del ginnasio di Bagnocavallo*, Lugo, per Melandri 1833. Fu molto apprezzato anche dai suoi colleghi: vedi ad esempio il rapporto redatto da Angelo dalla Decima in occasione dell'insediamento delle autorità austriache. Sebbene in queste relazioni abbia notevole peso lo spirito di corpo — in gioco è infatti la permanenza o meno nell'incarico ricoperto — le parole del relatore nel suo caso hanno un accento insolito: «Il Melandri pieno di genio, e di trasporto per la scienza, che professa, oltrechè si presta molto utilmente all'istruzione de' giovani, tanta sagacità, e premura va continuamente impiegando per penetrarne gli arcani e promuoverne i limiti, onde s'abbia ben fondato argomento per credere, che i suoi travagli saranno coronati da felici risultamenti, i quali vadano col progresso degli anni accrescendo sempre più la celebrità del suo nome, e gli assicurino ne' fasti della nostra Università un posto fra più distinti e luminosi». A.S.V., *II Dominazione Austriaca*, I. R. Governo, 1817, b. XXVII, fasc. 2, prot. n. 52921/2355, 13/4/1817.

<sup>28</sup> G. MELANDRI, *Memoria per servire alla storia della silice considerata come un acido*, in «Nuovi Saggi della I. R. Accademia di Scienze Lettere ed Arti di Padova», 1831, 3, pp. 119-133.

gini sul nichel, dando la composizione in peso dell'ossido, un metodo per liberarlo dalla presenza di altri metalli e un procedimento per valutarne la purezza specialmente rispetto al contenuto di cobalto e rame. Dalla descrizione dei suoi esperimenti si ricava che preparò alcuni complessi ammoniacali, da lui detti ammoniuri secondo la terminologia di Brugnatelli.<sup>29</sup> Si cimentò altresì con problemi tecnici di un certo interesse: perfezionò l'apparecchio di Lavoisier per misurare con precisione il volume del gas (il gazometro),<sup>30</sup> mise a punto un dispositivo per chiudere ermeticamente le bottiglie di acqua minerale mantenendovi all'interno «una bolla conservatrice» dei gas in essa disciolti al fine di garantire l'inalterabilità del prodotto e la possibilità di impiegarlo in terapia nelle medesime condizioni del prelievo alla sorgente, proprietà cui i medici dell'epoca davano grande importanza. Esso rimase in uso come metodo ufficiale presso le fonti venete per parecchio tempo dopo la morte dell'autore.<sup>31</sup> Studiò anche la possibilità di produrre idrogeno per arcostati decomponendo l'acqua ad alta temperatura<sup>32</sup> mentre l'ultimo suo lavoro pubblicato riguarda lo studio diretto ad impedire o a ridurre la corrosione delle lamiere di rame applicate alle carene delle navi della flotta austriaca.<sup>33</sup>

Sebbene sembri essersi interessato di acque minerali in poche occasioni, uno dei capitoli più importanti del suo primo testo riguarda proprio il problema analitico ad esse relativo. Dopo averle classificate secondo lo schema illustrato nella *Encyclopédie Méthodique* egli individua come analisi indeterminata quella

<sup>29</sup> Id., *Sul Nichel*, in «Nuovi Saggi della I. R. Accademia di Scienze Lettere ed Arti di Padova», 1817, I, pp. 37-55, e in «Giornale di Fisica, Chimica, Storia Naturale, Medicina ed Arti», 1816, decade II, 9, pp. 364-383.

<sup>30</sup> Id., *Descrizione ed uso di un gazometro a mercurio atto a dare una più esatta misura de' gas*, in «Nuovi Saggi della I. R. Accademia di Scienze Lettere ed Arti di Padova», 1825, 2, pp. 329-342. Nel suo strumento cambia il procedimento di taratura che è diretta anziché calcolata (cioè che presuppone dimensioni costanti della campana).

<sup>31</sup> G. MELANDRI, *Nuove ricerche fisico-chimiche ed analisi delle acque minerali di Recoaro e delle acque di Staro e Cislina*, Padova, Minerva 1833, pp. 131-141. Tale metodo, rispetto ad altri, fu sempre difeso dal suo allievo Ragazzini che, in merito ad un'altra proposta, osservava: «[...] non corrisponde al vero scopo che si contempla d'impedire, cioè la decomposizione dell'acqua e l'abbandono e sortita del gas acido carbonico [...] e che non deve mai eguagliarsi al metodo del Melandri il quale unico, siccome si ebbe in più occasioni a dimostrare ed asserire, vale ad allontanare la presenza dell'aria atmosferica causa della decomposizione delle acque». Cfr. A.S.V., *Il Dominazione Austriaca, I. R. Governo, 1833-1839*, b. XXXIII, fasc. 2/2, prot. n. 26209/2590, 20/7/1836.

<sup>32</sup> Di questo studio abbiamo solo una indicazione indiretta nella *Necrologia*, in «Giornale di Tecnologia», 1833, I, (Maggio), pp. 42-44.

<sup>33</sup> Id., *Metodo di preservare le fodere di rame delle navi dalla corrosione, preceduto da esami ed analisi chimiche istituite sopra pezzi di fodera di rame rapidamente corrosa dalle acque del mare*, in «Annali delle Scienze del Regno Lombardo-Veneto», 1832, 2, pp. 78-93. Sull'argomento vedi V. GIORMANI, *Alge, bisse e denti de can: gli scienziati in barca*, in «Quaderni del Lombardo-Veneto», 1984, 19, pp. 26-30.

diretta ad «iscoprire quali sostanze entrano a mineralizzare l'acqua». Espone poi le norme per eseguire l'analisi determinata (quantitativa) e la misura dei gas presenti. La sua procedura è molto dettagliata e prevede una minuziosa osservazione dei fenomeni e forme di controllo incrociato.<sup>34</sup> I farmacisti diplomati all'Università di Padova ebbero questo riferimento anche dopo la sua morte in quanto il suo allievo e successore continuò ad usare il suo libro di testo e le sue metodiche anche in seguito. È possibile che proprio l'esauriente guida analitica da lui messa a punto abbia contribuito all'iniziativa di Giovanni Maria Zecchinelli, ispettore provvisorio alle terme di Abano.<sup>35</sup> Questi infatti, in una relazione inviata al Governo di Venezia oltre a proporre un'indagine sulla «formazione intestina dei colli Euganei e sul terreno da cui scaturiscono le acque termali» sollecita che

[...] si ordini al Sig. Prof. Melandri, il di cui metodo di annalizzare le acque minerali pubblicato nei suoi elementi di Chimica è ottimo, di fare nel più breve tempo possibile l'analisi dell'acqua e dei gas di ciascuna sorgente termale euganea, cominciandola subito; perché la diligente analisi di un'acqua termale non occupa meno di un anno di tempo.<sup>36</sup>

Fu sostanzialmente un chimico di laboratorio, esperto in problemi analitici, anche se non rinunciò ad intervenire qualche volta su tematiche di carattere generale. Un suo allievo, Bartolomeo Bizio, su cui ritorneremo, lo definì «conoscitore forte della chimica metallurgica, e forte lavoratore, ma imbarazzato e greto nelle ragioni delle scienze».<sup>37</sup>

Suscitò qualche polemica, proseguita anche dopo la sua morte, sia per le

<sup>34</sup> G. MELANDRI, *Elementi ...*, cit., pp. 417 e sgg. *Trattato elementare di chimica generale e particolare, teoretica e pratica*, Padova, Minerva 1826. Di quest'opera, prevista in tre volumi, l'autore riuscì a stampare solo il primo; secondo G.L. GUANELLA, *Sopra gli studi ...*, cit., quando morì era pressoché completa la seconda parte, *Trattato de' corpi composti del regno organico*, mentre rimaneva allo stato di bozza la terza, *Chimica de' corpi organici*.

<sup>35</sup> Per il predecessore, Mandruzzato, l'avvento del nuovo regime era stato particolarmente negativo: oltre ad aver perso, come si è detto, il posto di docente, non era stato confermato in tale incarico dalle nuove autorità, nonostante le benemerite riconoscimenti in una dettagliata istruttoria: era infatti proprietario di alcune fonti termali, condizione in conflitto insanabile con i compiti di un ispettore sanitario. Egli dovette inoltre restituire le suppellettili del laboratorio chimico che aveva installato in un proprio stabilimento. A.S.V., *II Dominazione Austriaca, I. R. Governo, 1817*, b. XLV, fasc. 32, prot.n. 38/3, 24/6/1817, e *ibidem*, 1816, b. XXV, fasc. 4, prot. n. 3750/194, 23 e 27/1/1816.

<sup>36</sup> A.S.V., *II Dominazione Austriaca, I. R. Governo, 1817*, b. XLV, fasc. 32, prot. n. 36601/3940, 23/10/1817. Il docente padovano, preso da numerosi altri incarichi, non ebbe modo di dedicarsi a quest'impegno, che venne portato a termine parecchi anni dopo dal suo allievo Ragazzini. Sulla figura di Zecchinelli vedi A. MENEGHELLI, *Cenni biografici degli accademici di Padova*, XIX, in «Nuovi Saggi della I. R. Accademia di Scienze Lettere ed Arti di Padova», 1840, 5, pp. LXVIII-LXXIII.

<sup>37</sup> *Memorie della vita di B. Bizio*, Archivio Museo del Vetro - Murano (Venezia), manoscritto autografo, b. 12, n. 97.

concezioni relative all'organizzazione del lavoro universitario, sia, come si è visto, per la riluttanza a subordinare completamente i suoi studi alle esigenze dell'amministrazione.<sup>38</sup>

A parte il discorso sulla sua originalità, che meriterebbe un approfondimento non praticabile in questa sede, l'aspetto più saliente della sua attività è, come si è detto, la varietà degli interessi perseguiti, ma più ancora l'autonomia delle scelte d'indagine, uno degli elementi che denotano in lui una piena consapevolezza dell'autosufficienza della disciplina praticata, confermata del resto dalla purtroppo fallita iniziativa circa il dottorato in chimica. È opportuno sottolinearlo dato che, si ripete, non è questa la concezione prevalente durante il dominio austriaco, come dimostra l'esempio del suo successore, pur suo allievo ed assistente.

#### *Francesco Ragazzini*

Proveniente da Bagnacavallo come il suo maestro egli lo seguì ancora da studente nella trasferta nel vicentino per le analisi delle acque minerali di Recoaro, Staro e Civillina e si laureò in medicina nel 1825.<sup>39</sup> Quando Melandri morì, nel 1833, egli venne nominato supplente ed inserito nella commissione chimica insediata dalle autorità accademiche per le diverse incombenze solitamente affidate al titolare della cattedra. La sua preparazione era adeguata agli incarichi affidatigli che svolse con soddisfazione delle autorità ed apprezzamento dei colleghi più anziani. In quel periodo si era aperto un problema analogo anche a Pavia ed i concorsi si svolsero contemporaneamente assegnando a lui la cattedra padovana ed a Francesco de Cattanei di Momo quella pavese. Coprì tale incarico decorosamente fino al pensionamento avvenuto nel 1866.

L'omogeneità dei suoi interessi è il tratto caratteristico dei suoi lavori: delle sue 20 pubblicazioni 16 riguardano l'analisi delle acque minerali, campo in cui raggiunge una vera specializzazione, notevolmente apprezzata da molti suoi colleghi del tempo.<sup>40</sup>

Non è chiaro se questa uniformità sia stata una scelta personale, dettata

<sup>38</sup> A.S.V., *Il Dominazione Austriaca, I.R. Governo, 1819*, b. XXVI, fasc. 1, prot. n. 1247/123, 8/5/1819. Vedi altresì *Girolamo Melandri-Contessi*, in «Biblioteca Italiana», 1833, 69, pp. 260-263.

<sup>39</sup> Per questo autore rinvio a A. BASSANI, *La chimica dell'800 nelle istituzioni. Il caso di Francesco Ragazzini (1/10/1799-17/8/1873)*, in corso di stampa nei «Quaderni per la Storia dell'Università di Padova».

<sup>40</sup> Vedi tra gli altri A. BOSSI, *Rivista bibliografica - Sopra l'arzenico nell'acqua ferruginosa di Civillina*, in «Annali di Chimica Applicata alla Medicina», 1856, 26, pp. 60-62. Per ulteriori recensioni dello stesso autore cfr. *ibidem*, 1854, 19, pp. 253-256; 1856, 23, pp. 375-376; 1858, 26, pp. 260-262.

anche dalla sua prima esperienza sul campo, o se ciò si debba al clima allora dominante a Padova. A parte la tradizione veneta relativa allo studio ed allo sfruttamento delle caratteristiche del bacino termale aponeuse (ricordiamo il caso di S. Mandruzzato), oltre all'interesse del mondo universitario e dei medici privati per tale mezzo terapeutico, si deve anche ricordare che le classi dirigenti austriache nutrivano una particolare attenzione per questa risorsa. Da parte delle autorità militari intorno al 1827 era stato progettato uno stabilimento termale riservato al personale in servizio e ne era stato affidato lo studio al geologo e mineralogista T. A. Catullo, e lo stesso Viceré Ranieri poi, durante uno dei suoi frequenti soggiorni ad Abano, aveva richiamato l'attenzione su di una polla fino ad allora ignorata, mettendone altresì in evidenza le caratteristiche. Tale sorgente, denominata appunto Raineriana, venne rapidamente inclusa tra quelle sfruttabili per finalità terapeutiche come le altre più note. Non meraviglia dunque che Ragazzini abbia dedicato quasi tutta la sua attività di ricerca a questo tema, anche perché tali indagini gli venivano chieste d'ufficio. Il suo lavoro più importante venne appunto svolto su una rinnovata iniziativa dell'allora responsabile medico della stazione termale, il già ricordato Zecchinelli. Per questo tipo di problematiche egli rimase a lungo il punto di riferimento principale nell'area veneta, sia per le autorità che per i soggetti privati, anche se non bisogna dimenticare che i diversi farmacisti venivano spesso incaricati di controlli analitici sulle acque potabili e minerali. Questa situazione cambiò intorno al 1855 quando si aprì la polemica intorno alla questione del contenuto di arsenico nelle acque minerali di Civillina, sostanza scoperta da un giovane chimico, Giovanni Bizio,<sup>41</sup> uno dei primi laureati nella disciplina, figlio di Bartolomeo, (di cui più avanti parleremo). Le successive indagini, partite ancora una volta su iniziativa di una figura sanitaria istituzionale, il consigliere di governo Filippo Spongia, videro un aspro conflitto tra il docente padovano ed il suo ex-allievo, sostenendo questi che il tasso di arsenico era basso, costante e non tossico, laddove Ragazzini aveva riscontrato nell'acqua un tenore elevato della sostanza, variabile e tale quindi da renderne pericoloso l'impiego. Fu proprio in seguito all'intervento di Spongia che venne costituita presso l'Istituto Veneto la giunta per le acque minerali, probabilmente l'iniziativa di carattere chimico più importante presa dall'organismo scientifico veneziano.

Nella controversia sull'arsenico Ragazzini risultò non avere ragione, ma il rilievo che è possibile fare sulla sua attività scientifica non è tanto sui limiti del suo lavoro analitico, data la condizione ancora imperfetta delle metodiche in uso, quanto, a mio avviso, per non aver colto l'occasione del nuovo titolo accademico per dotare la sua disciplina di quella autonomia di iniziativa e di

<sup>41</sup> In merito vedi G. DALL'OLIO, *Giovanni Bizio chimico veneziano dell'Ottocento*, in «Rendiconti dell'Accademia Nazionale delle Scienze detta dei XL - Memorie di Scienze Fisiche e Naturali», 1992, 110, pp. 397-411.

sviluppo che si era manifestata con Melandri e che non trovò invece prosecuzione con lui. Fu infatti con quest'ordine di motivazioni che all'atto del suo pensionamento la sua cattedra fu soppressa nell'ambito della facoltà di medicina, mentre divenne ordinaria quella appartenente alla facoltà filosofica, istituita nel 1857, ed affidata al suo ex-studente Francesco Filippuzzi.<sup>42</sup>

#### *Bartolomeo Bizio e Ambrogio Fusinieri*

L'attenzione data preliminarmente a due figure universitarie non deve far pensare che si tratti di un ordine di merito; nel periodo considerato, specie nella seconda parte, vi furono altre personalità che, lavorando privatamente, o, da studiosi ormai affermati, come membri dell'Istituto Veneto, possono essere considerati altrettanto e forse più rappresentativi della disciplina, nell'arco di tempo preso in esame.

Ci si riferisce in particolare alla categoria dei farmacisti che lavorano in laboratori diffusi nel territorio, di dimensioni ed attrezzature variabili e dove non si procede soltanto alla preparazione di farmaci, ma si confezionano prodotti chimici d'impiego tecnico o commerciale e dove si effettuano talvolta ricerche di chimica, per lo più applicata, ma in qualche caso di respiro più ampio. L'attività di questo gruppo di operatori merita una certa attenzione non solo perché tra di essi si possono incontrare personalità di un certo spessore, ma in quanto, in assenza di un ruolo specifico e promozionale delle autorità statali nell'ambito della ricerca scientifica, essa ci dà indicazioni della dimensione media delle competenze in gioco ed esprime anche quella domanda di chimica che concorre, assieme allo studio delle istituzioni, a delineare con sufficiente precisione lo stato della disciplina dell'epoca.

I primi tre membri inseriti a vario titolo nell'Istituto Veneto furono, non a caso, tutti farmacisti: Bartolomeo Bizio, Bartolomeo Zanon, Antonio Galvani. Analoga formazione ebbe Giovanni Bizio ammesso nel 1862, ma già da parecchi anni collaboratore delle iniziative dell'istituto. Il docente padovano di chimica, Ragazzini, vi fu ammesso nel 1856.<sup>43</sup>

Bizio è stato di recente commemorato in un convegno e quindi mi limito qui a ricordarne brevemente la vita e l'opera.

Di origine vicentina si trasferì in giovane età a Venezia dove fece l'apprendista in farmacia frequentando nel contempo il Liceo cittadino da poco istituito dove, dopo il diploma, fu per circa tre anni assistente di fisica; passò quindi a Padova per ottenere il titolo di farmacista. Stabiliti quindi la sua residenza defi-

<sup>42</sup> Su di lui si veda *Cenni sulla vita del prof. Francesco Filippuzzi*, in «Annuario della R. Università degli Studi di Padova per l'A.S. 1886/87», Padova, Randi 1887, pp. 265-266.

<sup>43</sup> Per maggiori informazioni rinvio a A. BASSANI, *I chimici dell'Istituto Veneto* ..., cit.

nitiva a Venezia ed iniziò a pubblicare alcune ricerche — quelle consentitegli dalle strutture del suo esercizio professionale — acquistando una certa notorietà nella comunità scientifica italiana fino ad ottenere un generale apprezzamento con la sicura identificazione dei murici porporiferi e la messa a punto della tecnica per l'estrazione e la conservazione del colorante, conoscenze fino ad allora mal definite e controverse. Queste ed altre indagini da lui effettuate si collocavano nel filone della chimica cosiddetta animale e vegetale, quell'ampio settore di studi che aveva l'obiettivo di isolare e caratterizzare sostanze esistenti in tessuti di piante ed animali mediante tecniche operative «blande», quasi tutte per via umida, ritenute adatte ad estrarre i cosiddetti principi immediati senza alterarne la composizione originaria presente nei campioni esaminati.

In questo contesto ebbe l'occasione di rilevare l'esistenza del rame in più specie di molluschi. La temuta tossicità del metallo era in contraddizione con la loro da molto tempo nota commestibilità e pertanto la scoperta di Bizio venne accolta con diffuso scetticismo ed attribuita inizialmente da Ragazzini, con l'appoggio della commissione chimica di cui faceva, come si è detto, parte, ad un improprio uso di recipienti di rame nel processo analitico. A tale non tanto implicita accusa di incompetenza lo studioso veneziano rispose chiedendo una verifica pubblica, davanti ad una commissione dell'Ateneo Veneto, verifica che dimostrò senza ambiguità l'esistenza del metallo in organismi viventi. La polemica ebbe una certa asprezza dato che la vicenda si inseriva nel concorso alla cattedra di Padova, cui anche Bizio partecipava, e la valutazione espressa da un concorrente nella medesima sede istituzionale cui lui stesso aspirava, non poteva lasciare indifferente l'autore veneziano.

Non trascurò di cogliere il lato applicativo delle sue ricerche: a proposito della porpora, per esempio, a lungo fu suo intendimento il ripristino della produzione su larga scala del colorante da lui rinvenuto nei murici. Nei primi anni della sua carriera ebbe numerosi riconoscimenti in occasione del conferimento dei premi d'industria, manifestazione annuale nel Lombardo-Veneto legata al genetliaco dell'imperatore. Si trattava di un inchiostro indelebile, di un olio per vernici, di due comuni farmaci, chermes minerale e terra fogliata di tartaro, rispettivamente un solfuro di antimonio e l'acetato di potassio. Mise a punto anche un metodo per preparare soluzioni di ammoniaca riducendo le perdite di prodotto.

Con Francesco Zantedeschi,<sup>44</sup> che insegnerà poi fisica a Padova, studiò il problema di un impianto per la produzione di gas illuminante a Venezia e contribuì con altri all'analisi delle acque dei pozzi artesiani della città durante il lungo dibattito che vi si tenne in merito alla loro potabilità.

Se si scorre la sua bibliografia si assiste verso gli anni '40 ad un importante spostamento di interessi: fino ad allora sono prevalenti studi di carattere speri-

<sup>44</sup> Su questa figura vedi G. COLOMBINI, *La fisica a Padova nell'800 - Vita e opere di Francesco Zantedeschi*, Padova, Dipartimento di Fisica «G. Galilei», 1989.

mentale nella tradizione cui si è accennato e rari sono i suoi interventi su tematiche di carattere teorico. In quell'epoca veniva fondato a Venezia l'Istituto Veneto di Scienze Lettere ed Arti ed egli venne chiamato a farne parte come membro effettivo con pensione, una posizione di assoluto prestigio. Tale nomina, che tra l'altro veniva dopo l'offerta fattagli dalle autorità toscane di divenire professore di chimica presso l'Ateneo pisano, incentivò probabilmente la sua ambizione di divenire protagonista nella comunità scientifica a livello di elaborazione teorica e non solo, come sino ad allora era stato, per i risultati ottenuti nelle sue ricerche sperimentali.

Fin dall'inizio degli anni '30 era collaboratore degli «Annali delle Scienze del Regno Lombardo Veneto», periodico allora fondato da Ambrogio Fusinieri con cui per oltre dieci anni mantenne un rapporto personale e scientifico molto intenso. Questo personaggio, di formazione del tutto diversa da quella di Bizio, (era stato di professione avvocato e cessata l'attività aveva ripreso a coltivare gli interessi scientifici della sua gioventù) ebbe un ruolo importante nel dibattito chimico dell'epoca e costituisce un polo di riferimento assai significativo nell'economia del nostro discorso.<sup>45</sup>

Egli aveva messo al centro della propria riflessione una concezione della materia e delle sue trasformazioni piuttosto singolare, con qualche antecedente italiano in Felice Fontana, Gioacchino Carradori, Valentino Brugnatelli, che, assumendo una divisibilità indefinita della materia, attribuisce il verificarsi di tutti i fenomeni ad una forza di espansione — detta calorico nativo — che si manifesta allorché le sostanze vengono portate ad una condizione di suddivisione molto spinta, situazione detta di materia attenuata. I suoi riferimenti sperimentali erano costituiti da effetti superficiali come i movimenti di frammenti di canfora sull'acqua, di pezzetti di potassio e fosforo su mercurio, da fenomeni interfacciali di vario tipo. Quando poi la suddivisione diventa estrema, sotto l'effetto di cause esterne o per autoaccelerazione dei fenomeni in atto, la materia passa da uno stato attenuato ad uno stato raggiante e si osservano i fenomeni termici elettrici, e luminosi.

Non esistono quindi limiti ultimi alla suddivisione dei corpi — cioè gli atomi — né esistono fluidi imponderabili; le modificazioni materiali e le manifestazioni energetiche vengono unificate:

Ecco aperto un campo di ricerche su la materia ponderabile esistente nel calore e nella luce. Li odori che spargono i corpi riscaldati indipendentemente dai loro vapori, come i metalli, e le tante azioni chimiche e fisiche della luce, sono fenomeni i quali dovevano avvertire che si tratta di materia ordinaria trasportata. Ma l'imponderabili ne hanno soffocata l'idea, hanno troncata ogni indagine relativa, ed hanno arrestato il progresso

<sup>45</sup> Si veda il saggio di P. RIZZONZI, *Cultura e scienza dall'illuminismo al positivismo*, in G. MARCHI (a cura di), *Storia d'Italia, Annali 3, Scienza e tecnica nella cultura e nella società dal Rinascimento a oggi*, Torino, Einaudi, 1980, pp. 681-811, in particolare pp. 721-729.

della scienza: che le riflette a proposito del vanto che vien fatto dagl'imponderabilisti, che le loro ipotesi siano innocue, anzi utili al sapere se anche sono false.<sup>46</sup>

Per quanto riguarda gli aspetti più specificamente chimici egli nega lo status teorico della legge delle proporzioni fisse, cioè la rappresentazione a livello macroscopico dei rapporti di combinazione previsti dal modello di Dalton:

Che in grandissimo numero di casi le sostanze si combinino in proporzioni definite, questa è una verità. Ma ciò non prova la esistenza degli atomi, perché in un altro gran numero di casi seguono combinazioni in proporzioni indefinite, come sono le dissoluzioni, le leghe, ec. Per aggiustare le ipotesi si negò a queste il nome di vere combinazioni chimiche, benché seguano le medesime leggi; quasiché una differenza di parole bastasse a cangiare la natura delle cose. Ma fu anche trovato che la regola delle proporzioni definite non ha luogo in alcuni di quei casi dove non si può assolutamente negare alle combinazioni il nome di chimiche. E che dunque? Posto che la teoria degli atomi non può sussistere senza la generalità delle proporzioni chimiche nelle combinazioni, e posto che questa generalità non è vera; conseguenza logica è, che la teoria sia falsa, ossia che gli atomi non esistano. Ma sono tanto comodi per la immaginazione, e sono tanto consacrati da opinioni autorevoli, che si rinuncia più tosto alle regole logiche. Nulla poi si bada agli assurdi che racchiudono in sé stesse le idee degli atomi.<sup>47</sup>

Un esempio del suo modo di ragionare possiamo ricavarlo dalle sue osservazioni circa la composizione dell'aria in relazione ad una recente serie di misure riportate in letteratura:<sup>48</sup>

Tutte queste esperienze, [...] danno per risultato certo la uniformità di composizione dell'aria a varie altezze: ora resta da vedere le conseguenze, a cui fanno scorta alcune giuste osservazioni dell'autore. Egli rimarca, che non corrisponde ad alcuna proporzione atomica semplice la composizione di 20,915 in volume d'ossigeno con 79,085 in volume d'azoto, e né meno prendendo le altre suddette vicine proporzioni di Gay-Lussac. Quella composizione non è conciliabile né pure con la ragion semplice dei volumi. Si diceva anche prima, che l'aria è composta di quattro volumi di azoto e di uno d'ossigeno circa; ma questo circa è appunto quello ch'esclude l'applicazione della legge.

Per salvare la teoria atomica (giacché un fatto solo di composizione che le sia contrario basta a distruggerla) negasi all'aria il carattere di combinazione chimica, e si sostituisce il titolo di miscuglio. Se dunque l'aria non si potrà qualificare una semplice mescolanza, non si potrà far grazia alla teoria, e dovrà perire.

Se l'atmosfera fosse un semplice miscuglio, in primo luogo non vi sarebbe costanza nella proporzione dei due gas. In secondo luogo, un miscuglio senza unione fra le parti di un gas e quelle dell'altro [...] impoterebbe che l'ossigeno, come specificamente più

<sup>46</sup> A. FUSINIERI, *Memorie sperimentali di meccanica molecolare e di un forza repulsiva novamente scoperta nella materia attenuata*, Padova, Sica 1844, pp. 182-183.

<sup>47</sup> Id., *Memorie sopra la luce, il calorico, la elettricità, il magnetismo, l'elettro-magnetismo ed altri oggetti*, Padova, Sica 1846, p. 86, nella serie di interventi raccolti sotto il titolo *Articoli sopra la teoria degli atomi*, pp. 85-104.

<sup>48</sup> Fusinieri si riferisce in particolare alla memoria di C. BRUNNER, *Nouvelles expériences endométriques*, in «Bibliothèque Universelle des Sciences, Belles Lettres et Arts», 1834, 55, pp. 200-218.

grave, e libero dall'azione su lui dell'altro gas, si trovasse gradatamente in maggior copia nelle parti più basse dell'atmosfera.

[...]

Mentre dunque gli atomisti fanno tanti sforzi nei gabinetti, co' i loro minimi saggi su le sostanze, e con le loro meditazioni, per confermare quell'opera della fantasia, l'atmosfera stessa che circonda il globo, e che ci conserva in ogni istante la vita, presenta una immensa confutazione della loro dottrina, ed anche della generalità della ragion semplice dei volumi.<sup>49</sup>

La lunga citazione si giustifica in quanto essa richiama una delle obiezioni che costrinsero Dalton a postulare, nella seconda fase delle sue elaborazioni, un modello di atomo provvisto dell'atmosfera di calorico. Tale atmosfera, maggiore negli atomi più pesanti, ne aumenta a tal punto il volume da renderne la gravità specifica equivalente a quella degli atomi più leggeri e più piccoli: ciò consente di considerare la composizione costante dell'aria non come risultato di una combinazione chimica, bensì come conseguenza dell'uguale densità degli atomi legittimando quindi l'idea dell'aria come miscuglio.<sup>50</sup> Se però, come Fusinieri, non si accetta la concezione di calorico come fluido imponderabile tutta la costruzione cade.

Bizio aderì fin dall'inizio alle teorizzazioni del suo conterraneo come testimonia le sue lettere, ed alcune pubblicazioni nelle quali si limitava a riproporle. Negli anni '40 iniziano i suoi contributi in forma autonoma; in essi egli si assunse il compito di spiegare i fenomeni chimici mediante questa teoria e raccolse dieci anni dopo i suoi studi in un voluminoso lavoro, *Dinamica Chimica*, che rappresenta senza dubbio uno dei più importanti sforzi teorici prodotti in Italia prima del *Santo* di Cannizzaro.<sup>51</sup> Tra tutti i chimici del Veneto egli è l'unico a cimentarsi con questo ordine di problemi.

Il rapporto tra Bizio e Fusinieri si deteriorò rapidamente — anche a livello personale — allorché il farmacista veneziano presentò le sue teorizzazioni all'Istituto Veneto, di cui anche Fusinieri faceva parte. Ciò peraltro avvenne su iniziativa di quest'ultimo, per i consueti motivi di priorità e di gelosia intellettuali in quanto Bizio tendeva a confinare il ruolo di Fusinieri alla scoperta dei fenomeni «comprovanti nella materia una forza per innanzi sconosciuta», più che ad assegnargli una primazia dottrinale che non doveva invece essergli negata.

In più punti però si deve rilevare l'originalità dello sforzo di Bizio nel proporre la sua teoria della forza repulsiva in forma compatibile sia con le esigenze pratiche e dottrinali dei suoi colleghi nella disciplina sia come chiave di

<sup>49</sup> *Ibidem*, p. 89.

<sup>50</sup> Su tale questione vedi l'analisi di W.L. SCOTT, *The conflict between atomism and conservation theory 1644-1860*, MacDonald, London - Elsevier, New York, s.d., ma 1970, cap. IX, pp. 185-211, in particolare pp. 197-198.

<sup>51</sup> B. BIZIO, *Dinamica chimica*, voll. 2, Venezia, Narantovich 1850-1852.

interpretazione dei nuovi fenomeni e scoperte che le riviste dell'epoca continuamente riportavano.

Là dove Fusinieri parlando di molecole attribuiva loro il significato etimologico di piccole masse, talvolta visibili con l'ausilio di lenti, di dimensione assai variabili e indeterminate, prive di connotati fisico-chimici intrinseci, Bizio ne delimita i confini in rapporto ad un brusco cambiamento di proprietà ben definito all'interno della sua concezione «dinamica» e con un successivo ragionamento propone una interpretazione dei rapporti di combinazione accettabile da coloro che hanno a che fare quotidianamente con tale «fatto inconcusso».

La molecola adunque non è altra cosa, che una minuta massa materiale sempre di grandezza definita in ogni corpo speciale, perché interamente subordinata e, per così dire, originata dalla quantità invariabile di forza repulsiva spettante al corpo.<sup>52</sup>

La molecola non è quindi identificata in base a caratteristiche di composizione, ma dal limite di suddivisione oltre il quale inizia a manifestarsi la forza repulsiva. La molecola spettante ad un corpo semplice, per esempio, è una minuta sfera formata di un numero indefinito di minutissime particelle, dotate della proprietà di passare allo «stato elastico», cioè di espandersi illimitatamente sino a che la presenza di altri materiali lo permette. In caso contrario l'espansione continua, come per Fusinieri, e si hanno i fenomeni termici, elettrici, luminosi.

Quando una molecola in espansione sotto l'azione della forza repulsiva incontra un ostacolo

fa mestieri che nell'atto in che si riflette colla velocità primitiva, dia in altra che si muova in contrario e con eguale velocità; allora le due molecole urtando si schiacceranno, i centri attrattivi di ciascuna di esse si accosteranno ed, estinguendosi il moto, la coesione ripiglierà il suo esercizio, perchè allora la forza attrattiva vantaggia la repulsiva, e si produce una minutissima massa solida, che avendo la dimensione doppia di quella di una unica molecola, manca della condizione necessaria per ricondursi allo stato elastico, e conseguentemente deve rimanere in condizione solida.<sup>53</sup>

Il succedersi di questi eventi permette di fondare su una base nuova il concetto di proporzione fissa nei composti. La stabilità delle comuni sostanze dipende dal fatto che le

molecole elastiche eterogenee [...] urtano insieme e producono le molecole composte e quindi i corpi composti. Ora siccome le molecole di ogni singolo corpo, [...] devono consistere in una quantità determinata e invariabile di materia cioè tanta sempre che in quella esigua massa, secondo la speciale forza repulsiva di quel dato corpo, la materia medesima non valga più a tenersi in condizione solida, ma debba anzi assumere incontante la forma elastica, veggiamo subito in questa particolarità la ragione fondamentale

<sup>52</sup> *Ibidem*, p. 35.

<sup>53</sup> B. BIZIO, *Intorno alle molecole de' corpi ed alle loro affinità dipendenti dalla forza repulsiva insita alle medesime*. *Ricerche*, in «Memorie dell'I.R. Istituto Veneto di Scienze Lettere ed Arti», 1843, I, pp. 295-411.

delle proporzioni chimiche definite; e ciò senza avere d'uopo di ammettere ne' corpi quelle particelle assolutamente dure e indivisibili, che *atomi* da' fisici si appellarono.<sup>54</sup>

Poiché dunque ogni sostanza possiede una sua speciale forza repulsiva, quando l'addensamento delle molecole, indotto dal mezzo esterno, raggiunge il limite oltre il quale essa non può più svilupparsi, si consegue una dimensione delle particelle caratteristica di ogni sostanza, stabile e nelle proporzioni che ne hanno permesso la formazione, proporzioni che debbono essere costanti in quanto espressione della costanza della forza repulsiva per un dato composto.

Una conseguenza di queste teorizzazioni (in particolare la negazione del concetto stesso di atomo) sta nel rendere poco significativi gli studi sui pesi atomici, le ricerche sull'isomeria, le scoperte di Dulong e Petit sul calore atomico, le misure di densità gassose, l'analisi elementare delle sostanze organiche. Tutti gli studi che condussero alla formulazione del concetto di struttura molecolare e di valenza, la controversia atomi/equivalenti rivestono scarso o nullo interesse.

Queste osservazioni ci permettono di qualificare, in modo più accurato che nel passato, gli studi di Bizio, studi, si badi, non isolati in campo italiano ed europeo come, considerandone la scarsa eco, si potrebbe oggi pensare.

Una delle carenze più gravi imputate alla chimica italiana della prima metà dell'800 è l'assenza di analisi elementari. Guareschi osservava che uno strumento di ricerca così potente era in Italia pressoché sconosciuto. Ciò costituiva, a suo avviso, una testimonianza della modesta levatura dei chimici del primo ottocento.<sup>55</sup> Ma, alla luce di quanto esposto, almeno per quanto attiene alla comunità scientifica veneta, la situazione richiede una lettura diversa: mentre erano effettivamente note le tecniche, le problematiche e i risultati connessi alle analisi elementari, a tali conoscenze non si accompagnava quella consapevolezza della loro valore euristico che in altre aree culturali era già stata raggiunta. Il ritardo deplorato dallo storico era dovuto dunque a posizioni dottrinali che precludevano tutto un indirizzo di studi, non allo scarso valore dei chimici o alla loro incapacità di seguire il dibattito scientifico internazionale.

La ricognizione della situazione nell'area studiata non è conclusa ed è quindi prematuro trarre conclusioni generali e definitive. Si può dire tuttavia che tra gli studiosi della regione l'influenza francese, indipendentemente dalla situazione politica, è sicuramente forte, ma parziale. Bizio e Fusinieri sono sensibili alle elaborazioni di Berthollet, autore, si ricordi, che non riconobbe carattere fondativo alle leggi di composizione e che pose al centro dei suoi interessi lo

<sup>54</sup> *Ibidem*, pp. 527-528.

<sup>55</sup> L. GUARESCHI, *Supplemento annuale alla Enciclopedia di chimica*, Torino, U.T.E.T. 1912, p. 469.



PAOLO MIRONE (\*)

## La teoria energetica di Ostwald (\*\*)

### The Energetic Theory of Ostwald.

**Summary** - In 1895 Ostwald pushed his criticism of the mechanical theories of physics and chemistry to its extreme consequences. Thus he denied the very existence of matter (better, he regarded it as an unverifiable hypothesis) and ascribed the role of basic physical entity to energy.

Ostwald's energetic theory is examined with regard to the statement of its fundamental laws and to the attempt to apply energetics in the explanation of chemical phenomena such as isomerism. Finally the criticisms raised by Planck against energetics are considered, especially as regards the concept of volume energy and the reduction of the second law of thermodynamics to a special case of the second basic law of energetics with the consequence, among other things, of overlooking a main feature of thermodynamics such as irreversibility.

... L'insipienza de' grandi talenti è infinitamente più istruttiva che la sapienza dei piccoli. La prima scioglie le ali allo spirito, e gli insegna ad alzarsi; la seconda glielo mozza, e il manda per terra.

VINCENZO MONTI, *Dell'obbligo di onorare i primi scopritori del vero in fatto di scienze* (1803).

Il rifiuto dell'atomismo da parte di Ostwald [1] rappresentò l'esito più radicale della sua *teoria energetica* (energetische Weltanschauung), enunciata in vari scritti e conferenze a partire dal 1891. Ostwald prese le mosse da una critica dei modelli meccanici in voga nella scienza del secolo scorso, per giungere a una concezione che affermava il ruolo primario dell'energia, formulare le leggi che governano le trasformazioni fra le varie forme di energia, e infine negare ogni realtà al concetto di materia.

(\*) Dipartimento di Chimica dell'Università di Modena.

(\*\*) Relazione presentata al V Convegno Nazionale di «Storia e Fondamenti della Chimica» (Perugia, 27-30 ottobre 1993).

*La critica dei modelli meccanici.*

Nel giugno del 1891 Ostwald presenta alla Reale Società Sassone delle Scienze la prima di due memorie intitolate *Studi sull'energetica* (pubblicate poi anche sulla *Zeitschrift fuer physikalische Chemie*). Essa si apre con la constatazione che il programma di ricerca tendente a «ridurre alla meccanica» tutta la fisica e la chimica, malgrado la sua generale accettazione e gli sforzi di numerosi e importanti scienziati, non ha ottenuto alcun significativo successo. In particolare:

(...) i tentativi di rappresentare meccanicamente i fenomeni termici mediante l'ipotesi cinetica hanno avuto un successo talmente modesto che, tra l'altro, non si è neppure riusciti a trovare un'interpretazione meccanica del concetto di temperatura che sia esente da obiezioni [2].

Questo accenno viene sviluppato nella ben nota conferenza su *Il superamento del materialismo scientifico* che Ostwald tenne nel 1895 al congresso di Lubeca dei naturalisti e medici tedeschi:

La conferma (...) che tutti i fenomeni non meccanici, come quelli del calore, della radiazione, dell'elettricità, del magnetismo, della chimica, siano in realtà di natura meccanica, non è stata ottenuta in nessun caso. È vero che per numerosi fenomeni singoli si è riusciti (...) a trovare dei modelli meccanici; ma quando si è tentato di rappresentare mediante uno di tali modelli la totalità dei fatti conosciuti in un certo campo, è sempre risultato che in qualche punto esisteva un'insanabile contraddizione fra l'andamento reale dei fenomeni e ciò che si poteva prevedere in base al modello meccanico (...) la sola cosa che si può dire con tutta sicurezza di tali modelli o analogie meccaniche (...) è che in ogni caso essi presto o tardi andranno in frantumi [3].

Nella stessa occasione Ostwald riprende l'obiezione di Loschmidt circa l'incompatibilità fra reversibilità delle equazioni della meccanica e irreversibilità dei processi naturali:

In tutte le equazioni meccaniche il segno della variabile tempo può cambiare; in altri termini i fenomeni della meccanica razionale possono procedere in un senso o nell'altro. Nel suo mondo non c'è passato e avvenire come nel nostro (...). Il fatto che i fenomeni naturali non siano reversibili dimostra l'esistenza di processi non rappresentabili con equazioni meccaniche e condanna senza appello il materialismo scientifico [4].

Ma la critica di Ostwald non si arresta ai modelli cinetici: anche l'idea della inalterabilità degli elementi viene presa di mira, come mostra il seguente passo: (...) la legge fisica della conservazione della massa è degenerata nell'assioma metafisico della conservazione della materia (...). Questo modo di vedere ci costringe ad ammettere che, per esempio, nell'ossido di ferro esistono ancora il ferro e l'ossigeno, sebbene tutte le loro proprietà sensibili siano scomparse (...). Oggi siamo talmente abituati a tale idea che ci riesce difficile avvertire la sua stranezza, anzi la sua assurdità [5].

Qui sembra che Ostwald, probabilmente per comodità di polemica, attribuisca implicitamente ai suoi avversari l'idea daltoniana degli atomi come parti-

celle prive di struttura. È vero che l'elettrone sarà scoperto solo nel 1897, due anni dopo la conferenza di Lubecca, ma è difficile pensare che nell'ultimo decennio del secolo scorso i chimici e i fisici non sospettassero già che l'atomo avesse una struttura complessa.

### *Energia e materia.*

La critica dei modelli meccanici è la premessa di un'analisi comparativa dell'importanza e della validità dei concetti di materia e di energia. In primo luogo Ostwald osserva che, «a parte le categorie generali dello spazio e del tempo, l'energia è l'unica grandezza comune a tutte le discipline scientifiche» [6], anzi «a tutti i tipi di fenomeni» [7]. E soggiunge:

[Le nostre sensazioni] hanno un unico carattere comune: *gli organi di senso reagiscono a differenze di energia fra essi e l'ambiente circostante* (...) Se tutto ciò che noi apprendiamo del mondo esterno si riduce a delle relazioni energetiche, che motivo abbiamo per supporre che ci sia qualche cosa di cui non abbiamo mai potuto percepire alcunché? [8].

Secondo Ostwald, «l'idea di massa si è ampliata all'idea di materia, cioè di massa dotata di volume, peso e proprietà chimiche. (...) Che cosa troviamo in realtà nell'idea di materia? In primo luogo la massa, cioè la capacità per l'energia cinetica; poi l'impenetrabilità o energia di volume, il peso o (...) energia di posizione, e infine le proprietà chimiche o energia chimica» [9].

Vedremo più avanti come l'energia di volume, che «entra in gioco in ogni punto e in ogni direzione in cui si rende possibile una variazione di volume» [10], rappresenti uno dei punti deboli dell'energetica.

Queste considerazioni portano Ostwald a concludere:

La materia non è altro che un gruppo di differenti energie ordinate insieme nello spazio, e tutto ciò che noi vogliamo affermare di essa, lo affermiamo soltanto di queste energie [9].

Conclusione che egli riprende in uno scritto del 1907 intitolato *Sull'energetica moderna* [10], arricchendola con tutti gli artifici della retorica:

Ecco il punto essenziale dell'Energetica moderna. Si tratta (...) di riconoscere all'Energia una *realità* o *obiettività* che la renda degna, malgrado la sua imponderabilità, di stare onorevolmente accanto all'antica Materia. In secondo luogo bisogna sottoporre a un esame più attento l'affermazione (...) che Materia ed Energia sono separate da un diaframma stagno. Come avevamo previsto, il risultato rovescia completamente l'ordine dei termini. L'Energia si afferma sempre più come una realtà, mentre i diritti della Materia si dissolvono ed essa conserva ormai soltanto quelli che le attribuisce la tradizione. Non solo essa deve subire la vicinanza dell'Energia, come si vede nei moderni trattati di scienze della natura scritti con spirito progressivo, ma deve cederle spazio senza condizioni e come una regina decaduta ritirarsi e attendere la sua graduale estinzione circondata da una corte di cultori del passato [11].

*Le leggi dell'energetica.*

Nella seconda memoria del 1982 [12] Ostwald enuncia i due principi dell'energetica generale e ne illustra la portata e le applicazioni.

Il primo principio non è altro che la legge di conservazione dell'energia, enunciata per la prima volta da Mayer nel 1842. Il secondo principio risponde alla domanda se una data trasformazione energetica avrà luogo o meno, intendendo per trasformazione sia il passaggio di una data forma di energia (per esempio calore) da un corpo a un altro, sia la conversione di una data forma di energia in un'altra forma (per esempio calore in energia meccanica) [13].

Per giungere alla formulazione più generale del secondo principio, Ostwald distingue nell'espressione di ogni forma di energia un fattore di capacità (oggi diremmo estensivo) e un fattore di intensità: per l'energia cinetica i due fattori sono rispettivamente la massa e il quadrato della velocità, per l'energia gravitazionale il peso e l'altezza, per l'energia di volume il volume e la pressione; per l'energia termica il fattore d'intensità è ovviamente rappresentato dalla temperatura, mentre il fattore di capacità «è chiamato capacità termica nei casi in cui il trasferimento di energia è accompagnato da una variazione di temperatura; se ciò non avviene, si usa il termine entropia» [14].

Ciò posto Ostwald, attraverso una generalizzazione del principio dei lavori virtuali, giunge all'enunciato: «*Si ha equilibrio fra due forme di energia quando l'intensità dell'una è uguale e opposta all'intensità ridotta dell'altra*». Per intensità ridotta si intende l'intensità moltiplicata per il «fattore di macchina»; quest'ultimo non è altro che il rapporto fra i fattori di capacità delle due forme di energia, e Ostwald afferma che il suo valore è indipendente dal primo principio [15]. Ovviamente, quando entra in gioco una sola forma di energia la condizione di equilibrio richiede che la sua intensità abbia lo stesso valore in ogni punto del sistema.

Per mostrare l'applicazione di questo principio, Ostwald ricava le equazioni che esprimono la dipendenza dalla temperatura della pressione di un vapore saturo (equazione di Clapeyron) e del potenziale di un elemento galvanico (equazione di Gibbs-Helmholtz) [16].

In termini divulgativi Ostwald presenta così la seconda legge dell'energetica:

Poiché ogni fenomeno può essere considerato come dovuto a una trasformazione dell'energia, l'esistenza di intensità differenti è la condizione generale di possibilità per qualsiasi fenomeno. Se tale condizione è soddisfatta, il tasso di trasformazione dell'energia è proporzionale alla differenza delle intensità, e dipende inoltre dalle energie presenti e dai loro fattori. L'insieme di queste relazioni è contenuto nel secondo principio dell'Energetica, la cui parte termodinamica fu scoperta da Sadi Carnot nel 1827 [17].

Dunque il secondo principio della termodinamica rappresenta per Ostwald solo un caso particolare del più generale secondo principio dell'energetica; infatti:

La formula di Clausius  $\int dQ/t \geq 0$  ha avuto finora applicazioni scientifiche soltanto nel caso limite in cui vale il segno di uguaglianza, (...) e si è mostrato sopra con alcuni esempi che le relazioni dedotte fino ad ora mediante la considerazione di processi ciclici reversibili o l'applicazione della condizione di minimo o di massimo del potenziale termodinamico o la funzione entropia, si ricavano nella stessa forma dalla semplice condizione di equilibrio per le energie in gioco (...) [18].

### *L'energetica di fronte all'isomeria.*

Da quanto precede risulta chiaro come l'energetica non fosse pura «filosofia naturale», cioè non si muovesse soltanto sul piano dell'interpretazione dei concetti e delle teorie scientifiche, ma si proponesse come un nuovo paradigma scientifico, capace di far avanzare la ricerca liberando il terreno da concetti ritenuti puramente ipotetici quali l'atomo e la stessa materia.

Ciò emerge ancora più chiaramente dalla proposta di spiegare l'isomeria in termini energetici, avanzata da Ostwald nel 1908:

L'esistenza delle sostanze isomere ci mostra che [la composizione] non è la sola variabile che entri in gioco. Dobbiamo trovare un'altra variabile determinante, che non sia ipotetica (come la struttura molecolare) e che possa essere misurata. Troviamo tale variabile nell'energia interna. Nelle medesime condizioni, le sostanze isomere possiedono sempre quantità di energia differenti; è questo che le caratterizza (...) [19].

In realtà, nel caso dell'isomeria ottica i due isomeri (chiamati *enantiomeri* o *antipodi ottici*) hanno rigorosamente la stessa energia, almeno finché si trovano in un ambiente achirale; infatti, a parte l'effetto sulla luce polarizzata, le loro proprietà fisiche sono identiche.

Può apparire strano che Ostwald abbia voluto attaccare la teoria strutturale proprio sul terreno dove questa aveva ottenuto i suoi maggiori trionfi, cioè l'interpretazione dei vari tipi di isomeria. Ancora più strano se si ricorda che ancora nel 1894, recensendo la seconda edizione tedesca di *La chimie dans l'espace* di van't Hoff, egli si esprimeva in questi termini:

La prefazione di Wislicenus mette in evidenza come la posizione riconosciuta all'opera e al suo autore sia profondamente mutata rispetto al tempo della prima pubblicazione. Per quanto riguarda l'idea fondamentale, [il prefatore] afferma con ragione che essa ha dimostrato la propria fondatezza come poche altre ipotesi scientifiche, in quanto ha completato la sistematica, ha dato impulso alla ricerca e ha suscitato un importante movimento scientifico [20].

Ma nel frattempo era intervenuto un fatto nuovo: nel 1896 Walden aveva mostrato che attraverso due successive reazioni era possibile trasformare una sostanza con un atomo di carbonio asimmetrico nel suo enantiomero (inversione di Walden). La scoperta di questo fenomeno, che doveva restare inspiegato per quasi quarant'anni, aveva in un certo senso messo in crisi la stereochimica: lo

stesso Walden racconta che, avendone parlato a van't Hoff, questi ammise senz'altro l'insufficienza del modello tetraedrico e chiuse la conversazione col suggerimento: «Proponga Lei qualche cosa di nuovo!» [21].

### *Le critiche di Planck all'energetica.*

Le principali critiche all'energetica vennero formulate da Planck, prima in un articolo del 1896 [22] e poi nelle sue *Lezioni di termodinamica* apparse nell'anno successivo [23]. Tali critiche sono riassunte e commentate in un ampio saggio di Giulio Giorello [24]. Planck tornò ancora sull'argomento nella sua autobiografia scientifica, a testimonianza del significato che questa polemica, pur mantenuta da entrambe le parti nei limiti della più grande correttezza, doveva aver avuto nella sua vita.

Due sono i punti dell'energetica oggetto delle critiche di Planck. Il primo è il concetto di energia di volume, che ha un ruolo essenziale nel rendere conto di un attributo, l'impenetrabilità dei corpi, fino allora sempre strettamente associato all'idea di materia. Secondo Ostwald, quando un corpo si espande da un volume  $v'$  a un volume  $v''$ , la sua energia di volume subisce una diminuzione pari a  $\int_{v'}^{v''} p dv$ , dove  $p$  è la pressione. Ma Planck ha buon gioco nell'osservare che il valore di questo integrale non dipende soltanto dagli stati iniziale e finale del corpo, cioè dagli estremi della trasformazione, ma anche dal cammino percorso, cioè dalle modalità intermedie della trasformazione. Ciò significa che l'energia di volume non è univocamente determinata dallo stato chimico e fisico del sistema, in altri termini non è una funzione di stato; in mancanza di tale proprietà, «il principio di conservazione dell'energia perderebbe completamente la sua importanza». Ne consegue inevitabilmente che l'energia di volume è «un assurdo matematico», cioè una grandezza «che in realtà non esiste» [25].

La seconda, e ancor più radicale, critica di Planck all'energetica riguarda la riduzione del secondo principio della termodinamica a caso particolare del secondo principio dell'energetica:

(...) l'energetica è stata responsabile del mascheramento della sostanziale differenza fra processi reversibili e irreversibili, alla cui elaborazione e ulteriore approfondimento è legato a mio avviso ogni progresso della termodinamica e della teoria dell'affinità [chimica] [22].

Il secondo principio [della termodinamica] non riguarda il concetto di energia, e non può in nessun modo esaurirsi nello scomporre ogni processo naturale in una serie di trasformazioni dell'energia e nel determinare poi la direzione di ogni singola trasformazione [come fa l'energetica]. Si può certo, in ogni caso particolare, dare un nome alle diverse forme di energia che si trasformano l'una nell'altra, poiché il principio [di conservazione] dell'energia deve sempre essere rispettato. Ma resta sempre una certa arbitrarietà nel modo in cui si esprimono le condizioni delle varie trasformazioni, arbitrarietà che non può essere rimossa univocamente mediante un criterio generale [26].

Il punto essenziale a cui si riconduceva il contrasto fra Planck e i sostenitori dell'energetica è esemplificato dalla validità o meno dell'analogia fra la caduta di un grave e il passaggio di calore da un corpo più caldo a uno meno caldo. Tornando sulla polemica nella sua autobiografia scientifica, Planck scrive:

Il secondo principio [dell'energetica], che ritiene di indicare la direzione di tutti i processi, postula una perfetta analogia fra il passaggio di calore da una temperatura più alta a una più bassa e lo spostamento di un corpo da una posizione più elevata a una inferiore. Come conseguenza di questo modo di vedere, si aveva che l'ipotesi dell'irreversibilità, per dimostrare la seconda legge della termodinamica, era ritenuta inutile [27].

Ma Planck accompagna questa osservazione con una considerazione illuminante:

Io mettevò in rilievo la necessità di una distinzione netta fra questi due processi [passaggio di calore e caduta di un grave], che differivano tra loro sostanzialmente come il primo e il secondo principio della termodinamica. Tuttavia questa mia teoria era contraria alle opinioni generalmente accettate, e non riuscii a far capire ai miei colleghi fisici il mio punto di vista. In realtà, molti fisici ritenevano i ragionamenti di Clausius inutilmente complicati e perfino confusi; essi rifiutavano in particolare di ammettere il concetto di irreversibilità, e quindi di attribuire al calore una posizione speciale tra le forme di energia [27].

Alla luce di questa considerazione, si può concludere che un giudizio obiettivo sull'energetica di Ostwald non può non tener conto di un contesto storico di faticosa ricezione da parte della comunità scientifica, a quasi mezzo secolo dalla sua prima enunciazione, del secondo principio della termodinamica o quanto meno di alcuni suoi aspetti essenziali.

BIBLIOGRAFIA E NOTE

- [1] P. MIRONI, *Atti del 4° Convegno di Storia e Fondamenti della Chimica* (Venezia 1991), «Rend. Acc. Naz. delle Scienze detta dei XL», V, 16 (1992), 313.
- [2] W. OSTWALD, «Z. physik. Chem.», 9 (1892), 563-578.
- [3] W. OSTWALD, «Z. physik. Chem.», 18 (1895), 305-320 (il passo citato è a p. 310). Traduzione francese (con qualche taglio) in «Revue générale des sciences», 6 (1895), 953-958, sotto il titolo *La dérouté de l'atomisme contemporain*.
- [4] *Ibidem*, p. 312. Dalle ultime parole risulta evidente che per Ostwald il termine *materialismo* è sinonimo di meccanicismo.
- [5] *Ibidem*, p. 308.
- [6] Rif. 2, p. 566.
- [7] Rif. 3, p. 319.
- [8] *Ibidem*, p. 315.
- [9] *Ibidem*, p. 316.
- [10] W. OSTWALD, «Scientia», 1 (1907), 16-43 (in tedesco). Traduzione francese, riveduta dall'Autore, in appendice a: W. OSTWALD, *L'évolution d'une science: la chimie*, Flammarion, Paris 1910, pp. 305-349 (il passo citato è a p. 312).
- [11] Negli anni intorno al 1900 Ostwald non era il solo a negare o a mettere in dubbio l'esistenza della materia: l'ultimo capitolo del libro *La science et l'hypothèse* di H. POINCARÉ (Flammarion, Paris 1902) è intitolato *La fin de la matière*. L'argomentazione di Poincaré si basa sul fatto che la dipendenza dalla velocità della massa dell'elettrone poteva essere spiegata allora (in epoca pre-relativistica) solo ammettendo che tale massa fosse dovuta unicamente all'inerzia elettromagnetica dell'elettrone. La questione rimaneva però aperta per le particelle diverse dall'elettrone (raggi  $\alpha$ , raggi canale); perciò è abbastanza sorprendente che Poincaré non abbia sentito il bisogno di aggiungere un punto interrogativo al titolo del capitolo.
- [12] W. OSTWALD, «Z. physik. Chem.», 10 (1892), 363-386.
- [13] *Ibidem*, p. 367.
- [14] *Ibidem*, pp. 369-370.
- [15] *Ibidem*, pp. 378-380. Quando parla di intensità opposte, Ostwald si riferisce in realtà alle variazioni virtuali delle intensità.
- [16] *Ibidem*, p. 382.
- [17] Rif. 10, p. 340 della versione francese.
- [18] Rif. 12, p. 386.
- [19] W. OSTWALD, *L'évolution d'une science: la chimie*, Flammarion, Paris 1910, p. 152 (edizione originale tedesca: *Der Werdegang einer Wissenschaft*, Leipzig 1908).
- [20] W. OSTWALD, «Z. phys. Chem.», 15 (1894), 144. Contrariamente a quanto afferma J.I. Solov'ev (*L'evoluzione del pensiero chimico*, Mondadori EST, Milano 1976, nota a p. 257), nel 1894 Ostwald non aveva ancora preso posizione contro la teoria atomica.
- [21] P. WALDEN, «Berichte», 1932 A, 101-141 (il passo citato è a p. 125).
- [22] M. PLANCK, «Wied. Ann.», 57 (1896), 72-78.
- [23] M. PLANCK, *Vorlesungen ueber Thermodynamik*, Veit und Comp., Leipzig 1897.
- [24] G. GIROELLO, *Le «ipotesi del ditondine» nell'opera di Max Planck: casi molecolare e radiazione naturale*, «Quaderni di storia e critica della scienza», Nuova serie, 2 (1972), 239-342.

- [25] Rif. 22. A p. 381 della memoria citata in 12, Ostwald considera l'espansione isoterma di un gas perfetto e calcola la diminuzione dell'energia di volume, che risulta pari a  $RT \ln(v/v_0)$ , dove  $v_0$  e  $v$  sono i volumi iniziali e finale del gas.  $T$  è la temperatura assoluta,  $R$  è la costante dei gas perfetti. Poiché l'energia totale (o interna) di un gas perfetto non varia in una trasformazione isoterma, secondo Ostwald l'energia termica deve aumentare di una quantità pari alla diminuzione dell'energia di volume. Se questo fosse vero ne conseguirebbe, come risulta anche da una delle formule ricavate da Ostwald, che il calore specifico a volume costante di un gas perfetto dovrebbe dipendere dal volume, conclusione contraddetta dall'esperienza.
- [26] Rif. 23, p. 73. Cfr. M. PLANCK, *Treatise on Thermodynamics*, Dover, New York 1945, nota \* p. 86.
- [27] M. PLANCK, *Autobiografia scientifica e ultimi saggi*, Edizioni Scientifiche Einaudi, Torino 1956, p. 20.

*Scientific and Historical Conception of the Degree of the Order of Spontaneous Condensation.*

Abstract. In 1901 and in 1902 Ostwald's theory appeared before scientific society. It was a new theory, founded on the statistical theory, and it was intended to give a more complete and general picture of the phenomena of spontaneous condensation. The main hypothesis of Ostwald's theory was that the degree of the order of spontaneous condensation was not a function of the volume, but a function of the temperature. This hypothesis was confirmed by experimental data.

Since then, this question has been discussed and treated in many papers. The statistical theory developed by Planck and others has shown that the degree of the order of spontaneous condensation is a function of the volume, and not of the temperature.

The present paper is a historical and scientific study of the question of the degree of the order of spontaneous condensation. It is intended to give a more complete and general picture of the phenomena of spontaneous condensation. The main hypothesis of Ostwald's theory was that the degree of the order of spontaneous condensation was not a function of the volume, but a function of the temperature. This hypothesis was confirmed by experimental data.

1. The degree of the order of spontaneous condensation is a function of the volume, and not of the temperature.

2. The degree of the order of spontaneous condensation is a function of the temperature, and not of the volume.

3. The degree of the order of spontaneous condensation is a function of the volume and of the temperature.

4. The degree of the order of spontaneous condensation is a function of the volume, of the temperature, and of the pressure.

STELLA NUNZIANTE CESÀRO (\*) - EUGENIO TORRACCA (\*\*)

### Considerazioni di tipo chimico e fisico all'origine dell'idea di conformazione molecolare (\*\*\*)

#### Chemical and Physical Conceptions at the Origins of the Idea of Molecule Conformation.

**Summary** - At the end of the 1880's different papers appeared where reference was made to spatial models founded on the tetrahedral carbon atom to give account of some aspects of the reactivity of several organic compounds. The most significative features of these models were free rotation about C-C axis, attractive forces between non bonded atoms caused by chemical affinities, and a balance between thermal movements and attractive forces.

Soon after 1921 structural data of organic compounds were obtained by means of X-ray diffraction. These data confirmed the geometrical features assigned by chemists to the molecules and showed that when long-chain molecules were concerned different conformations occurred in relation to the interactions in the solid state.

Alla fine del 1936, sul *Journal of Chemical Physics*, venne pubblicata una breve nota di Kenneth S. Pitzer e J.D. Kemp<sup>1</sup> nella quale si dimostrava che i due gruppi metile dell'etano non erano completamente liberi di ruotare l'uno rispetto all'altro. Solamente assumendo una barriera di energia per la rotazione di 3150 calorie, si poteva calcolare un valore dell'entropia assoluta in accordo con quello sperimentale. L'idea di una libera rotazione attorno al legame C-C era stata una diretta conseguenza della concezione spaziale delle molecole di van't Hoff, secondo la quale ai diversi legami che l'atomo di C poteva fare —

(\*) Dipartimento di Chimica, Università degli Studi di Roma «La Sapienza».

(\*\*) Dipartimento di Discipline Scientifiche: Chimica e Informatica, Terza Università degli Studi di Roma.

(\*\*\*) Relazione presentata al V Convegno Nazionale di «Storia e Fondamenti della Chimica» (Perugia, 27-30 ottobre 1993).

<sup>1</sup> KEMP J.D., PITZER KENNETH S., *Hindered Rotation of the Methyl Groups in Ethane*, *J. Chem. Phys.*, 4, 749 (1936).

semplice, doppio e triplo — corrispondevano due tetraedri uniti rispettivamente per un vertice, uno spigolo, una faccia.<sup>2</sup> La caratterizzazione su una base energetica di questo postulato della stereochemica classica fu il risultato convergente di dati termodinamici, statistici e chimici nel lavoro di Kemp e Pitzer<sup>3</sup> e, più in generale, un punto significativo di un lungo processo di integrazione di dati di tipo chimico e fisico attorno all'idea di struttura molecolare.

#### *Rotazione attorno al legame semplice e interazioni tra atomi non legati.*

Già nel 1887, Wislicenus introdusse nel modello dei due tetraedri uniti per un vertice considerazioni riguardanti l'influenza che le interazioni tra i diversi gruppi legati ai due atomi di carbonio avevano sulla geometria complessiva della molecola.<sup>4</sup> Wislicenus considerava interazioni di tipo attrattivo tra i gruppi di tipo differente legati ai due atomi di carbonio, assumendo che gli atomi non legati esercitassero ancora un'influenza l'uno sull'altro, sulla base della loro affinità chimica. A sostegno di questa idea, Wislicenus citava le reazioni di dissociazione, le reazioni di isomerizzazione e il potere orientante di un gruppo sostituyente nei riguardi della posizione assunta dal successivo.

La forza che faceva assumere una determinata configurazione alla molecola era quindi quella dell'affinità chimica, anche se la situazione non era immutabile, ma poteva essere modificata per effetto di movimenti dovuti alla agitazione termica. Ad ogni temperatura, quindi, si aveva un numero più o meno grande di molecole che presentavano la configurazione più favorevole relativamente alle interazioni attrattive.

Di fatto l'obiettivo di Wislicenus era di rendere più ampio il campo di applicazione della teoria fondata sulla concezione dell'atomo di carbonio tetraedrico in modo da far divenire comprensibili comportamenti chimici non presi in considerazione nella versione di van't Hoff del 1874.

Vediamo, quale esempio, come Wislicenus utilizzava i modelli per spiegare il fatto che riscaldando acido malico a una temperatura non superiore a 150 °C si formasse acido fumarico, mentre a una temperatura intorno ai 200 °C si aveva

<sup>2</sup> HOFF J.H. VAN'T, *Sur les formules de structure dans l'espace*, «Arch. Neerl. Sci. Exact et Nat.», 9, 445-453 (1874).

<sup>3</sup> KEMP J.D., PITZER KENNETH S., *The Entropy of Ethane and the Third Law of Thermodynamics. Hindered Rotation of Methyl Groups*, «J. Am. Chem. Soc.», 59, 276-279 (1937).

<sup>4</sup> Vedi la traduzione della memoria di J. Wislicenus pubblicata su «Abhandl. der Kön. Sachs. Gesellsch. der Wissenschaften», 14, 1, Leipzig 1887 riportata in G.M. RICHARDSON, *The Foundations of Stereochemistry. Memoirs by Pasteur, Le Bel, and Wislicenus*, American Book Company 1901, con il titolo *The Space Arrangements of the Atoms in Organic Molecules and the Resulting Geometrical Isomerism in unsaturated Compounds* (pp. 61-132).

la conversione ad acido maleico. Le due possibili configurazioni dell'acido malico con il gruppo  $-OH$  affacciato a un atomo di idrogeno presentano i due gruppi  $-COOH$  affacciati ai due atomi di H (e, quindi, da parti opposte) o affacciati l'uno all'altro, come mostrato in Figura 1.

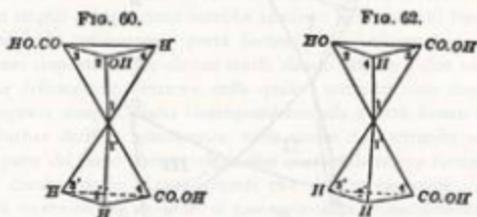


Fig. 1 - Le due possibili configurazioni dell'acido malico, dalle quali può essere eliminata  $H_2O$ , secondo Wislicenus.\* Quella con i due gruppi  $-COOH$  da parti opposte veniva considerata più stabile a causa della affinità tra H e  $COOH$ , maggiore di quella tra due gruppi uguali. Questo spiegava perché a bassa temperatura si otteneva acido fumarico, mentre a temperature più alte si formava acido maleico.

A causa della maggiore affinità di H per  $COOH$ , la prima era la più stabile e quindi prevaleva a temperature relativamente basse, mentre per avere quantità apprezzabili della seconda si doveva andare a temperature più alte. Così, a bassa temperatura, l'eliminazione di  $H_2O$  determinava la formazione dell'acido fumarico, mentre a temperature maggiori si poteva formare acido maleico che a sua volta si convertiva in anidride. Analogamente, la convertibilità dell'acido maleico in fumarico per azione di acidi alogenidrici veniva spiegata assumendo la formazione di un prodotto di addizione intermedio che, a causa della recuperata capacità di rotazione dei due tetraedri, assumeva la configurazione più favorevole con l'atomo di alogeno affacciato all'atomo di H e i due gruppi  $-COOH$  da parti opposte. L'eliminazione dell'acido alogenidrico da questa molecola portava quindi alla formazione di acido fumarico. Il fatto che nelle stesse condizioni il fumarico non si isomerizzasse appariva una conseguenza del fatto che la configurazione intermedia era quella dotata di minore stabilità.

Analogamente, alcune reazioni che implicavano la combinazione di gruppi apparentemente lontani sulla molecola, trovavano una loro giustificazione nella rotazione dei tetraedri connessi che portava in posizione molto ravvicinata i gruppi che interagivano chimicamente, come appare dalla Figura 2.

Esaminando queste estensioni della teoria di van't Hoff, appaiono in maniera inequivocabile alcuni aspetti che caratterizzano fin dal loro apparire

Fig. 180.

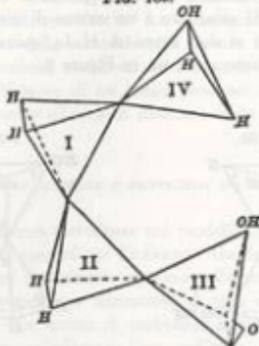


Fig. 2 - La rotazione dei tetraedri collegati per un vertice porta, secondo Wislicenus,<sup>4</sup> gruppi apparentemente lontani a poter interagire ed eventualmente formare catene chiuse.

quel tipo di considerazioni che avevano per oggetto lo studio della conformazione delle molecole. Il collegamento tra modo di reagire e forme molecolari, l'influenza della temperatura sulla distribuzione delle diverse forme molecolari e quindi sul modo di reagire delle sostanze. La stereochimica non veniva utilizzata solamente per chiarire problemi strutturali, ma anche la diversa reattività delle sostanze.

#### Le due forme del cicloesano secondo Sachse.

Analoghe considerazioni concernenti il modo di reagire delle sostanze sono alla base della proposta strutturale avanzata da Hermann Sachse per gli anelli a sei atomi di carbonio.<sup>5</sup> Sachse in questo lavoro confuta l'idea di Baeyer che i due isomeri dell'acido esaidromellitico o dell'acido esaidrotrefalico siano rappresentabili da un anello piano a sei atomi di carbonio con i due gruppi  $-\text{COOH}$  o dalla stessa parte (forma malenoide) o da parti opposte del piano (forma fumaroidale). L'argomento principale di Sachse riguardava l'applicabilità a questi composti dello schema di conversione delle molecole con doppio legame, in quanto il passaggio dall'una all'altra avveniva in condizioni molto blande. La

<sup>5</sup> SACHSE H., Ueber die geometrischen Isomeren der Hexamethylenester, «Ber.», 23, 1363-1370 (1890).

facile interconvertibilità delle due forme suggerì a Sachse l'idea che l'anello dell'esametilene non fosse rigido, ma che fosse possibile passare da una forma nella quale i due gruppi fossero dalla stessa parte a una nella quale fossero da parti opposte senza rottura di legami. D'altra parte, i vincoli posti dal tipo di formula non imponevano una geometria planare perché si potevano collegare i sei gruppi metilenici tra loro senza alterare la disposizione delle quattro valenze del carbonio dei singoli gruppi, come avrebbe richiesto la formula di Baeyer. L'analisi delle possibilità di collegamento porta Sachse a riconoscere che i sei tetraedri possono essere disposti in due diversi modi, dando origine a due configurazioni, quella da lui definita «simmetrica», nella quale i tetraedri sono disposti alternativamente sopra e sotto il piano (corrispondente alla nostra forma «a sedia») e quella da Sachse definita asimmetrica, nella quale due tetraedri sono disposti dalla stessa parte del piano formato dagli altri quattro (la nostra forma «a barca»).

Sachse discute anche i cambiamenti che si possono avere a causa della possibilità di rotazione dei tetraedri: il passaggio dalla forma simmetrica a quella asimmetrica e dalla simmetrica a quella, ancora simmetrica, ottenuta capovolgendo tutti i tetraedri, con conseguente inversione di tutte le posizioni degli atomi di idrogeno legati al carbonio. Queste modificazioni sono entrambe possibili superando una certa resistenza causata dall'allontanamento dei tetraedri dalla loro posizione di equilibrio. Mentre nel caso del cicloesano il passaggio da una forma simmetrica all'altra genera una configurazione indistinguibile dalla prima, nel caso dei derivati, anche monosostituiti, l'operazione di inversione dà luogo a due configurazioni diverse.

Nel caso dei derivati disostituiti, come nel caso dell'acido esaidrotetrefalico, Sachse dedusse, coerentemente con questo modello, che dovevano esistere tre differenti configurazioni, due corrispondenti ai due gruppi carbossilici entrambi nelle posizioni che oggi sono definite rispettivamente «assiale» ed «equatoriale» e un'altra con un gruppo in posizione assiale e l'altro in equatoriale. Le prime due erano riconducibili l'una all'altra mediante un movimento di rotazione dei tetraedri, l'altra non era ottenibile da alcuna di queste due.

Il fatto che il numero delle sostanze corrispondenti risultasse inferiore a quello delle configurazioni possibili veniva messo in relazione da Sachse con il fatto che, a seconda della entità della sostituzione e del tipo di sostituente, si aveva una diversa stabilità delle forme possibili e quindi il prevalere di una sola delle possibili configurazioni.

Anche nel lavoro di Sachse, come in quello di Wislicenus, si può individuare un punto di vista nel quale un comportamento chimico — in questo caso, il fatto che determinate reazioni di isomerizzazione avvengano in condizioni blande — viene fatto corrispondere a movimenti molecolari che consistono in rotazioni attorno al legame C-C piuttosto che alla rottura e riformazione di legami. Anche nel modello di Sachse si inserisce una valutazione della stabilità relativa delle possibili configurazioni a seconda del tipo di interazione tra atomi non legati.

Nel tracciare la successione degli eventi più significativi nei riguardi dello sviluppo dell'idea di conformazione molecolare, quasi tutti gli autori<sup>6,7</sup> seguono una linea, per così dire, chimica, rilevando come Mohr,<sup>8</sup> mediante un uso articolato di modelli fondati sull'ipotesi di Sachse abbia previsto due possibilità di unione di due anelli del cicloesano, confermate sul piano sperimentale da Hückel<sup>9</sup> che riuscì a sintetizzare la *cis*- e *trans*-decalina.

Senza sminuire l'importanza dei contributi sopra citati allo sviluppo degli studi che portarono all'idea di conformazione molecolare, proviamo a seguire un'altra linea, per così dire, fisica, per vedere come le idee di struttura, geometria e conformazione molecolare siano state utilizzate, arricchite e sviluppate in maniera parallela nel campo della determinazione delle proprietà fisiche delle sostanze.

#### *Diffrazione dei raggi X e struttura molecolare.*

Lo studio sistematico della struttura delle sostanze organiche mediante diffrazione di raggi X iniziò intorno al 1921 e il naftalene fu tra i primi composti per i quali fu possibile risolvere i complessi problemi relativi alla interpretazione in termini strutturali delle figure di diffrazione ottenute. Nel discorso che rivolse da Presidente alla Physical Society di Londra nel Novembre del 1921, W.H. Bragg<sup>10</sup> espose i risultati ottenuti con il naftalene, chiarendo il suo modo di procedere per superare le enormi difficoltà dovute all'elevato numero di atomi da trattare. L'idea che Bragg utilizzò per semplificare drasticamente i calcoli venne presa di peso dalla Chimica: che un cristallo «dovesse essere considerato come una struttura nella quale c'è un solo elemento, il doppio anello del naftalene, e non più come un aggregato di 10 atomi di carbonio e otto atomi di idrogeno organizzati in maniera sconosciuta». <sup>11</sup> Così l'idea di una struttura molecolare costituita da due anelli benzenici, messa in discussione e confermata

<sup>6</sup> RAMSAY O. BERTRAND, *Konformationsstudien an cyclischen Verbindungen im 19. und frühen 20. Jahrhundert*, «Chem. Teil.», 97, 573-582 (1973); RAMSAY O. BERTRAND, *The Early History and Development of Conformational Analysis*, in JAMES G. TRAYNHAM (Ed.), *Essays on the History of Organic Chemistry*, Louisiana State University Press, 1987.

<sup>7</sup> RUSSELL COLIN A., *The Origins of Conformational Analysis*, in O.B. Ramsay (Ed.), *Van't Hoff 1<sup>st</sup> Bel Centennial*, ACS Symposium, Series 159-178 (1975).

<sup>8</sup> MOHR ERNST, *Die Bayerische Spannungstheorie und die Struktur des Diamanten*, «J. Prakt. Chem.», 315-353 (1918).

<sup>9</sup> HÜCKEL WALTER, *Zur Stereochemie bicyclischer Ringysteme. I. Die Stereoisomerie des Dekahydronaphthalins und seiner Derivate*, «Annalen der Chemie», 441, 1-48 (1925).

<sup>10</sup> BRAGG WILLIAM H., *The Structure of Organic Crystal*, «Proc. Phys. Soc. London», 34, 33-50 (1922).

<sup>11</sup> Ref. 10, p. 33.

innumerevoli volte a partire dalla fine degli anni '60 del secolo precedente, viene integralmente adottata come base per la trattazione dei dati di diffrazione dei raggi X, entrando a far parte del bagaglio conoscitivo dei fisici come un dato costitutivo della materia e non più solamente come una rappresentazione utilizzata dai chimici per spiegare il modo di reagire delle sostanze.

Un punto molto interessante sollevato dal lavoro di Bragg riguarda proprio il problema delle molecole come entità distinte da meri aggregati di atomi. I risultati dell'analisi di Bragg avevano mostrato che le molecole del naftalene si disponevano nel cristallo in modo che gli atomi di idrogeno  $\alpha$  di una molecola (quelli corrispondenti agli atomi D, J, A e G in Figura 3) fossero affacciati agli atomi di carbonio di una molecola adiacente, mentre gli atomi  $\beta$  (quelli corrispondenti agli atomi B, C, H e I nella stessa figura) si disponevano affacciati ad altri atomi di idrogeno dello stesso tipo in un'altra molecola. Le minori forze di attrazione tra gli atomi di idrogeno rendevano conto delle direzioni di sfaldatura dei cristalli.

Alla fine del suo discorso Bragg riassunse le sue convinzioni riguardanti la natura delle molecole come risultava da questi dati preliminari. «La disposizione delle molecole nei cristalli o nei film superficiali o all'interfaccia tra liquidi e solidi non può essere compiutamente spiegata come il risultato di forze che sono

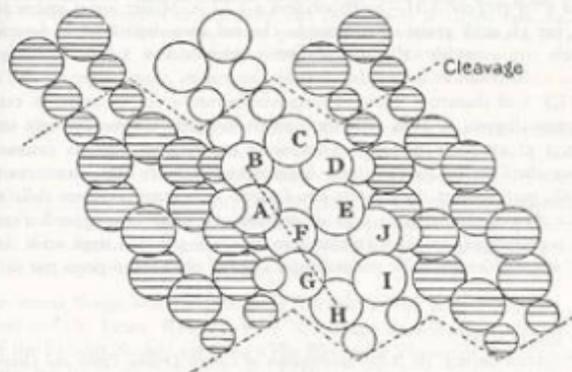


Fig. 3 - La struttura del naftalene secondo Bragg (1922).<sup>10</sup> La disposizione è il risultato della interazione tra gli atomi di idrogeno laterali (D, J, A e G) e gli atomi di carbonio di molecole adiacenti. Le più deboli interazioni tra gli atomi di idrogeno in testa e in coda (B, C, H e I) e gli atomi di idrogeno di molecole adiacenti determinano il piano di sfaldatura del cristallo.

semplicemente funzione delle distanze tra i loro centri. Limitandoci ai casi nei quali non c'è una evidente separazione di carica elettronica, come non c'è in alcuni dei cristalli descritti in questo lavoro, è chiaro che dobbiamo pensare alle molecole come oggetti dotati di una forma molto ben definita. I punti di attacco delle une alle altre si trovano in posizioni ben definite ed è possibile che le forze che si esercitano tra questi siano a corto raggio.<sup>12</sup> Quindi, nonostante l'idea di molecola non emerga dalla conoscenza della posizione degli atomi costituenti un cristallo (e i dati ottenuti nei primi lavori sui composti di tipo ionico potevano prescindere all'origine di questa idea), da questi lavori pionieristici sui composti organici appare chiara la necessità di stabilire dei confini tra atomi legati e non legati, tra forze interatomiche e forze intermolecolari.

Vere e proprie indagini di tipo, diremmo oggi, conformazionale, si trovano in alcuni lavori di Shearer<sup>13</sup> e di Müller<sup>14</sup> del 1923 sugli acidi grassi e su composti organici a catena lunga. La scelta di indagare su questo tipo di composti dipendeva dalla maggiore semplicità dei calcoli necessari a risolvere le figure di diffrazione per molecole che si estendono in una sola direzione. Precedenti caratterizzazioni di composti a catena lunga avevano mostrato che all'aumentare del numero di gruppi  $-CH_2-$  aumentavano i valori delle distanze interplanari, confermando così i dati strutturali sviluppati in campo chimico. George Shearer, misurando la distanza interplanare in differenti esteri dell'acido palmitico aveva trovato che all'aumentare del numero di atomi di carbonio aumentavano linearmente le dimensioni della cella elementare. L'incremento dovuto a un gruppo  $-CH_2-$  corrispondeva a 1,22 Å. Müller aveva invece trovato 2,0 Å per gli acidi grassi e, assumendo che nel caso degli acidi ci fossero due molecole per unità di cella, l'incremento corrispondeva a 1,0 Å per gruppo  $-CH_2-$ . Confrontando questi dati con le dimensioni allora accettate dell'atomo di C (1,5 Å di diametro) risultava inequivocabilmente che gli atomi di carbonio non erano disposti in linea retta, ma dovevano essere sistemati in una sorta di spirale o di catena a zig-zag.<sup>15</sup> Assumendo quest'ultimo tipo di sistemazione, risultava che l'angolo formato dalle congiungenti i centri degli atomi era pari a  $109^\circ 30'$ , praticamente coincidente con l'angolo di legame postulato dalla stereochimica classica. Un diverso tipo di disposizione della catena (vedi Figura 4) venne postulato per spiegare l'incremento di 1,0 Å nel caso degli acidi. In ogni caso, l'angolo formato dalle congiungenti i centri risultavano poco più di  $109^\circ$ .

<sup>12</sup> Ref. 10, p. 50.

<sup>13</sup> SHEARER GEORGE, *An X-Ray Investigation of Certain Organic Esters and Other Long-chain Compounds*, «J. Chem. Soc.», 123, 3152-3156 (1923).

<sup>14</sup> MÜLLER ALEX, *The X-Ray Investigation of Fatty acids*, «J. Chem. Soc.» 123, 2043-47 (1923).

<sup>15</sup> MÜLLER ALEX, SHEARER GEORGE, *Further X-Ray Measurements of Long-chain Compounds and a Note on their Interpretation*, «J. Chem. Soc.», 123, 3156-3164 (1923).

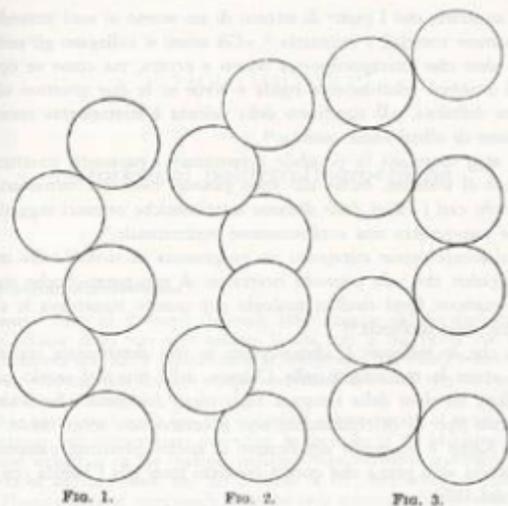


Fig. 4 - Disposizioni di catene di atomi di carbonio negli esteri e negli acidi grassi, secondo Müller e Shearer.<sup>15</sup> Il «passo» di 1,22 Å nel caso degli esteri e di 1,0 nel caso degli acidi, portano a considerare le diverse disposizioni possibili per gli esteri (a sinistra) e gli acidi (a destra). L'angolo risulta in tutti i casi pari a quello del tetraedro regolare.

«Se l'interpretazione di questi risultati sperimentali è corretta» concludono i due autori «abbiamo nuove evidenze che l'angolo del tetraedro è associato all'atomo di carbonio, non solo in strutture cristalline come quella del diamante, ma anche in strutture molecolari. Sembra che la tendenza di un atomo di carbonio ad unirsi a un altro è molto forte solo in certe direzioni e che queste direzioni sono strettamente connesse con le direzioni delle normali dal centro di un tetraedro regolare sulle sue quattro facce».<sup>16</sup>

Lo stesso Bragg, intervenendo nella discussione che si aprì dopo le comunicazioni di G.N. Lewis, R.H. Fowler e N.V. Sidgwick nell'ambito della Discussion of the Faraday Society sul tema «The Electronic Theory of Valency» tenuto a Cambridge tra il 13 e il 14 luglio 1923, citando i risultati di Müller e di Shearer dichiarava: «La struttura aperta eppure rigida dei cristalli delle sostanze

<sup>15</sup> Ref. 15, p. 3164.

organiche mostrano che i punti di attacco di un atomo ai suoi immediati vicini sono mutuamente correlati e orientati». <sup>17</sup> «Gli atomi si collegano gli uni agli altri non come sfere che interagiscono tra centro e centro, ma come se ogni atomo avesse una struttura relativamente rigida e come se le due strutture si unissero in posizioni definite». «Il significato della valenza è strettamente connesso con la spiegazione di effetti come questi». <sup>18</sup>

Negli anni successivi fu possibile determinare i parametri strutturali di un gran numero di sostanze, anche allo stato gassoso, mediante diffrazione di elettroni. In molti casi i valori delle distanze interatomiche ottenuti suggerivano che le molecole assumessero una conformazione preferenziale. <sup>19</sup>

Parallelemente venne intrapreso un programma di ricerca sulla misura dei momenti dipolari che vide coinvolti ricercatori di vari paesi. Anche questo tipo di caratterizzazione fornì risultati analoghi per quanto riguardava le conformazioni assunte dalle molecole. <sup>20</sup>

L'idea che le molecole si disponessero in una determinata conformazione che aveva avuto le sue origini nella Chimica della fine del secolo precedente divenne allora un dato della struttura molecolare del quale i fisici che lavoravano a questo tipo di determinazioni non potevano non tener conto. Il lavoro di Pitzer e Kemp è un punto significativo di questo percorso; passeranno però ancora parecchi anni prima che questo concetto torni alla Chimica con il lavoro di Barton del 1950.

<sup>17</sup> *The Electronic Theory of Valency*, «Trans. Faraday Soc.», 19, 450-543 (1923). La citazione è a p. 478.

<sup>18</sup> *Ref.* 17, pp. 478-479.

<sup>19</sup> Vedi, tra gli altri, WIERL R., *Anwendung der Elektronenbeugung auf das Problem der freien Drehbarkeit*, «Physik. Z.», 31, 366-7 (1930) per due valori della distanza Cl-Cl nel dicloroetano e MARK H., WIERL R., *Die Ermittlung von Molekülstrukturen durch Beugung von Elektronen an einem Dampfstrahl*, per la distanza Cl-Cl nel tetracloruro di carbonio.

<sup>20</sup> Vedi, tra i moltissimi articoli comparsi negli anni intorno al 1930, ZASIN C.T., *The Dielectric Constant of Dichloroethane, Dibromethane, Chlorobromethane, and Diacetyl; and the Phenomenon of Free Rotation*, «Phys. Rev.», 40, 291-8 (1932) e ZASIN C.T., *Free Rotation and the Electric Moment of Organic Molecules*, «Trans. Farad. Soc.», 30, 804-20 (1934).

PAOLO MALTESE (\*)

## Storia del politetrafluoroetilene (\*\*)

### History of polytetrafluoroethylene.

**Summary** - After its discovery (Moissan, 1886) fluorine did not find any industrial application because of its very high toxicity. It was only in the 1930's that in order to substitute ammonia and sulfur dioxide used as refrigerants, Du Pont's researchers found, to their great surprise, that fluorine organic derivatives did work very well as non toxic non flammable volatile fluids.

Another unexpected result was the accidental polymerization of tetrafluoroethylene, giving a polymer with extraordinary properties. In the wake of the Manhattan Project for the industrial separation of the uranium isotopes, huge industrial quantities of  $UF_6$  had to be produced and processed, and the problem of  $UF_6$  very strong corrosivity had to be faced. Fluorine organic compounds were the only materials able to resist to  $F_2$ , HF and  $UF_6$ , and large industrial plants for  $F_2$ ,  $UF_6$ , perfluorocarbons and fluorinated polymers were built.

Today polytetrafluoroethylene (PTFE) is the most sophisticated of a large series of such polymers with a wide spectrum of practical applications.

### Introduzione.

Durante una permanenza negli Stati Uniti nei primi mesi del 1939, poco dopo la scoperta della fissione nucleare dell'uranio in Germania, Niels Bohr teorizzò che l'isotopo fissile dell'uranio dovesse essere l' $U^{235}$  presente allo 0,7% nell'uranio naturale. La separazione dell' $U^{235}$  dall' $U^{238}$  per la produzione di un esplosivo nucleare apparve a tutta prima così ardua da far dubitare sia Bohr che Fermi della sua possibilità, tanto più che i primi calcoli davano per la massa critica dell' $U^{235}$  valori sensibilmente elevati (centinaia di Kg). Tuttavia, calcoli eseguiti nel 1940 da Otto Frisch e Rudolph Peierls, ambedue ebrei tedeschi

(\*) Villaggio Polymer 15, 05100 Terni.

(\*\*) Relazione presentata al V Convegno Nazionale di «Storia e Fondamenti della Chimica» (Perugia, 27-30 ottobre 1993).

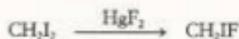
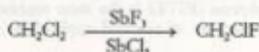
profughi in Inghilterra, indicarono in pochi chilogrammi la massa critica dell'U235. Pertanto alla fine del 1941 fu elaborato negli Stati Uniti un progetto di separazione industriale degli isotopi dell'uranio mediante due processi: la separazione elettromagnetica e la diffusione gassosa, operando con l'unico composto dell'uranio adoperabile allo stato gassoso, l'esafluoruro. L'esafluoruro di uranio presentò, tuttavia, un problema imponente: la sua forte corrosività.

La storia di come tale problema sia stato risolto è la storia dell'applicazione industriale su vasta scala del fluoro e suoi composti, e della nascita dei tecnopolimeri fluorurati fra i quali emerge il politetrafluoroetilene [2, 3].

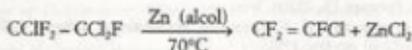
### *I clorofluocarburi.*

Fino agli anni '30 fluoro e acido fluoridrico non trovarono impiego industriale a causa dell'alta tossicità che provocò seri inconvenienti alla salute di molti chimici (Davy, Wöhler, Swarts) e fu responsabile della morte prematura di altri [5, 22].

Nei primi anni di questo secolo Swarts pose le basi della chimica dei composti organici del fluoro mediante un metodo di sintesi indiretto, la reazione di scambio fra cloro organico e fluoro inorganico ( $\text{SbF}_3$ ;  $\text{SbF}_5$ ;  $\text{HgF}_2$ ) in presenza di catalizzatori ( $\text{Cl}_2$ ;  $\text{SbCl}_3$ ) [4, 6, 12, 22, 24, 25, 28]; ad esempio:



Fu così iniziata la chimica dei *fluoroalcani*, e per dealogenazione di derivati cloro fluorurati con due atomi di cloro legati a due atomi di carbonio vicini furono sintetizzati alcuni *fluoroalcheni*, ad esempio [42]:



Il primo impulso alla produzione industriale di composti organici fluorurati fu dato, all'inizio degli anni '30, dalla richiesta della Frigidaire (divisione della General Motors) alla Du Pont di un nuovo fluido refrigerante con proprietà molto particolari, incolore, inodoro, atossico, non infiammabile, per sostituire l'ammoniaca e l'anidride solforosa allora impiegate. T. Midgley e A.H. Henne della divisione Kinetic Chemicals della Du Pont furono incaricati del problema [1, 17].

Una ricerca bibliografica sulle «International Critical Tables» e un esame critico del sistema periodico evidenziarono alcuni punti fondamentali per il prosieguo dell'indagine:

- 1) soltanto gli elementi della «parte destra» [17] del sistema periodico davano composti volatili;
- 2) i composti volatili del B, Si, P, As, Sb, Bi, Se, Te, I, erano troppo instabili e tossici (fig. 1);
- 3) gli elementi rimasti erano i soli con cui venivano prodotti i fluidi refrigeranti; inoltre l'infiammabilità dei loro composti volatili diminuiva spostandosi da sinistra verso destra, e la tossicità diminuiva spostandosi dal basso verso l'alto;
- 4) queste due ultime constatazioni, in accordo con le esigenze imposte, portavano a concentrare l'attenzione sul fluoro.

Il risultato di questa indagine apparve a tutta prima sbalorditivo, data la nota tossicità del fluoro; tuttavia proseguendo nella ricerca risultò che i calori di formazione dei composti alogenati del carbonio crescevano dallo iodio al fluoro, assicurando una maggiore stabilità di questi ultimi e in particolare del  $CF_4$  con un calore di formazione di 200 kcal/mole (doppio della  $CO_2$ ) [22].

						H	He
Li	Be	<b>B</b>	<b>C</b>	<b>N</b>	<b>O</b>	<b>F</b>	Ne
Na	Mg	<b>Al</b>	<b>Si</b>	<b>P</b>	<b>S</b>	<b>Cl</b>	A
Cu	Zn	Ga	<b>Ge</b>	<b>As</b>	<b>Se</b>	<b>Br</b>	Kr
Ag	Cd	In	<b>Sn</b>	<b>Sb</b>	<b>Te</b>	<b>I</b>	Xe
Au	Hg	Tl	<b>Pb</b>	<b>Bi</b>	<b>RaF</b>	85	Nt

Fig. 1 - Rappresentazione della «parte destra» del sistema periodico come da riferimento [17]. Nel riquadro in grassetto sono compresi gli elementi che formano composti volatili instabili e tossici; nel riquadro tratteggiato sono compresi gli elementi i cui composti volatili hanno infiammabilità decrescente verso destra e tossicità decrescente verso l'alto.

Il  $\text{CF}_4$  apparve tuttavia di difficile sintesi, e pertanto si optò per il  $\text{CHClF}_2$ , come primo oggetto della ricerca.

Furono acquistati cinque flaconi da un'oncia di  $\text{SbF}_5$  come agente fluorurante, praticamente tutta la scorta allora esistente negli Stati Uniti. Il  $\text{CHClF}_2$ , ottenuto, sperimentato su cavie, risultò non tossico perché per puro e fortunato caso fu adoperato per primo l'unico flacone contenente  $\text{SbF}_5$  anidro; gli altri flaconi, impuri per presenza di un sale doppio contenente acqua di cristallizzazione, provocarono la formazione di fogsene, letale per le cavie [1].

Il successo dei clorofluocarburi come fluidi refrigeranti fu così notevole che la Frigidaire e la Du Pont crearono una joint-venture, e una nuova divisione, la Freon Division (Du Pont), fu preposta al nuovo settore di ricerca e produzione.

#### *Il politetrafluoroetilene (PTFE).*

All'inizio degli anni '30 gli Stati Uniti erano in piena depressione economica, e Roy J. Plunkett, non riuscendo a trovare lavoro pur con un titolo di B.A., optò per il dottorato di ricerca in chimica. Nel 1936 fu assunto dalla Du Pont e incaricato della ricerca sui clorofluocarburi. Allo scopo di preparare il monoclorotetrafluoroetano ( $\text{CHF}_2-\text{CClF}_2$ ) come alternativa al diclorotetrafluoroetano simmetrico ( $\text{CClF}_2-\text{CClF}_2$ ), Plunkett tentò la sintesi da tetrafluoroetilene e acido cloridrico. Preparò 45 kg di tetrafluoroetilene (punto ebollizione  $-76,3^\circ\text{C}$ ) col metodo di Swarts, per declorurazione del  $\text{CClF}_2-\text{CClF}_2$  con Zn, e stoccò il monomero in bombole di acciaio da un kg alla temperatura del ghiaccio secco [8, 18]; un serio inconveniente nella gestione del monomero è infatti la sua tendenza a decomporre in carbonio e tetrafluoruro di carbonio con violenza esplosiva (energia pari a quella sviluppata da un pari peso di esplosivo da mina) [8, 14, 16].

Il 6 aprile 1938 l'assistente di Plunkett, J. Rebok, nell'aprire una bombola di  $\text{C}_2\text{F}_4$  non ottenne alcun flusso di gas; tuttavia il peso della bombola era inalterato, e Plunkett, incuriosito, decise di tagliarla: ne ottenne una polvere bianca polimero del  $\text{C}_2\text{F}_4$ , che all'analisi chimica e fisica rivelò successivamente proprietà eccezionali di stabilità termica e inerzia chimica: inalterabile nell'intervallo  $-260^\circ\text{C}$  -  $+275^\circ\text{C}$ ; insolubile; inattaccabile da acidi e basi concentrate; attaccabile soltanto dai metalli alcalini fusi; resistente alla termofotossidazione; col più basso coefficiente di attrito di qualsiasi altro solido; ottimo isolante elettrico; atossico; cristallino, P.F.  $327^\circ\text{C}$  [7, 8, 13, 18, 23]. Il costo molto elevato lo rese però praticamente inutilizzabile.

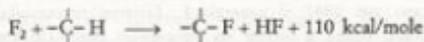
*I composti fluorurati nel «Progetto Manhattan».*

Nell'ambito del «Progetto Manhattan» la produzione industriale dell' $UF_6$ , unico composto volatile dell'uranio, che sublima a  $56^\circ C$ , ebbe inizio nel 1942 e fu eseguita trattando con fluoro il tetrafluoruro, a sua volta preparato da ossido di uranio e acido fluoridrico. Pertanto fu anzitutto necessario mettere a punto la produzione industriale del fluoro per elettrolisi del fluoruro acido di potassio anidro, impiegando anodi di nichel e carbone (sulla base delle ricerche di Lebeau e Damien degli anni '20), nonché la gestione del fluoro prodotto: purificazione, compressione, stoccaggio [9-11; 19]. L' $UF_6$  risultò fortemente corrosivo, e soltanto il nichel e le sue leghe presentarono una certa resistenza al di sotto di  $500^\circ C$ , oltre ad una particolare lega per saldature (eutettico Ag-Cu).

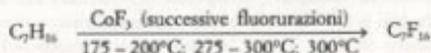
Si resero pertanto necessari materiali resistenti alla corrosione non soltanto per la gestione del  $F_2$ , HF, e  $UF_6$ , ma anche come refrigeranti, lubrificanti, parti costituenti delle apparecchiature e dei processi ausiliari, rivestimenti, tubazioni, scambiatori, giranti di pompe, raccordi, filtri, guarnizioni, cuscinetti, valvole, membrane. Basti ricordare che l'impianto per la diffusione gassosa dell' $UF_6$ , consistente in un edificio lungo 1300 metri, con 4000 setti porosi con fori da  $10 \mu m$  e una superficie di lavoro di molti ettari, fornito di 40 mila strumenti di controllo; che l'impianto di separazione elettromagnetica degli isotopi dell'uranio consistette a sua volta in 900 giganteschi «calutroni» («California University Cyclotrons»), e che le pompe impiegate in questi impianti avevano la potenza di tutte le pompe da vuoto allora esistenti al mondo.

I comuni composti organici, e anche i loro derivati clorurati, risultarono fortemente attaccabili dall' $UF_6$ ; le sole sostanze che offesero prospettive favorevoli furono i composti organici perfluorurati, sulla cui preparazione e proprietà fu avviato un ingente lavoro di ricerca presso università e industrie.

Fino al 1942 non erano disponibili processi generali di sintesi di idrocarburi completamente fluorurati; si conosceva la sintesi di Swarts, mentre la fluorurazione diretta per sostituzione dell'idrogeno con fluoro era o troppo violenta o incompleta e con rese basse:



Nel 1942 fu sintetizzato il primo idrocarburo perfluorurato impiegando come agente fluorurante il trifluoruro di cobalto, con resa di circa 80% [28], ed esotermicità della reazione circa metà della precedente [24]:



Successivamente fu preparato il perfluorottano: ambedue risultarono inattaccabili da  $F_2$ , HF,  $UF_6$ , ma avevano alta tensione di vapore (punto ebollizione circa 80-100°C) e quindi ne era escluso l'impiego come lubrificanti. Fu allora tentata la sintesi di composti perfluorurati con alto peso molecolare.

La prima fase della ricerca per la produzione di «oli e grassi» perfluorurati, detti «fluorolubes», puntò sulla fluorurazione di certe frazioni del petrolio con fluoro in fase vapore in presenza di  $CoF_2$  come catalizzatore, ma le rese risultarono basse (15-20%). Durante la ricerca si trovò che anche alcuni poliorofluorocarburi avevano i requisiti richiesti.

Per ottenere polifluorocarburi con processi e con proprietà finali dei prodotti riproducibili, la strada più valida risultò quella della *polimerizzazione*, che offerse notevoli vantaggi:

a) la preparazione dei monomeri olefinici fluorurati fu ottenuta mediante il metodo di Swarts già noto;

b) a loro volta i prodotti saturi perfluorurati o clorofluorurati di partenza furono ottenuti mediante fluorurazione indiretta (Swarts);

c) la polimerizzazione risultò l'unico metodo versatile e flessibile per produrre i pesi molecolari adeguati alle applicazioni necessarie come oli, grassi, (lubrificanti), e solidi termoformabili;

d) la polimerizzazione dei monomeri si poté eseguire agevolmente mediante iniziatori perossidici a temperatura moderata;

e) nella fase finale del processo i polimeri furono trattati con  $CoF_2$  per stabilizzare i gruppi terminali mediante sostituzione di idrogeno e cloro con fluoro e per saturare i doppi legami rimasti.

Lo schema della sintesi del poliorofluoroetilene per la produzione di oli e di un solido termoplastico è riportato in figura 2; nel primo caso la polimerizzazione fu eseguita in sospensione a 70°C, iniziatore il benzoidperossido; nel secondo caso fu eseguita in massa a -15°C iniziatore il tricloroacetilperossido [20, 21]. Il poliorofluoroetilene risultò un polimero termoplastico lavorabile a caldo e resistente alla corrosione, ma la sua temperatura di fusione (circa 200°C) e l'intervallo di utilizzabilità (-40 - +170°C) ne limitarono l'impiego.

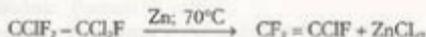
Per puro caso, nel 1942, il generale L. Groves, responsabile militare del Progetto Manhattan, venne a sapere da conoscenti della Du Pont che questa società disponeva di un polimero adatto alle esigenze degli impianti di separazione dell' $UF_6$ , il cui costo non costituiva certamente alcuna remora al suo impiego su larga scala per scopi militari.

La Du Pont, incaricata del problema (contratto non-profit per 1 US\$, spese a carico del governo) intraprese un imponente lavoro di ricerca e produzione:

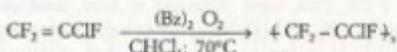
a) il monomero fu prodotto per pirolisi del  $CHCl_2F$  [7, 12, 14], a sua volta ottenuto da HF e  $CHCl_3$  ( $Sb^{3+}$  come catalizzatore);

b) il monomero (PEb. -76,3°C, entalpia di formazione -152 kcal/mole)

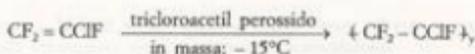
Preparazione del monomero



Polimerizzazione a prodotti oleosi



Polimerizzazione a prodotti termoplastici



Preparazione del  $\text{CoF}_2$



Stabilizzazione del polimero

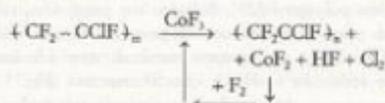


Fig. 2 - Produzione di policlorotrifluoroetilene: polimeri oleosi (lubrificanti) e polimeri solidi (termoplastici) (metodo Miller).

risultò molto instabile, con tendenza a decomposizione esplosiva in C e  $\text{CF}_4$  (entalpia del processo:  $-66$  kcal/mole);

c) il monomero risultò facilmente polimerizzabile con processi radicalici (entalpia di polimerizzazione:  $-41,1$  kcal/mole) a temperature e pressioni moderate ( $60-80^\circ\text{C}$ ,  $10-70$  atm) in presenza di iniziatori perossidici (es. perossidissolfati alcalini). Fu necessario un accurato controllo della temperatura di polimerizzazione, l'uso di inibitori e l'esclusione dell'ossigeno nello stoccaggio del monomero, e un'alta purezza del medesimo per evitare processi di trasferimento di catena in polimerizzazione (a tale ultimo scopo nella polimerizzazione in emulsione si adoperano come emulsionanti composti fluorurati, ad es. acido perfluorooctanoico, evitando così la presenza nel sistema di atomi mobili di idrogeno [30]);

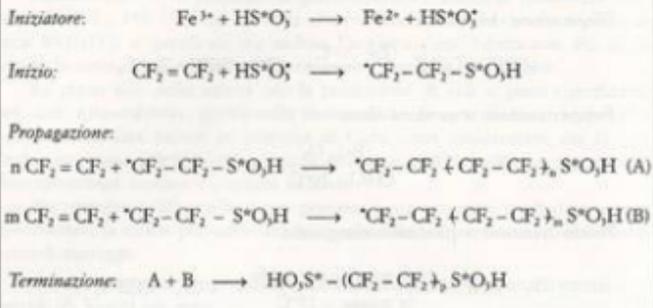


Fig. 3 - Processo di polimerizzazione radicalica del TFE.

d) secondo uno dei primi lavori pubblicati subito dopo la guerra da ricercatori Du Pont (1946): «the insolubility has precluded an estimate of the molecular weight of the polymer» [29]. Soltanto nei primi anni cinquanta ricercatori Du Pont hanno potuto determinare il peso molecolare del PTFE mediante misura della radioattività dei gruppi terminali non idrolizzabili derivati dal sistema catalitico redox  $Fe^{3+} - HSO_2^*$  con  $S^*$  marcato (Fig. 3) [31]. Successivamente sono state trovate: la correlazione densità-peso molecolare del polimero cristallizzato in condizioni standard, e, mediante misure reologiche, la correlazione viscosità-peso molecolare (rispettivamente  $10^{11} \cdot 10^{12}$  poises, e  $10^6 \cdot 10^7$  dalton) [32, 33, 34];

e) a causa dell'altissima viscosità del polimero al di sopra del punto di fusione cristallografico ( $327^\circ C$ ) ( $10^{11}$  poises a  $380^\circ C$ ) il polimero non risultò lavorabile con metodi convenzionali ma furono necessarie tecnologie del tipo ceramico e metallurgico basate essenzialmente sulla sinterizzazione del gel ottenuto per fusione, nell'intervallo  $330^\circ - 390^\circ C$  (al di sopra inizia la decomposizione). Le tecnologie si possono così riassumere [39]: I) preformatura della polvere a 100-700 atm, riscaldamento a  $360 - 390^\circ C$  fino a gelificazione, sinterizzazione per compressione in stampo, raffreddamento a velocità controllata; II) estrusione a pistone del polimero con o senza additivi; III) sfogliatura di films da semilavorati sinterizzati e laminazione; IV) rivestimento (coating) con polvere di granulometria  $0,2 - 0,3 \mu m$  ottenuta da polimerizzazione in emulsione ed essiccamento fino a  $350 - 380^\circ C$  [9]. Setti metallici porosi (fori da  $10 \mu m$ ) per la diffusione gassosa dell' $UF_6$ , rivestiti con PTFE risultarono eccellenti alla corrosione [15]; V) lavorazione all'utensile. Le proprietà meccaniche finali dei manufatti

risultarono dipendenti da (peso molecolare) cristallinità, porosità oltre che dagli additivi più adatti per scopi specifici (polveri di carbone, silice, ferro, nichel, solfuro di molibdeno, fluoruro di calcio).

f) Sebbene fosse nota l'azione del sodio sul PTFE, è molto probabile che il processo di etching del PTFE mediante sodio in ammoniaca o sodio-naftalina in tetraidrofurano (con aumento della tensione superficiale da circa 18 a circa 50 dyne/cm) non fosse noto, o utilizzato, negli anni '40; i primi brevetti e pubblicazioni risalgono alla metà degli anni '50 [35, 36] e l'interpretazione del meccanismo e l'impiego industriale risalgono agli anni '60-70 [37, 38, 40]. All'etching del PTFE, tuttora adoperato, si è associata in tempi più recenti la polimerizzazione in situ del monomero mediante plasma [41, 42].

#### *Il fluoro nella separazione analitica uranio-nettunio-plutonio.*

Oltre al risultato quanto meno curioso dell'impedimento dell'attività corrosiva di un composto fluorurato mediante un altro prodotto fluorurato, il fluoro ha avuto nel Progetto Manhattan un altro interessante ruolo, la separazione analitica del nettunio dal plutonio.

Fra il giugno 1940 e il marzo 1941 i ricercatori di Berkeley isolarono il nettunio (Mc Millan, Abelson) e il plutonio (Seaborg, Kennedy, Wahl, Segre). Questi elementi si formavano per emissione beta partendo dall'isotopo U239 ottenuto per cattura di risonanza di un neutrone da parte dell'U238, con semivita 23' che dava 93 Np 239, semivita 2,3 d, che a sua volta si trasformava in 94 Pu 239, semivita 24.400 a, fissile con neutroni lenti.

Il primo metodo di separazione analitica di questi elementi si basò sulla coprecipitazione dei loro fluoruri con fluoruri delle terre rare, previa separazione dalla soluzione solfonitrica dell'uranio per estrazione con etere.

Nettunio e plutonio, ridotti mediante SO<sub>2</sub> agli stadi di valenza inferiori, coprecipitavano mediante acido fluoridrico e LaF<sub>3</sub> come carrier; successivamente si ossidava il Np allo stato di valenza superiore mediante ione bromato, che invece non ossidava il Pu: si poteva così separare il Pu, riprecipitandolo come fluoruro e LaF<sub>3</sub>. Il Pu si poteva poi ossidare allo stato di valenza superiore mediante ione perossidissolfato e ione Ag<sup>+</sup> come catalizzatore [26, 27].

#### *Conclusione.*

Dopo la seconda guerra mondiale la Du Pont ha commercializzato il PTFE col nome di «Teflon», oltre a numerosi altri polimeri fluorurati: polivinilfluoruro, polivinilidenefluoruro, resine perfluoroalchidiche e alcossidiche, copolimeri fluorurati etilene-propilene e altri.

Il PTFE ha una notevole varietà di impieghi: isolante elettrico, schermo termico e antiradiazioni solari, biomateriale per la riparazione delle ossa del mento, naso, cranio, giunzioni femorali e ginocchia; come sostituto di trachee e valvole cardiache; come materiale anticorrosivo nell'industria chimica; come anti-frizione nell'industria meccanica e tessile; e infine nel settore casalingo trova vasta applicazione una delle più notevoli caratteristiche del PTFE; la sua bassa tensione superficiale, 18 dyne/cm che lo rende l'unico materiale per oggetti da cucina antiadesione (non stick).

In definitiva nella storia degli eventi chimici di questo secolo va annoverata la storia dello sviluppo industriale del fluoro, inizialmente sotto la pressione delle esigenze belliche, che con la produzione, fra l'altro, di uno dei primi e tuttora più apprezzati tecnopolimeri, il PTFE, ha dato un importante contributo alla scienza dei materiali.

#### BIBLIOGRAFIA

- [1] A.B. GARRETT, «J. Chem. Educ.», 39 (7), 361 (1962).
- [2] D.T. MESSEL, C.B. LINDAHL, *Kirk-Othmer Encyclopedia of Chemical Technology*, J. Wiley, New York 1980, vol. 10, p. 665.
- [3] R.M. ROBERTS, *Serendipity: Accidental Discoveries in Science*, J. Wiley, New York 1989, p. 187.
- [4] O.R. PERCE, *Kirk-Othmer Encyclopedia of Chemical Technology*, J. Wiley, New York 1980, vol. 10, p. 829.
- [5] R.H. LANGLEY, L. WELCH, «J. Chem. Educ.», 60 (9), 143 (1987).
- [6] T.S. EVERETT, «J. Chem. Educ.», 64 (2), 143 (1987).
- [7] D.I. MAC CAME, *Encyclopedia of Polymer Science and Technology*, J. Wiley, New York 1967, vol. 13, p. 623.
- [8] R.E. BANKS, *Chemistry in Britain*, May 1988, p. 453.
- [9] H. WARRON, *The applications of synthetic resin emulsions*, E. Benn LTD, London 1972.
- [10] A.J. WOYTEK, *Kirk-Othmer Encyclopedia of Chemical Technology*, J. Wiley, New York 1980, vol. 10, p. 630.
- [11] P. PASCAL, *Traité de Chimie Inorganique*, Masson, Paris 1967, Tome XV, Quatrième Fascicule, pp. 34, 514.
- [12] B.E. SMART, *Kirk-Othmer Encyclopedia of Chemical Technology*, J. Wiley, New York 1980, vol. 10, p. 886.
- [13] S.V. GINGAL, *Kirk-Othmer Encyclopedia of Chemical Technology*, J. Wiley, New York 1980, vol. 11, p. 1.
- [14] C.E. SCHILDRECHT, *Vinyl and Related Polymers*, J. Wiley, New York 1982.
- [15] F. WIEGEL, *Kirk-Othmer Encyclopedia of Chemical Technology*, J. Wiley, New York 1980, vol. 23, p. 502.
- [16] M.A. REDNER, *Idrocarburi Fluorati*, Martello, Milano 1958.
- [17] T. MUDGLEY JR., «Ind. Eng. Chem.», 29 (2), 241 (1937).

- [18] *The Chemist*, May 1985, p. 4.
- [19] R. ROSEN, in: C. SLESSER, Ed., *Preparation, Properties and Technology of Fluorine and Fluorocompounds*, 1<sup>st</sup> Ed., Mc Graw Hill, New York 1951, cap. 1.
- [20] E.A. BELMONT, W.A. EWALT, R.L. MURRAY, in C. SLESSER, *op. cit.*, cap. 33.
- [21] W.T. MILLER Jr., in: C. SLESSER, *op. cit.*, cap. 32.
- [22] J. TIMMERMANS, R.E. OESPER, «J. Chem. Educ.», 38 (8), 423 (1961).
- [23] A.B. GARRETT, «J. Chem. Educ.», 39 (6), 288 (1962).
- [24] M.J. SILVESTER, *Chem. in Britain*, march 1993, p. 215.
- [25] E.G. LOCKE, W.R. BRODE, P.L. HENNE, «J. Am. Chem. Soc.», 56, 1726 (1934).
- [26] G.T. SEABORG, A.C. WADE, «J. Am. Chem. Soc.», 70, 1128 (1948).
- [27] B.B. CUNNINGHAM, C.B. WERNER, «J. Am. Chem. Soc.», 71, 1521 (1949).
- [28] C.M. SHARPS, «J. Chem. Educ.», 45 (3), 185 (1968).
- [29] W.E. HANFORD, R.M. JOYCE, «J. Am. Chem. Soc.», 68, 2082 (1946).
- [30] D. SIANESI, *Enciclopedia Internazionale di Chimica*, Pcm, Novara 1974, vol. 8, pag. 121.
- [31] K.L. BERRY, J.H. PETERSEN, «J. Am. Chem. Soc.», 73, 5195 (1951).
- [32] A. NISHIOKA, R. KÖYAMA, «J. Polymer Sci.», 19, 207 (1956); 24, 106 (1957); 26, 112 (1957).
- [33] A.V. TOROLSKY, D. KATZ, A. ERZENBERG, «J. Appl. Polymer Sci.», 7, 469 (1963); «J. Polymer Sci.», A1, 483 (1963).
- [34] G. ARDOLFI, C. GARBUGLIO, M. RAGAZZINI, «J. Appl. Polymer Sci.», 79 (1970).
- [35] A.A. BENDERLY, «J. Appl. Polymer Sci.», 6 (20), 221 (1962).
- [36] S. WU, *Polymer Interface and Adhesion*, M. Dekker, New York 1982, cap. 9.
- [37] D.H. KAEUBLE, E.H. CHILIN, «J. Polymer Sci.», A2, 363 (1971).
- [38] J. JANSTA, F.P. DOUSEK, J. RHA, «J. Appl. Polymer Sci.», 19, 3201 (1975).
- [39] H. SAICHILING, *Manuale delle materie plastiche*, 5<sup>a</sup> Ed., Tecniche Nuove, Milano 1990.
- [40] R.C.S. SNOGREN, *Handbook of Surface Preparation*, Palmerton Publ. Co., New York 1974, p. 373.
- [41] M. SHIN, Ed., *Plasma Chemistry of Polymers*, M. Dekker, New York 1976.
- [42] H.K. YASUDA, D.L. CHO, Y.S. YIN, in: W.J. FEAST, H.S. MUNRO, Eds., *Polymer Surfaces and Interfaces*, J. Wiley, New York 1989.

PAOLO MANZELLI (\*) - MARIAGRAZIA COSTA (\*\*)

### **Il tempo come coordinata: gli studi di Giorgio Piccardi (1895-1972) (\*\*)**

**Summary** - The Concept of «time» is a fundamental instrument for Science. Giorgio Piccardi (1895-1972) in spite of the traditional concept of «time», developed a new trend of thought considering it as a real «co-ordinate». With his work he led the way for a new chapter of Science: that of «fluctuating phenomena».

Il concetto di tempo è un problema di grande rilievo per i fondamenti della chimica moderna, poiché questo si pone in relazione alla irreversibilità dei processi chimici ed anche ai processi «negentropici» di trasformazione molecolare nei sistemi aperti a scambi di energia e di materia.

Giorgio Piccardi, direttore dell'Istituto di Chimica fisica dal 1947 al 1965 e successivamente del Centro Universitario dei Fenomeni Fluttuanti, impostò le sue ricerche sulla base della considerazione che il tempo, trattato generalmente come una misura, fosse da considerare come una reale «coordinata», cioè come un parametro intrinseco alla dinamica dei processi naturali. Considerando il tempo come una coordinata, Piccardi portò avanti il suo lavoro scientifico al di fuori dei canoni tradizionali propri della chimica classica. Egli soleva dire durante le sue lezioni che la termodinamica mette in evidenza l'impotenza dell'uomo nel realizzare una macchina capace di moto perpetuo, proprio perché i processi spontanei sono sempre irreversibili; infatti in natura un processo che va in una certa direzione, non andrà mai spontaneamente nel verso opposto.

Per fissare in un contesto storico le ricerche innovative di Piccardi, che egli stesso definiva di tipo «sperimentale-galileiano», ricordiamo un passo di Galileo dal «Dialogo sui massimi sistemi»: «... su una nave, muoventesi con quanta

(\*) Laboratorio di Ricerca Educativa, Dipartimento di Chimica, Università di Firenze.

(\*\*) Relazione presentata al V Convegno Nazionale di «Storia e Fondamenti della Chimica» (Perugia, 27-30 ottobre 1993).

voglia velocità, purché il moto sia uniforme e non fluttuante in qua ed in là, voi non riconoscerete una minima mutazione in tutti li nominati effetti, ne da alcuno di quelli potrete comprendere se la nave cammina oppure sta ferma».

I «sistemi fluttuanti» indicati da Piccardi nei suoi studi sulla dinamica dei processi evolutivi, sono sistemi non-inerziali perché non liberi da forze o influssi esterni ed essendo aperti a scambi di energia e/o materia, risentono delle variabili spaziali di tipo terrestre, solare e cosmico. Tra i sistemi sensibili ai parametri esterni fluttuanti, Piccardi considerò la dinamica di trasformazione di varie reazioni chimiche in soluzione acquosa e mise in evidenza alcuni interessanti fenomeni che riguardano l'«attivazione» dell'acqua sotto l'influenza di campi elettromagnetici ad onde lunghe. In relazione a tali esperimenti egli considerò che il tempo non poteva essere considerato isotropo in ogni direzione dello spazio, né omogeneo per ogni istante successivo, pertanto questo doveva considerarsi una reale coordinata.

Giorgio Piccardi, per rendere evidente che i suoi studi non potevano essere collocati nel quadro della logica scientifica tradizionale, sottolineò come la constatazione che il tempo è una coordinata, infirmò il dogma fondamentale della scienza tradizionale, secondo il quale gli esperimenti sono validi solo se riproducibili. Infatti egli osservò che se non è possibile, come nel caso dei fenomeni fluttuanti, controllare tutte le condizioni con cui un esperimento è condotto, è necessario tener conto della coordinata tempo proprio perché le variabili spaziali cambiano nel corso di esso. Piccardi sosteneva che anche nel caso di esperimenti che non siano ripetibili nei risultati in ogni momento scelto a piacere, questi meritano di essere oggetto di indagine scientifica; quanto sopra significa che il criterio di riproducibilità, come verifica di validità scientifica, ammette delle eccezioni. In altre parole la riproducibilità degli esperimenti non può essere quindi considerata in ogni caso una discriminante assoluta tra il vero ed il falso nella scienza.

Giorgio Piccardi comprese che nella logica scientifica tradizionale, applicata a fenomeni non-fluttuanti, ci si riferisce di norma a esperimenti rappresentabili in termini di equazioni lineari, mentre nel caso dei fenomeni fluttuanti la linearità si perde, in quanto, non essendo ipotizzabile una corrispondenza nella successione temporale dei rapporti tra causa ed effetto, i parametri che influenzano l'esperimento non seguono un ordine sequenziale; infatti un'azione trascurabile ad un determinato istante può diventare una causa determinante in un istante successivo e definire un risultato che in questo modo non può essere lo stesso in qualunque altro istante di tempo. Quanto sopra diviene più evidente quando si studiano fenomeni che implicano l'azione di basse frequenze e quindi energie molto piccole e che non rispondono ad effetti immediati di causa-effetto; queste azioni vengono generalmente considerate come insignificanti, perché arbitrariamente si suppone che determinino trascurabili perturbazioni del sistema. Ma osservava Piccardi, chi compie esperimenti, scevro da ogni pregiudizio,



Giorgio Piccardi.

guarda alla spiegazione scientifica dei processi naturali e non si accontenta della misura delle quantità immediatamente misurabili, allora si rende conto che lavora in un mondo di fenomeni molto «imperfetti», riguardo al fatto di considerare una successione di immaginari istanti di tempo tutti perpetuamente uguali.

L'idea del tempo come successione di istanti equivalenti è invero il dogma di base della scienza meccanicistica e tale concetto è praticamente indiscusso fino ad oggi; ma la natura non si comporta secondo questi canoni. Tutti sanno, diceva a noi studenti, che un seme va piantato nel terreno in certe stagioni e con la luna, ad esempio, calante se si vuole far crescere bene la pianta, perché questa non germoglia e non cresce in un tempo qualsiasi scelto a caso.

Lo sviluppo creativo della scienza, asseriva Piccardi, dovrà essere il frutto di esperimenti significativi e non semplicemente di quelli riproducibili nel tempo. La scienza tradizionale infatti, tentando di fissare le condizioni di riproducibilità degli esperimenti, fa riferimento solo a particolari variabili che sono controllabili in laboratorio. Così la termodinamica prende in considerazione pressione, volume e temperatura di un sistema e definisce delle funzioni che, allo stato di equilibrio, possono essere determinate tramite tali variabili; agendo in tal modo tuttavia, essa esclude il fattore tempo, proprio perché gli equilibri

sono definibili in condizioni atemporali. A causa di ciò la termodinamica non può dare alcuna indicazione ad esempio sulla velocità di trasformazione dei sistemi. Fissando inoltre le classiche variabili di riferimento la termodinamica è costretta ad escludere le influenze «attive» interne ed esterne al sistema. Così ad esempio i fenomeni fluttuanti, che dipendono dalle condizioni fisiche dello spazio che ci circonda, ed i fenomeni catalitici interni al sistema escono dalla portata dei suoi studi; dice Giorgio Piccardi: «... non possiamo però impedire le attività magnetiche delle macchie solari, che influenzano l'intensità della radiazione solare, che a sua volta influenza i fenomeni biologici ed anche molti fenomeni chimici, così come non possiamo fissare le variazioni del potenziale elettrico atmosferico che si accompagna ai temporali, né le variazioni del campo magnetico terrestre e tanti altri fenomeni naturali a carattere fluttuante, che in vari modi agiscono sulla natura e sulla vita del nostro pianeta».

Quale relazione hanno tali fenomeni, che genericamente indichiamo come «spaziali», con le attività di ricerca in laboratorio e più in generale con l'evoluzione della natura e della vita?

Quali sono i fenomeni biologici particolarmente sensibili alle variabili spaziali? E quali sono le reazioni chimiche? Piccardi in un suo scritto ricorda come il suo interesse fu rivolto a tali domande: «I chimici si lamentano sovente della non buona riproducibilità di alcune loro operazioni, pur avendo osservato tutte le modalità consuete, così accusano la giornata di essere cattiva o sfortunata» ed in un altro passo rammenta: «Fin dal 1939 mi ero accorto dell'esistenza di una relazione complessa tra eventi ambientali e fenomeni chimico fisici». Racconta inoltre di aver acquistato a Londra uno «Storm-Glass», detto anche impropriamente «Barometro Chimico» perché veniva usato come indicatore di buono o cattivo tempo; lo «Storm-Glass» è costituito da un tubo di vetro chiuso alla fiamma, lungo 20 cm e con diametro di circa 2 cm, contenente una soluzione idroalcolica di varie sostanze: cloruro ammonico, nitrato di potassio e canfora, con un eccesso di canfora che costituisce un corpo di fondo. Né la pressione, né l'umidità atmosferiche possono influenzare il sistema, soltanto la temperatura può far cristallizzare più o meno la canfora; tuttavia anche a temperatura quasi costante (entro due gradi) si notano le stesse variazioni imponentissime, a volte crescono dal fondo bellissime arboreescenti cristalline, a volte si formano delle stelline nella parte superiore del tubo, altre volte i cristalli si risogliono.

Piccardi trovò diversi sistemi chimici sensibili alle condizioni ambientali e che rispondevano ad esempio alle variazioni stagionali; tra i più semplici individuò la precipitazione dell'ossicloruro di bismuto allo stato colloidale, ottenuta versando in acqua una soluzione acida di tricloruro di bismuto. Questa reazione fu impiegata per i suoi test chimici, atti a studiare i fenomeni ambientali fluttuanti.

La scienza generalmente si disinteressa delle correlazioni tra fenomeni ambientali ed esperimenti di laboratorio, in quanto il metodo scientifico tradi-

zionale tende a definire un dominio cognitivo nel quale, tramite il controllo sperimentale di alcune variabili, sia possibile garantire la riproducibilità dei fenomeni posti nelle stesse condizioni, indipendentemente dal tempo nel quale vengono effettuati.

La termodinamica asserisce che solo lo stato di equilibrio può essere descritto tramite funzioni di stato. Altresì lontano dalle condizioni di equilibrio sappiamo che la funzione entropia varia sempre; questo è vero sia per un sistema isolato, dove l'entropia cresce fino al raggiungimento dell'equilibrio, sia per un sistema aperto e scambi di energia e/o materia, dove lontano dall'equilibrio, il valore dell'entropia può crescere o diminuire. La termodinamica classica considera solo sistemi isolati e processi reversibili rispetto al tempo, il che in pratica significa riferire i propri modelli ideali a processi infinitamente lenti; quindi questa è costretta a dimenticare ogni studio relativo alla storia evolutiva dei sistemi fisici che agiscono in condizioni lontane dall'equilibrio. In tal modo, sottolinea Piccardi, la storia evolutiva delle reazioni chimiche, durante il periodo di transizione tra vari stadi, non assume alcuna importanza scientifica.

Diversamente dai fenomeni presi in considerazione dalla termodinamica classica, i fenomeni fluttuanti sono naturalmente irreversibili a causa degli effetti «spaziali». Infatti è necessario considerare che la irreversibilità delle trasformazioni fisiche o chimiche può essere dovuta a fattori interni oppure esterni. Del primo tipo sono ad esempio l'attrito e la dispersione e degradazione dell'energia di un sistema, ma anche la reazione che si genera in opposizione agli spostamenti dell'equilibrio, quando si perturba un sistema in equilibrio stazionario (Principio di Le Chatelier).

I fenomeni fluttuanti implicano una irreversibilità del secondo tipo, poiché sono causati da fattori esterni ambientali e cosmici, che evidentemente non possono essere controllati in laboratorio e che non possono essere resi reversibili per mezzo del lavoro; ai fenomeni fluttuanti quindi non sono applicabili i criteri della termodinamica classica.

Piccardi pensò che per lo studio dei fenomeni fluttuanti era necessaria una metodologia di ricerca nuova ed anche differenti criteri di verificabilità scientifica. Egli dice: «Nel caso dei fenomeni fluttuanti, non potendo fissare le condizioni in cui si svolge un fenomeno, non possono considerarsi valide solo quelle esperienze che danno risultati costanti quando vengono effettuate nelle stesse condizioni. I fenomeni fluttuanti infatti non sono riproducibili a piacimento» e prosegue: «Il non poter riprodurre le condizioni in cui si svolge una esperienza ci pone il problema di registrare l'istante ed il periodo di tempo in cui l'esperimento si è svolto. Un'ora non è identica ad un'altra ora proprio perché i fenomeni sono fluttuanti. La data e l'ora caratterizzano una situazione fisica che cambia nel corso del tempo. Il tempo in chimica, biologia e fisica e forse in psicologia e sociologia non è soltanto una durata, ma una coordinata».

Secondo Piccardi il metodo capace di rendere indipendente l'osservazione

dal particolare individuo a cui capita di farla, in modo da avere una verifica oggettiva, cioè non legata ad un certo osservatore, può essere ottenuto mediante un adatto sistema di indagine scientifica che egli iniziò ad applicare nei suoi studi, quello detto dei «test chimici». Nei test chimici si utilizza il metodo del confronto comparativo differenziale di sistemi in evoluzione che si trovino nelle stesse condizioni rispetto alle variabili classiche, temperatura, pressione ed umidità, ed indicando il tempo, data, ora e minuto, in modo che possano essere studiati statisticamente i fenomeni osservati, al fine di analizzare l'eventuale periodicità dell'andamento.

Certamente i test chimici corrispondono ad osservazioni di fenomeni non in equilibrio, cioè di eventi dinamici in atto, tipo la nucleazione e la flocculazione di un precipitato dentro una provetta. Piccardi distinse qualitativamente due tipi di precipitazione: quella di tipo «T» durante la quale si osserva formarsi rapidamente un precipitato a carattere fioccoso e quella di tipo «R» quando il precipitato si forma con un leggero ritardo ed ha carattere polverulento. Dice Piccardi: «Il test è dinamico, perché il conteggio dei «T» e degli «R» si effettua durante l'evoluzione del sistema e non quando questa è terminata e quindi non si notano più le differenze osservabili tra un precipitato e l'altro». Infatti mentre le misure quantitative possono essere fatte solo all'equilibrio, le osservazioni qualitative devono essere condotte su sistemi in evoluzione, con metodi opportunamente standardizzati e differenziati. Così nel caso della precipitazione di un prodotto chimico, la pesata di questo va effettuata quando la reazione è terminata ed il precipitato è sedimentato completamente, mentre le differenze nella dinamica del processo possono essere apprezzate soltanto mentre il sistema è in evoluzione, creando dei riferimenti differenziali che permettano un confronto.

Certamente le osservazioni qualitative, visibili nel processo dinamico, vengono ignorate dalla metodologia quantitativa, mentre sono le uniche che possono dare indicazioni utili per tentare di capire i fenomeni fluttuanti. A noi studenti Piccardi faceva questo esempio: «Se nevicava, grandina o piove acqua gelata, per una misura quantitativa sono la stessa cosa, ma non è così per chi si preoccupa dei raccolti della terra; dare significato ai fenomeni osservati è un compito della scienza», e aggiungeva con la sua impeccabile sagacia tutta fiorentina, «ma ancora la scienza deve imparare a trattare con la qualità dei fenomeni osservati e comprendere che un sorriso non è uno dei tanti modi di mostrare i denti per contarli».

La descrizione degli eventi in termini qualitativi puri e semplici esce dal quadro cognitivo e metodologico della scienza accademica, perché l'osservazione qualitativa è fondata sulla rilevazione sensoriale diretta che, afferma Piccardi, non è sinonimo di imprecisione, perché la soggettività delle qualità osservate può essere adeguatamente eliminata per confronto. Certamente è noto che Galileo per primo considerò i fenomeni limitati all'osservazione sensoria come qualità secondarie e spesso trascurabili in quanto imperfette rispetto ad una imposta-

zione scientifica; ma invero procedendo senza rivalutare l'osservazione diretta, la scienza moderna rischia di considerare eccezioni di poco conto fenomeni generali e ben visibili, solo perché non rientrano nella metodologia tradizionale di ricerca, od anche solo perché non sono associabili a nessuna precedente interpretazione scientifica.

Piccardi, nel corso delle sue lunghe ricerche, notò un fatto nuovo che riguardava l'acqua e scrive a tale proposito: «Un dielettrico polarizzato induce per semplice contatto nell'acqua ed in altri liquidi polari delle modificazioni di tipo non-elastico, nel senso che queste modificazioni persistono per un lungo tempo dopo che è cessato il contatto con il dielettrico». Considerando che il fenomeno osservato poteva essere importante, invece di scartare la «strana» osservazione la utilizzo nei suoi test per differenziare il sistema; chiamò quest'acqua modificata nelle proprietà acqua «attivata». Precedentemente il confronto avveniva osservando i processi di flocculazione sia in ambiente aperto sia entro una camera schermata da lastre di rame, che ha la proprietà di limitare gli influssi di tipo elettromagnetico presenti nello spazio. I test chimici si arricchirono così della possibilità di fare confronti tra batterie di esperimenti condotti sia con acqua «attivata» che «normale» ed anche con e senza schermo di rame.

Giorgio Piccardi si domandò spesso quale fosse la portata dei fenomeni fluttuanti. Si rammaricava del fatto che «una grande massa di ricercatori fisici, chimici e biologi non si poneva questa domanda» e scriveva: «... eppure dal punto di vista generale non si può ignorare l'esistenza di condizioni fisiche ambientali importanti, che non si possono né fissare in laboratorio, né dominare nella vita». Per essere capaci di inoltrarsi in campi poco esplorati dalla scienza egli fece presente, in alcune relazioni generali, che il problema non è soltanto di ordine scientifico, ma soprattutto di educazione scientifica; infatti ritenne che lo spirito di ricerca del nuovo doveva essere stimolato in un insegnamento della scienza che chiarendone i limiti, permetta sempre agli studenti di essere in condizioni di intendere ciò che non gli è stato, né poteva ancora essergli insegnato.

NOTA BIBLIOGRAFICA: Tutta la documentazione sulle ricerche di Giorgio Piccardi è reperibile presso la Biblioteca di Chimica dell'Università di Firenze.

MARINA BICCHIERI (\*)

## La stampa e i suoi inchiostri (\*\*)

### The Printing and its Inks.

**Summary** - The need to transmit her cultural heritage led humanity to the discovering of writing art, media and supports. The further diffusion of culture in the world allowed to the invention of printing, a process for reproducing text and illustrations, traditionally by applying ink under pressure onto a paper surface. The article begins with an overview on the origins of the printing art and movable types. Characteristics of inks, related to printing techniques, their mechanism of penetration, absorption and drying are also discussed.

### INTRODUZIONE.

L'innata necessità dell'uomo di trasmettere le proprie scoperte, la storia, le tradizioni, in breve tutto ciò che costituisce la sua cultura, ha fatto sì che venissero inventati dei simboli atti a far da tramite fra il narratore ed i posteri. Nascono così le prime forme di comunicazione, che possiamo chiamare *scritture mnemoniche* (come i «quippus» peruviani, i bastoni intagliati, presenti in quasi tutto il mondo, i «wampum» dei pellirosse), cui seguirono altre scritture: *pittografiche, ideografiche, fonetiche, sillabiche, alfabetiche*.

Vari sono stati i supporti scrittori impiegati: dalle cortecce alle tavolette d'argilla, fino ad arrivare alle grandi scoperte del papiro, della pergamena e, finalmente, della carta.

Anche i mezzi per scrivere si sono evoluti di pari passo: dalle incisioni si è via via passati alla scrittura tramite gli *inchiostri*, sostanze che si fissano sul materiale da tingere, conferendogli una colorazione differente da quella originaria. Essi

(\*) Chimico Direttore Coordinatore, Istituto Centrale per la Patologia del Libro, Ministero per i Beni Culturali ed Ambientali.

(\*\*) Relazione presentata al V Convegno Nazionale di «Storia e Fondamenti della Chimica» (Perugia, 27-30 ottobre 1995).

vengono tratti dal fondo per adsorbimento e soluzione o per formazione di legami chimici col substrato. Fino al 1856, anno in cui fu scoperta e sintetizzata la *mauveina*, la chimica del colore si è basata esclusivamente sull'impiego di composti di origine naturale (estratti vegetali, animali, pigmenti inorganici).

La necessità di diffondere la cultura portò alla nascita della *stampa* ed al bisogno di trovare formule per gli inchiostri che fossero adatte a questa nuova tecnica.

La stampa è un processo ripetitivo durante il quale si trasferisce su di un supporto, abitualmente carta, un mezzo di contrasto (inchiostro) prelevato da una matrice (forma stampante).

#### STAMPA: ORIGINI E CRONOLOGIA.

Come molte delle più grandi invenzioni, la stampa ha origine in Cina, durante il periodo della dinastia T'ang (618-907 d.C.) che fu una delle più importanti dinastie cinesi, marcata da un grande potere militare, stabilità politica, prosperità economica e sviluppo delle arti e della cultura (età dell'oro della poesia cinese).

La cronologia delle origini della stampa e dei caratteri mobili è riportata in Tabella 1.

#### GLI INCHIOSTRI DA STAMPA.

Gli inchiostri sono liquidi *tixotropici*, una particolare classe di liquidi *non newtoniani*. Sono cioè sostanze pseudoplastiche la cui viscosità,  $\eta$ , a temperatura costante, diminuisce in modo continuo con l'aumentare della forza applicata, fino a raggiungere un valore limite che si mantiene pressoché invariato. I sistemi tixotropici, se in quiete, si comportano come gel (alta  $\eta$ ), mentre sotto agitazione diventano fluidi (bassa  $\eta$ ).

Tutti gli inchiostri, quale che sia il loro impiego, devono rispondere ad alcuni requisiti:

1. essere scorrevoli, senza dar luogo a sgocciolamento;
2. possedere perfetta omogeneità della massa;
3. penetrare nella carta, anche non molto collata, senza spandere troppo per capillarità;
4. asciugare rapidamente, senza alterarsi alla luce e all'aria;
5. non avere azione corrosiva rispetto alla carta, ai pennini, alle forme stampanti;
6. essere facilmente rimovibili dai caratteri di stampa;
7. non avere odore sgradevole e non essere tossici;
8. non essere sensibili agli attacchi di muffe o altri microrganismi;
9. non lasciare troppi depositi in contenitori aperti.

TABELLA 1 - Cronologia delle origini della stampa e dei caratteri mobili.

Anno (d.C.)	PAESE - STAMPATORE - OPERA
594	<i>Cina</i> : primi saggi di stampa su tavoletta lignea.
764-770	<i>Giappone</i> : «Gli incantesimi di Budda».
868	<i>Turkestan</i> : «Il diamante Sutra».
950	<i>Cina</i> : stampa dei classici cinesi (130 volumi) su iniziativa del Ministro Fong Tao.
1041-1048	<i>Cina</i> : l'alchimista Pi Sheng sperimenta caratteri mobili in terracotta.
1313	<i>Cina</i> : il magistrato Wang Chen ordina 60.000 caratteri mobili per la stampa di un trattato di storia della tecnologia.
1403	<i>Corea</i> : il re Htai Tjong ordina 100.000 caratteri in bronzo.
1450	<i>Germania</i> : primi tentativi di Gutenberg.
1454	<i>Germania</i> , Magonza: stampa di un'indulgenza papale.
1455	<i>Germania</i> , Magonza: Gutenberg stampa una Bibbia a 42 linee.
1457	<i>Germania</i> , Magonza: Fust e Schöffer pubblicano un «Salterio», primo libro con iniziali a colore, punto fermo, punto interrogativo, due punti.
1461	<i>Germania</i> , Magonza: raccolta di favole di Ulrich Boner, primo libro a stampa tipografica con illustrazioni xilografiche.
1461	<i>Germania</i> , Strasburgo: Mentelin stampa una Bibbia latina «in folio».
1465	<i>Italia</i> , Subiaco: Sweynheim e Pannartz pubblicano «Donato pro puerulis», ormai scomparso, composto con carattere tondo. Nello stesso anno stampano il «De Oratore» di Cicerone, primo libro italiano giunto fino a noi.
1466	<i>Germania</i> , Strasburgo: Eggstein pubblica il primo avviso pubblicitario a stampa.
1477	<i>Italia</i> , Bologna: Domenico De' Lapi stampa «Cosmogonia di Tolomeo», prima edizione italiana di volume con carte geografiche incise su rame (da disegni di Taddeo Crivelli).
1478	<i>Italia</i> , Verona: «L'arte di ben morire» di Domenico Capranica, primo esempio di libro recante cornici eseguite con fregi incisi e fusi in metallo (tecnica dei «piccoli ferri»).
1495	<i>Italia</i> , Venezia: Manuzio pubblica «Salterium Graecum». È il primo libro completo di testo, illustrazioni, titoli, fregi, finalini.

Le formulazioni sono differenti a seconda del metodo di stampa da impiegare, ma, indipendentemente dall'uso, la costituzione dell'inchiostro consta di una *parte legante* e di una *parte colorante*, cui vanno aggiunti degli eventuali *tensioattivi e disperdenti*, spesso necessari per evitare che negli inchiostri con pigmenti possano avvenire fenomeni di flocculazione o di sedimentazione, degli *adiuvanti di lavorazione e dei prodotti antimuffa o antibatterici*.

La *parte colorante* determina le caratteristiche cromatiche dell'inchiostro ed è costituita da due componenti: un *pigmento*, composto colorato insolubile nel legante ed un *colorante solubile* nel legante.

I *pigmenti inorganici* sono abitualmente coprenti, tranne: blu ferro (trasparente), carbonato di calcio, caolino, idrato di alluminio (semi coprenti); gli *organici*, tranne il nero carbone (semi coprente) ed i pigmenti fluorescenti (coprenti), sono di solito trasparenti.

I principali coloranti impiegati nella stampa e contenuti nel Color Index, sono:

- *pigmenti organici*: gialli benzidina, gialli permanenti, aranci benzidina, rubini litolo, rossi lacca C, blu ftalocianina, blu fanale, blu alcali, verde ftalocianina, violetto fanale, nero carbone;
- *pigmenti inorganici*: gialli ossido di ferro, gialli al cromo, gialli cadmio, aranci molibdeno, rossi cadmio, rossi ossido di ferro, alluminio in polvere, bronzo in polvere, neri ossido di ferro, blu ferro, ossido di titanio, litopone, ossido di zinco, caolino, carbonato di calcio;
- *coloranti solubili*: gialli auramina, rossi rodamina, violetti metile, blu Vittoria, verdi malachite.

La *parte legante* consta essenzialmente di tre componenti: il *veicolo*, che ha lo scopo di trasportare l'inchiostro dal «calamaio» ai rulli inchiostrotori, alla forma stampante e, finalmente, sulla carta; il *solvente*, nel quale si deve sciogliere il colorante solubile e disperdere quello insolubile, deve conferire all'inchiostro la fluidità necessaria per trasferirsi dalla forma stampante al supporto; gli *agenti modificanti*, impartiscono all'inchiostro le caratteristiche richieste per ogni tecnica di stampa. Fra i modificanti sono di particolare importanza gli *agenti essiccanti*, che controllano la durata, il tipo ed il modo di essiccazione dell'inchiostro.

La chimica di sintesi ha permesso di sostituire alle resine naturali, come la colofonia, una vasta gamma di resine sintetiche, fra le quali trovano grande applicazione le resine epossidiche, fenoliche, maleiche, alchidiche, acriliche, viniliche, melamminiche, ureiche, i poliesteri ed i poliuretani.

La parte legante di un inchiostro costituisce la *fase mobile* del processo di asciugatura, che può avvenire secondo differenti meccanismi:

- *penetrazione*: processo tipico dei supporti molto assorbenti e dei sistemi omogenei, costituiti da coloranti solubili. L'inchiostro depositato sul supporto inizia a diffondere sia in superficie che nello spessore. La penetrazione è tanto

TABELLA 2 - Componenti di un inchiostro da stampa.

Parte Colorante	Parte Legante		
COLORANTI	VEICOLI	MODIFICANTI	SOLVENTI
pigmenti organici pigmenti inorganici coloranti solubili	resine naturali resine sintetiche oli minerali oli resinici olio di lino glicerina gomma ...	plastificanti cere oli agenti bagnanti agenti stabilizzanti agenti antischiuma agenti essiccanti	composti alifatici composti aromatici chetoni esteri acqua

maggior quanto minore è la viscosità dell'inchiostro e quanto maggiore è la sua affinità per il supporto stesso (ad es. gruppi -OH della catena cellulosica).

- *filtrazione selettiva*: processo tipico dei sistemi dispersi. Il supporto da stampare si può immaginare come costituito da interstizi, capillari, macro e micropori. Nei macropori e negli interstizi penetra tutto l'inchiostro, mentre nei micropori e nei capillari diffondono solo il solvente e le frazioni del legante a più basso peso molecolare. Ciò crea un aumento di viscosità dell'inchiostro che si impoverisce di fase mobile e si trasforma in un film stabile.

In taluni inchiostri la formulazione resina-pigmento-solvente è tale da consentire penetrazione selettiva del solo solvente, cosa questa che porta ad una rapida formazione del film superficiale stabile.

Il passaggio successivo conduce all'essiccamento del film stesso ed al suo ancoraggio al supporto.

I meccanismi di *essiccamento* sono essenzialmente due:

- *polimerizzazione ossidativa*: la resina reticola per formazione di legami a ponte ossigeno fra le diverse molecole di resina. L'ossigeno è fornito dall'aria ed attacca i doppi legami dell'acido grasso, presente nella resina come modificante.
- *evaporazione*: è un fenomeno che avviene per tutti i tipi di inchiostro da stampa, ma è il principale responsabile dell'essiccamento degli inchiostri che si usano su supporti non porosi (plastiche, metalli...). È favorito dall'impiego di calore e sfrutta la maggiore tensione di vapore del solvente rispetto ai componenti solidi dell'inchiostro. Bisogna comunque evitare in questa fase temperature troppo elevate che possono provocare:
  - asciugatura rapida solo dello strato superficiale dell'inchiostro, mentre il corpo sottostante non può più evaporare;

- formazione di un film non compatto che tende a frammentarsi;
- alterazione del supporto con variazioni dimensionali, cromatiche o, nel caso di materiali termoplastici, la parziale fusione del supporto.

Quanto sopra scritto è valido in linea di massima per ogni tipo di inchiostro, ma, ai fini di una più dettagliata trattazione è opportuno dividere gli inchiostri in base alla tecnica cui devono essere applicati.

#### TECNICHE DI STAMPA.

I metodi di stampa più importanti dal punto di vista storico artistico si dividono in due grandi categorie: *tecniche di incisione* (in rilievo ed in incavo) e *tecniche di non incisione* (in piano).

Le tecniche in rilievo, a loro volta, si dividono in due classi: *xilografia* e *tipografia* e quelle in incavo possono essere ottenute mediante *incisione meccanica* o per *incisione chimica*.

#### *Xilografia.*

La xilografia, il più antico procedimento di stampa (fine del II secolo d.C. in Cina), appare in Europa verso la fine del XIV secolo. Il metodo, dapprima impiegato per immagini di carattere religioso, si affermò per la riproduzione di carte da gioco, stampate in grande quantità già nel primo '400. Il più antico libro xilografico conservato è la «*Bibbia Pauperum*», edito ad Heidelberg nel 1440.

Le xilografie sono ottenute attraverso una forma in legno in cui l'incisione avviene nelle zone che *non* devono essere stampate. La forma, inchiostrata, viene pressata contro il foglio.

Originariamente il legno veniva tagliato parallelamente alle fibre (*Legno di Filo*). La grana ottenuta intagliando con *sgorbia* o con *scalpello* è grossolana, in quanto il rischio che la fibra di legno si spezzi o si distacchi fa sì che non si possano operare intagli molto fini.

Maggiore finezza di intaglio e di dettaglio si ottiene operando con il *Legno di Testa*, tagliato perpendicolarmente al tronco. Tale legno è molto più duro da lavorare e per inciderlo si usa il *bulino*, strumento abitualmente impiegato per le incisioni su metallo.

L'introduzione del legno di testa risale a 1775 ad opera di Thomas Bewick.

La durata di una forma xilografica è piuttosto breve perché la pressione di stampa è molto elevata e conduce rapidamente alla perdita di dettagli ed all'appiattimento delle parti in rilievo.

La xilografia si presta alla riproduzione di carte da gioco, illustrazioni di città, figure, ma non altrettanto bene alla riproduzione di testi.

Con la matrice in legno si possono applicare due procedimenti:

- *Camieux* in cui la stampa è ottenuta con due matrici: una rende il disegno e l'altra il chiaroscuro. Occorrono così due stampe successive sul medesimo foglio.
- *Chiaroscuro* in cui la stampa è ottenuta con più legni (da due a quattro). Ogni matrice riporta solo una parte del disegno ed è inchiostrata con toni differenti di uno stesso colore.

Si contendono l'invenzione di tale tecnica l'italiano Ugo da Carpi (1480-1532?) ed i tedeschi Hans Burgkmair (1473-1531) e Lucas Cranach (1472-1553). Di questi ultimi sono note xilografie in chiaroscuro del 1510, mentre non ci sono prove evidenti di xilografie in chiaroscuro di Ugo da Carpi antecedenti al 1516.

Gli *inchiostri xilografici*, che non devono essere troppo fluidi, sono costituiti da:

- nerofumo (spesso accompagnato da indaco o da Azzurro di Berlino)
- olio di lino o di noce cotti
- resine vegetali spesso saponificate

e la loro costituzione è rimasta pressoché inalterata nel tempo.

### *Tipografia.*

È una tecnica di incisione in rilievo che si presta ugualmente bene per la riproduzione di testi e di illustrazioni.

Nel «Chronicon» di Eusebio, completato da Prospero Fiorentino e Matteo Palmario Pisano e stampato a Venezia nel 1483, appare la notizia che il sistema tipografico fu scoperto da Gutenberg nel 1440 ed un regolamento emanato ad Amburgo nel 1502 distingue le professioni di stampatore tipografo da quella di stampatore di xilografie.

Nelle forme stampanti metalliche la zona stampante è in rilievo. I caratteri da stampa sono ottenuti per fusione di una lega di piombo, antimonio e stagno. I *cliché* tipografici, parti di forma stampante per la riproduzione di immagini, sono costituiti da sottili lastre metalliche di zinco o rame con parti in incavo (non stampanti) e zone in rilievo (stampanti). Possono essere di due tipi:

- *al tratto* in cui si alternano zone in incavo e zone in rilievo a fondo pieno ed omogeneo. Con tale tecnica si ottiene, in stampa, un'alternanza di bianchi e di neri con esclusione di qualsiasi chiaroscuro;
- *a mezzatinta* in cui le variazioni tonali sono ottenute con cliché retinati, costituiti da una serie ordinata di punti in rilievo, con superficie più o meno grande, emergenti da una rete di sottilissime linee incise.

Gli *inchiostri tipografici* hanno come requisito essenziale la perfetta omogeneità della massa, l'inalterabilità all'aria, la rapidità di asciugamento e una pene-

trazione non eccessiva nel foglio, seppure sufficiente ad ottenere un ottimo risultato. Sono degli inchiostri grassi, costituiti da una vernice base e da pigmenti.

• *vernice:*

- |                                |                        |
|--------------------------------|------------------------|
| a) olio di lino cotto o crudo, | b) olio di lino crudo, |
| olio minerale,                 | olio di resina,        |
| resinato di calcio             | colofonia              |

alla vernice, che è responsabile dell'aspetto estetico della stampa, possono essere aggiunte gomme ed essiccanti, quali toluene e xilene.

L'evoluzione della chimica ha portato alla sostituzione delle resine naturali con resine sintetiche (resine alchidiche, colofonia modificata con resina maleica o fenolica, resine polidieniche).

• *pigmento:* sono stati impiegati svariati pigmenti di origine naturale ed ora di sintesi.

Per la riproduzione grafica dei colori si utilizza la *sintesi sottrattiva*: i pigmenti dei vari inchiostri fungono da filtro, bloccando le differenti radiazioni luminose comprese nella luce bianca riflessa dalla carta. Si impiegano abitualmente tre *colori primari* (tricromia): *giallo, magenta e ciano* le cui sovrapposizioni danno luogo ad altri colori:

giallo + magenta	= rosso
giallo + ciano	= verde
ciano + magenta	= blu
giallo + magenta + ciano	= nero

Tra i pigmenti maggiormente usati, neri, gialli, rossi e blu, si possono ricordare: nerofumo, carbon black, blu acciaio, blu bronzo, caolino, ...

I pigmenti vengono addizionati di lecitina o, di resine sintetiche.

### *Calcografia.*

È una tecnica di incisione meccanica, che nasce contemporaneamente in Germania ed in Italia verso la metà del XV secolo, in cui le zone stampanti non sono in rilievo, ma in incavo. Il metallo, molto malleabile come il rame, permette la riproduzione di piccoli particolari. Le principali tecniche incisive si differenziano in base allo strumento impiegato.

- Con il *niello*, strumento degli orafi, sono state realizzate, le più antiche calcografie. Dei primi incisori si conoscono solo le iniziali o gli pseudonimi (Mastro S.; Mastro delle Carte da Gioco ...)
- La tecnica a niello fu poi sostituita dalle incisioni con *bulino*, strumento a sezione triangolare o ellittica o a losanga. Caratteristica di queste incisioni è il segno nettissimo: le «barbe» che si formano attorno alla traccia, quando si distacca il riccio di rame, vengono infatti eliminate, raschiandole via.

- Nella tecnica a *punta secca*, in cui si usa una punta metallica meno penetrante del bulino, le «barbe» vengono lasciate sulla lastra, conferendo al segno maggiore morbidezza.
- La *mezzatinta o maniera nera* impiega una lastra incisa in tutte le direzioni con uno strumento in acciaio, detto mezzaluna o «berceau». Tale fitta rete di incisioni, in stampa, dà un effetto nero continuo, ma morbido e non omogeneo. Il disegno viene riportato sulla lastra con un procedimento in negativo: per ottenere i bianchi e le varie tonalità di grigio si eliminano infatti le «barbe» e si appiattiscono più o meno completamente i solchi.

Qualsiasi tecnica calcografica, comunque, richiede l'uso di matrici metalliche, di vernici per coprire le lastre stesse, di mordenti, perché avvenga l'incisione.

Gli *inchiostri calcografici* sono inchiostri molto densi. Per evitare una eccessiva nitidezza del tratto sulla lastra, dopo inchiostatura, viene spesso appoggiato un velo che risucchia in parte e non uniformemente l'inchiostro.

Sono costituiti da:

- pigmento bianco o colorato finemente macinato
- olio di noce cotto.

#### *Incisioni chimiche.*

Le tecniche di incisione chimica si differenziano per i trattamenti che le lastre subiscono (verniciatura e morsura), ma gli *inchiostri* impiegati sono comuni a tutti i tipi di stampa ed hanno composizione identica a quelli per calcografia.

- *Acquaforde*: la tecnica pare fosse conosciuta già negli ultimi anni del quattrocento, ma la più antica acquaforde di data certa (1513) è la «Cortigiana che si lava i piedi» di Urs Graf. In origine erano impiegate lastre di ferro, ma dal 1515 circa si cominciarono ad usare lastre di rame.

La tecnica prevede che il metallo sia dapprima ricoperto di cera, sulla quale, dopo annerimento con fumo, si riporta direttamente il disegno. L'artista è dunque libero di esprimersi, dato che lo strato ceroso non oppone praticamente resistenza al disegno.

La lastra viene quindi immersa in una soluzione acquosa di mordente Olandese (soluzioni acquose di acido cloridrico, clorato di potassio, cloruro di sodio, cloruro ferrico) o di acido nitrico o di cloruro ferrico (*morsura*) ed il metallo si corrode solo nelle parti non protette dalla cera. Per ottenere contrasti cromatici di varia intensità si può procedere fino ad un massimo di quattro morsure, ricoprendo di volta in volta con cera le zone che si ritengono sufficientemente incise.

- *Gravure au lavis*: negli anni che vanno dal 1756 al 1762 Jean Charles François, Jean Baptiste Leprince e François Charpentier mettono a punto indipendentemente una tecnica incisoria il cui procedimento è identico a

- quello dell'acquaforte, arricchito però da pennellate di acido stese direttamente sulla lastra metallica. L'artista regola in questo modo direttamente l'entità della corrosione ed ottiene, in fase di stampa, vari toni di ombre.
- *Acquatinta*: con questo metodo si provocano chiaroscuri spruzzando sulla lastra di rame delle polveri (asfalto, sale, sabbia, resine sintetiche) che vengono fatte poi fondere. In seguito le lastre sono sottoposte a morsura, come nell'acquaforte. I fondi pieni risultano, in fase di stampa, non più compatti, ma suddivisi in una fitta rete di granulazione, appena percettibile ad occhio nudo.
  - *Punteggiato*: si differenzia dall'acquaforte nel metodo di asportazione della cera (disegno), che avviene tramite una punta fornita di aghi. Ne risultano stampe scomposte in una miriade di punti più o meno ravvicinati a seconda dell'intensità cromatica che si vuole ottenere. L'invenzione di questo metodo risale al 1780 circa
  - *Vernice molle*: è sempre una tecnica all'acquaforte e risale al 1770. Si differenzia da quest'ultima perché il disegno si effettua con una punta smussata su un foglio di carta fissato sulla lastra incerata. Le incisioni sono meno profonde e la stampa produce effetti molto sfumati.

#### *Litografia.*

La tecnica è stata inventata da Senfelder, cui tra l'altro appartiene un brevetto per una penna speciale per scrivere sulla pietra litografica, negli anni 1796-1805 (1796: scoperta del principio del metodo, 1798: tecniche di incisione su pietra e di trasporto e costruzione di un torchio litografico, 1799: disegno a matita su pietra, 1805: scoperta delle proprietà litografiche dello zinco).

La forma stampante è costituita da una pietra calcarea, la cui superficie può essere resa fortemente idrofila per trattamento con un blando acido e con colloidi. Zone idrofobe si ottengono ricoprendo la pietra con matita grassa, sulla quale poi si depositerà l'inchiostro. La stampa che si ottiene è rovesciata rispetto al disegno originale.

Il litografo deve avere a disposizione, non solo l'inchiostro per il trasporto su carta, ma anche una serie di altri inchiostri necessari per imprimere la pietra:

- *matita litografica*, matita colorata, grassa, in grado di lasciare sulla pietra una traccia impermeabile all'acqua, può essere nera, blu o sanguigna e, a seconda della composizione, è più o meno dura ed è costituita essenzialmente da sapone di Marsiglia, cera, grasso (originariamente di montone) e nerofumo.
- *Inchiostro duro per scrivere*, per disegnare direttamente sul metallo, costituito da cera d'api, gommalacca, grasso di montone, sapone di Marsiglia e nerofumo. Tale miscuglio, per essere più morbido, è spesso addizionato di talco, bitume di Giudea e mastice.

- *Inchiostro molle*, serve per effettuare lavori a pennello o per riempire grandi superfici. Si ottiene fondendo insieme matita litografica e grasso di montone.
- *Inchiostro per copia*, serve per la stampa e differisce in composizione a seconda che l'incisione sia su lastra di metallo o su pietra. è costituito da un *corpo grasso* (sapone di Marsiglia, cera d'api, spermaceti), *coloranti* (nerofumo, inchiostro nero litografico o pigmenti colorati), *leganti* (gommalacca, mastice, trementina).

### *Serigrafia.*

Nel 1907 Samuel Simon di Manchester deposita un brevetto per la stampa con matrici di tela. La forma stampante o setaccio (in origine di seta) è resa impermeabile in alcune zone, tramite l'applicazione di resine o di maschere.

Il setaccio viene posto a contatto con la carta ed inchiostrato. Saranno stampanti solo le parti permeabili.

Gli *Inchiostri serigrafici* possono asciugare per ossidazione all'aria o per evaporazione del solvente e sono costituiti da:

- pigmenti bianchi o colorati
- essiccanti (composti di cobalto e manganese)
- solventi (alcol etilico e butilico, glicoli).

### CONCLUSIONE.

La breve trattazione sulla stampa e sugli inchiostri non ha la pretesa di essere esauriente: troppe tecniche importantissime e di uso quotidiano, infatti sono state, per brevità, trascurate.

Si voleva solo evidenziare quale ruolo per la cultura scritta abbia esercitato l'evolversi della chimica.

L'invenzione degli inchiostri, infatti, ha consentito di poter trasmettere la cultura ai posteri, la scoperta dei coloranti sintetici ha reso possibile sostituire le sostanze naturali con prodotti con standard qualitativi più alti e riproducibili. L'impiego poi di resine sintetiche, come veicolanti o plastificanti e di vernici e lacche sintetiche ha permesso di ottenere una più vasta gamma di inchiostri dalle caratteristiche ottiche (opacità o brillantezza o densità) e reologiche tali da poter soddisfare qualsiasi esigenza di impiego. Si pensi ad esempio all'aggiunta, negli inchiostri per carte valori, di sostanze (periodicamente variate) che assorbono ad una prefissata lunghezza d'onda, oppure all'impiego di inchiostri che cambiano di colore per azione di solventi o blandi abrasivi, per rendere più difficile la contraffazione.

BIBLIOGRAFIA ESSENZIALE

- BARGILLIAT A., *Offret-Litro, Procédés Manuels*, Institut National des Industries et Arts Graphiques, Parigi 1945.
- ELFON J.R., *Storia del mondo moderno: La Riforma 1520-1539*, Garzanti, Milano 1967.
- Description des Arts et Métiers, vol XV: Art du Papier*, Parigi 1772 (stampa anastatica Slatkine Reprints, Ginevra 1984).
- FRASSINELLI C., *Enciclopedia poligrafica, Monografia serie D<sup>1</sup> - Trattato di architettura tipografica*, Raggio, Roma 1955.
- GALLO A., *Il Libro*, S.A. Tuminelli - Studium Urbis, Roma 1956.
- GIANNI E. *Stampa Legatoria e Cartotecnica. Tecnologie ed Impianti*, Hoepli, Milano 1969.
- HOPSTÄTTER H.H., *La Grafica Art Nouveau*, Frassinelli, Milano 1984.
- JOBSON W.H., NEWKIRK L.V., *The Graphic Arts*, The Macmillan Company, New York 1955.
- L'arte grafica in Italia*, ILTE, Torino 1959.
- PELLITTERI G., STEFANELLI G., MICCOLI F., *Tipo-composizione*, Raggio, Roma 1950.
- POTTER G.R., *Storia del mondo moderno: Il Rinascimento 1493-1520*, Garzanti, Milano 1977.
- SERPENT A., *La tecnica di stampa*, Scuola Salesiana di stampa, Milano 1952.
- TRIVISANI P., *Enciclopedia Poligrafica, Monografia A<sup>1</sup> - Storia della Stampa*, Raggio, Roma 1953.
- WEITPERT H., CONZET C., STICKINGER W., *Lexograph*, Belsen Verlag, Stuttgart 1963.

LUIGI CERRUTI (\*)

**Situazione conoscitiva e insegnamento della chimica.  
La *Chemical Philosophy* di W. A. Tilden (\*\*)**

**Summary** - At any time every scientist lives in a particular situation of knowledge. This «situation» is conceptually related with Whitehead's occasion of knowledge and conditioned by several factors: his or her training and professional position, available experimental and theoretical procedures (with related epistemological hierarchies), research topics. The linguistic analysis of manuals, published in successive editions for a long time, let us make a careful study of the changes of the Author's situation of knowledge. W.A. Tilden's *Chemical Philosophy* is put in the context of the rich publishing trade of elementary scientific books in the late Victorian England. The textual analysis of five editions (1876-1901) of Tilden's *Chemical Philosophy* gives results that matter in (at least) two fields: the history of scientific education and the history of science. In the former field it is demonstrated the non-naturalness of propaedeutics, which, in actual fact, depend on teachers' situation of knowledge. In the latter field it is confirmed that textual analysis can precise the changes in the epistemological status of facts and theories, and focus the reception mechanisms of new theories.

Nel nostro precedente incontro di Venezia ho indicato la situazione conoscitiva dello scienziato come un luogo storiografico interessante,<sup>1</sup> perché la sua ricostruzione in diversi punti di un percorso di ricerca (personale) permetterebbe di cogliere diverse componenti del concreto, effettivo porsi del ricercatore nel contesto della sua pratica professionale. L'utilizzo di tecniche di analisi testuale farebbe sì che una simile indagine, pur rimanendo tematicamente incentrata su un singolo individuo, sia in grado di superare il limite biografico mediante il

(\*) Dipartimento di Chimica Generale ed Organica Applicata, Università di Torino.

(\*\*) Relazione presentata al V Convegno Nazionale di «Storia e Fondamenti della Chimica» (Perugia, 27-30 ottobre 1993).

<sup>1</sup> L. CERRUTI, *Le parole / preferiscono il suono. Analisi linguistica e pratica storiografica*, in G. Michelon (a cura di), *Atti del IV Convegno Nazionale di Storia e Fondamenti della Chimica*, Roma, Accademia Nazionale delle Scienze, 1992, pp. 333-340.

riferimento all'uso del linguaggio — uso prettamente personale di uno strumento essenzialmente sociale. Tuttavia vedremo subito come la *complessità della situazione conoscitiva* consigli di privilegiarne alcuni tratti, proprio per cercare di coglierne la mobilità temporale. In questo contributo appunterò l'attenzione su William Augustus Tilden (1842-1926), così come feci nel nostro Convegno di Cosenza, in cui misi l'attività didattica di Tilden sullo sfondo dell'insegnamento delle scienze nell'Inghilterra vittoriana.<sup>2</sup>

#### 1. LA SITUAZIONE CONOSCITIVA: TRA RICERCA E DIDATTICA.

Ovviamente uno studio che intenda descrivere il divenire della situazione conoscitiva di uno scienziato corre un rischio estremo, quello di sottrarre alla storia della scienza (cui vuole contribuire) la possibilità stessa di un *racconto*. Questa privazione radicale è il portato immediato della frantumazione dell'attività conoscitiva dello scienziato in una successione interminabile di eventi, ciascuno ricostruibile e *per se* significativo, indipendentemente dalla sua rilevanza storiografica. Tuttavia A.N. Whitehead ha sollevato molti anni fa il problema dell'«occasione di conoscenza»: «È impossibile dare un peso eccessivo al fatto che la chiave del processo di induzione, come è impiegato nella scienza o nel nostro vivere usuale, deve essere trovata nella giusta comprensione dell'immediata occasione di conoscenza (*occasion of knowledge*) nella sua piena concretezza». Il filosofo e matematico inglese considerava in particolare la connessione fra l'immediato — concreto accadere dell'atto conoscitivo e la sequenza di simili atti già realizzata in passato: «In ogni occasione di conoscenza (*cognition*) ciò che è conosciuto è un'effettiva occasione di esperienza, così come è diversificata in riferimento ad un insieme di entità che trascendono quell'occasione immediata, in quanto esse hanno connessioni analoghe o differenti con altre occasioni di esperienza».<sup>3</sup> Quindi ogni atto conoscitivo risente per assonanza/disonanza di tutti gli atti precedenti, in altri termini è condizionato da *quanto* e *come* si è già conosciuto. A queste osservazioni di Whitehead aggiungo che ogni nuova conoscenza presenta degli aspetti *temporalmente retroattivi* ed *epistemologicamente diffusi*,<sup>4</sup> ovvero essa non ha una funzione meramente «additiva» al patrimonio del già-conosciuto, ma lo modifica, sia dal punto di vista di un riassetto

<sup>2</sup> L. CERRETTI, *Payment by Results: l'insegnamento della chimica nell'Inghilterra vittoriana*, in F. Abbri, F. Crispini (a cura di), *Atti del III Convegno Nazionale di Storia e Fondamenti della Chimica*, Cosenza, Brenner, 1991, pp. 181-194.

<sup>3</sup> A.N. WHITEHEAD, *Science and the Modern World*, 1925, cit., in Nyanaponika Thera, *Abhidhamma Studies. Researches in Buddhist Psychology*, Kandy, Buddhist Publication Society, 1985, p. 6.

<sup>4</sup> Uso i termini già proposti nella relazione di Venezia, rif. 1, p. 342.

(con possibili elisioni) sia da quello di una modificazione del conosciuto anche in campi non immediatamente connessi con quello di stretta pertinenza dei nuovi fatti conoscitivi. Mi spiego con un esempio. Posto di fronte alle difficoltà interpretative di sempre nuovi dati sulle densità gassose degli elementi J.B. Dumas cambiò completamente la sua opinione sull'ipotesi di Avogadro e Ampère: nei dieci anni che dividono il suo classico lavoro del 1826 dalle *Leçons sur la Philosophie Chimique* del 1836 l'ipotesi sulla costituzione dei gas precipitò sempre più verso il basso nella gerarchia degli strumenti epistemologici impiegati dal chimico francese, fino a scomparire dal suo orizzonte conoscitivo. Questo «movimento» coinvolse in modo complesso l'intera gerarchia, modificando la posizione anche degli altri metodi utili per la determinazione dei pesi atomici, quali i calori specifici e (in particolare) i dati dell'isomorfismo.<sup>5</sup>

In una prospettiva prettamente storiografica la *situazione conoscitiva* ha forti analogie con la *Problemsituation* discussa da W. Strube, che connette in modo esemplare l'attività del chimico teorico con quella dello storico. L'elenco degli Autori citati da Strube è molto ampio e va da Stahl, Lavoisier e Berzelius a Cannizzaro, Kekulé e Medeleev: «I grandi teorici erano allo stesso tempo grandi storici, sia nel senso che studiavano la situazione del [loro] problema nel passato, per imparare da questi casi modello, sia anche nel senso che riconducevano il complesso dei problemi attuali alle radici storiche, per comprenderli e padroneggiarli».<sup>6</sup> La sottolineatura del carattere fortemente *riflessivo* dell'attività teorica è molto interessante: i problemi del presente sono visti nello specchio del passato, i pensieri attuali sono compresi nel confronto con quelli del passato. Così, se si tiene conto degli aspetti dinamici che connettono le diverse situazioni conoscitive vissute da uno scienziato, i suoi libri, spesso pubblicati e riediti per lunghi periodi di tempo, diventano come dei diari di bordo, la cui lettura ci può permettere di individuare alcune tappe degli itinerari intellettuali dell'Autore. Ma prima di addentrarci in un caso particolare conviene chiederci quale *parte* della situazione conoscitiva dell'Autore sarà più fedelmente rispecchiata quando il libro esaminato è un *libro di testo*, destinato cioè a far parte di un certo sistema educativo.

Ad una prima elencazione le componenti più «visibili» (documentabili) della situazione conoscitiva di uno scienziato possono essere raggruppate sotto tre voci: (a) i compiti istituzionali e accademici legati alla sua collocazione professionale. In questo ambito sono particolarmente significativi i mezzi di ricerca a disposizione e le attività didattiche; (b) le procedure sperimentali e teoriche utilizzate nella ricerca, con le relative gerarchie epistemologiche che in esse si instaurano; (c) i temi di ricerca effettivamente svolti. I «temi» del punto (c) sono i fuochi su cui convergono le procedure e le gerarchie del punto (b),

<sup>5</sup> L. CERBUTI, *Il Luogo del Sunto*, in S. Cannizzaro, *Sunto di un corso di filosofia chimica*, Palermo, Sellerio, pp. 73-282, rif. alle pp. 134-141.

<sup>6</sup> W. STRUBE, *Die Chemie und ihre Geschichte*, Berlin, Akademie, 1974, cit. alla p. 150.

secondo le «condizioni al contorno» del punto (a). Sarebbe perciò più spontaneo ricercare nell'articolo scientifico lo specchio immediato della situazione conoscitiva, tuttavia, a meno che si sia di fronte a monumenti come il *Sunto* di S. Cannizzaro o il *Beitrag* di A. Werner,<sup>7</sup> il singolo contributo non fornisce dati sufficienti per delineare i tratti della situazione conoscitiva, intrinsecamente più complessa del suo esito finale, il contributo scientifico appunto. D'altra parte il testo didattico non solo deve ricoprire per la sua stessa finalità uno spettro tematico molto più ampio di un articolo, ma è sottoposto a vincoli *istituzionali* più rigidi. Mentre il contesto di lettura di un articolo scientifico (rilevante) è dato da una comunità internazionale, in cui stili di ricerca anche diversissimi sono accettati o per lo meno discussi, il contesto di lettura di un libro di testo è strutturato da regole locali, spesso assai rigide.<sup>8</sup> Così, in riferimento alla situazione conoscitiva dell'Autore, il testo didattico dovrebbe riflettere ad un tempo i risultati della ricerca internazionale nel campo e le scelte personali/nazionali secondo cui questi risultati sono proposti agli studenti.

## 2. IL CASO DI WILLIAM TILDEN.

Uno degli aspetti che rendono particolarmente interessante la biografia di William Augustus Tilden è dato dalla «mobilità accademica» del nostro Autore.<sup>9</sup> Gli inizi della carriera di Tilden non furono facili, compiuti gli studi come «studente lavoratore» ottenne una prima posizione accademica al Clifford College di Bristol, dove ricoprì l'incarico di Senior Science Master dal 1872 al 1880. In quest'anno fu chiamato al Mason College di Birmingham come professore di chimica e fu eletto membro della Royal Society. Nel 1894 si trasferì, con lo stesso titolo accademico, al Royal College of Science di Londra, e quando esso fu assorbito dal neo-nato Imperial College egli ne divenne il primo professore di Chimica (1907). In realtà avrebbe voluto ritirarsi, ma poté farlo solo due anni più tardi, quando gli fu trovato un successore in Edward Thorpe. Al momento del ritiro ricevette dal Re il titolo di cavaliere e divenne Sir William

<sup>7</sup> L. CERRETTI, *Werner's Beitrag. A Linguistic and Epistemological Analysis*, in G.B. Kauffman (ed.), *Coordination Chemistry Centennial Symposium*, Washington, ACS, 1994, in corso di stampa.

<sup>8</sup> Questo è stato il caso inglese; v. rif. 2.

<sup>9</sup> Non esiste ancora un saggio critico su Tilden. Per ora non sono riuscito a mantenere la promessa di un contributo in questo senso, promessa fatta anni fa a Ferdinando Abbi e a Nancius. Rinvio quindi a: M.O.F., *Sir William Augustus Tilden*, «J. Chem. Soc.», 1927, pp. 3190-3202; J.C.P., *Sir William Augustus Tilden*, «Proc. Roy. Soc.», 117 (A), pp. i-v (1928). Entrambi gli Autori erano stati colleghi di Tilden: Martin Osalow Foerster (1872-1945) come assistente al Mason College, James Charles Philip (1873-1941) come *lecturer* al Royal College of Science e all'Imperial College.

Tilden. Si rintraccia facilmente un filo comune che lega i diversi ambienti didattici in cui si trovò ad operare: un fervore innovativo verso un «ammodernamento» delle strutture educative inglesi, ma la partecipazione del nostro Autore, appassionata a Bristol e a Birmingham, andò esaurendosi verso la fine della carriera per approdare ad una posizione conservatrice al volgere del secolo.<sup>10</sup> Questo limite temporale coincide con la pubblicazione dell'ultima edizione (1901) della *Chemical Philosophy*, l'opera più interessante di Tilden, e al medesimo limite fermerò l'analisi della sua attività scientifica.

In Fig. 1 ho schematizzato l'andamento temporale delle principali linee di ricerca del nostro Autore, così come è possibile dedurle dalle schede da lui stesso inviate nel 1881 e nel 1904 al *Biographisch-literarisches Handwörterbuch* che porta il nome di J.C. Poggendorff.<sup>11</sup> Anche se si mette in conto una certa arbitrarietà, propria di ogni classificazione, i contributi scientifici di Tilden si possono ordinare su quattro «linee» di ricerca. I primi lavori sperimentali (sui periodati delle basi organiche) e teorici (sui mutamenti nella nomenclatura chimica e nei pesi atomici, e sulla costituzione della materia) furono pubblicati mentre Tilden lavorava presso la Pharmaceutical Society. Questo filone di chimica generale si tramuterà, con il passare degli anni, in vera e propria chimica fisica, sfociando in importanti ricerche sui calori specifici dei metalli, iniziate nel 1898 e culminate con la prestigiosa Bakerian Lecture tenuta alla Royal Society nel 1900. Da un lavoro più prettamente di chimica inorganica, sui gas che si sviluppano dall'acqua regia, ebbe origine la tecnica sperimentale che maggiormente rese famoso Tilden, l'uso del cloruro di nitrosile nello studio dei terpeni. Questi lavori iniziarono nel 1874, con l'isolamento dell' $\text{NOCl}$  e l'indagine della sua interazione con il fenolo, per essere accentrati l'anno successivo sui terpeni, con un contributo sul nitrosocloruro di pinene. Come si vede dalla Fig. 1 gli articoli si infittiscono proprio alla vigilia della chiamata sulla cattedra di chimica del Mason College. Il tema è comunque ripreso più volte, procurando al nostro Autore il massimo di notorietà nel 1892, quando scopre che un campione di isoprene, purificato nel 1888, si è trasformato con una polimerizzazione spontanea in una sostanza simile al caucciù. Tutti gli articoli di questa lunga serie furono pubblicati sul più prestigioso organo di stampa dei chimici inglesi, il *Journal of the Chemical Society*, a partire dai primi tre (1874-75); sullo stesso *Journal* erano già apparsi gli studi sui periodati (1865-66), e d'altra parte Tilden era entrato a far parte della Chemical Society di Londra proprio nel 1865. Va infine notata una quarta linea di ricerca sui prodotti naturali ottenibili dalle aloe (1871-77) e dalla *Citrus limetta* (1890-92).

<sup>10</sup> Rif. 2, pp. 188-189.

<sup>11</sup> B.W. FIEDORZIN (a cura di), *Biographisch-literarisches Handwörterbuch zur Geschichte der exacten Naturwissenschaften*, Leipzig, Barth, vol. III, p. 1350 (1898) e vol. IV, pp. 1504-1505 (1904).

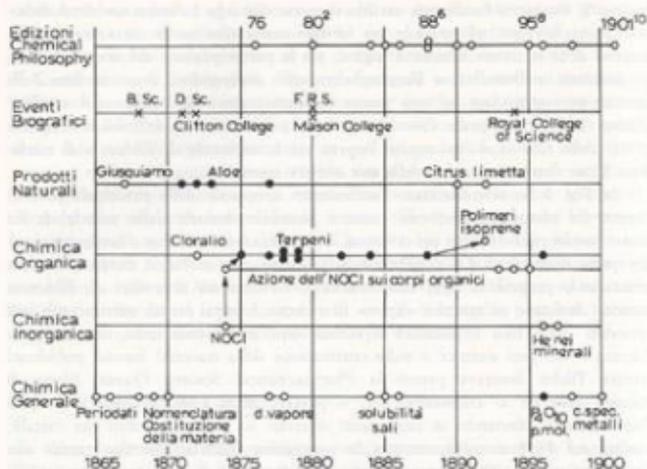


Fig. 1 - Cronologia delle linee di ricerca di W.A. Tilden.

I diversi programmi di ricerca perseguiti da Tilden dimostrano che lo scienziato inglese poteva «controllare» una vasta gamma di interessi, pur senza cadere nell'eclettismo. Dal punto di vista della specializzazione il nostro Autore non era perciò particolarmente «moderno», ma forse l'ampiezza di orizzonti contribuì a far sì che Tilden fosse un eccellente didatta. A questo proposito va ricordato che egli pubblicò diversi libri di carattere specificamente didattico, fra cui un fortunato testo di analisi qualitativa che ebbe non meno di nove edizioni fra il 1880 e il 1894,<sup>12</sup> ma il successo di questa particolare attività didattica può essere compreso solo sullo sfondo dell'ampio mercato editoriale sostenuto dalla richiesta di cultura scientifica dell'Inghilterra vittoriana.

<sup>12</sup> W. TILDEN, *Practical Chemistry. The Principles of Qualitative Analysis*, London, Longmans, Green & Co., I ed. 1880, IX ed. 1894. Questi dati sono tratti dal catalogo della British Library, e presentano qualche discrepanza da quelli pubblicati sul Poggendorff.

## 3. CONTESTO DIDATTICO E POLITICA EDITORIALE.

La *Chemical Philosophy* di Tilden sopravvisse per 25 anni in una situazione di grande competizione editoriale, alimentata dall'enorme interesse verso la scienza nutrito da diversi strati della società inglese, sul confine mobile fra proletariato e piccola borghesia.<sup>13</sup> Un semplice conteggio sul catalogo delle accessioni presso la British Library rivela che nel periodo 1881-1900 furono depositati ben 64 testi introduttivi alla chimica. Malgrado l'affollamento di offerte, la *longevità* del testo di Tilden non è un caso unico nella storia editoriale inglese di allora. Altri casi esemplari, fra di loro molto diversi, sono stati: la *New Chemistry* di J.P. Cooke<sup>14</sup> e le *Lessons* di H.E. Roscoe.<sup>15</sup> L'opera di Cooke addirittura sopravvisse al suo autore (morto nel 1894) in quanto ebbe 16 ristampe fra il 1873 e il 1897; si trattava di una serie di conferenze raccolte in volume, e la sua *long life* è stupefacente se si pensa che il volume apparve in una prestigiosa collana internazionale (pubblicata anche in Italia) destinata alla divulgazione delle idee scientifiche più aggiornate. Come si desume dal titolo l'opera di Roscoe venne articolata come un insieme di «lezioni», e con le sue 8 edizioni e ristampe, nel periodo 1866-1892; ci interessa parecchio,<sup>16</sup> perché mette in moto una strategia didattica divergente rispetto a quella della *Chemical Philosophy*. Nelle *Lessons*<sup>17</sup> ci si muove nel regno incontrastato dei «fatti» e la teoria viene incontrata quasi casualmente, come si può vedere immediatamente con un paio di esempi «classici». Nella prima edizione la definizione formale di molecola si incontra molto tardi (1866:144), e questo si spiega con l'uso di altri termini più ambigui, quali «peso di combinazione», collocati in un contesto teorico traballante: «Nel caso di quasi tutti i gas composti, la densità è metà del peso di combinazione» (1866: 27).<sup>18</sup> Nella seconda edizione Roscoe anticipava la definizione di molecola (1869: 60);<sup>19</sup> e introduceva in una mezza paginetta la legge di Avogadro, ma più che

<sup>13</sup> Ho tracciato un quadro dell'enorme affluenza agli esami del Science and Art Department nel rif. 2, p. 185. Qui ricordo solo che gli esami di chimica nel 1895 furono quasi 24.000.

<sup>14</sup> J.P. COOKE, *The New Chemistry*, London, King, 1873 e sgg.

<sup>15</sup> H.E. ROSCOE, *Lessons in Elementary Chemistry*, London Macmillan, 1866 e segg.; citerò alcune edizioni con le modalità descritte nella successiva nota 32.

<sup>16</sup> Vi fu anche una connessione nelle carriere accademiche di Tilden e Roscoe in quanto il primo successe al secondo come professore di chimica al Royal College of Science.

<sup>17</sup> Le *Lessons* si svilupparono con questo ritmo: 1866: 41 lezioni, 360 pp. di testo, 23 pp. di esercizi; 1869: ancora 41 lez., 413 e 25 pp., rispettivamente di testo ed esercizi; 1871: 41 lez., 443 e 25 pp.; 1888: 41 lez., 413 e 24 pp.; 1892: 43 lez., 460 e 24 pp.

<sup>18</sup> Lo studente veniva addestrato da Roscoe a calcolare le densità gassose a partire dai pesi di combinazione, v. 1866:365, esercizio 10.

<sup>19</sup> Non mancavano ancora delle «perle»: «le densità di tutti gli elementi conosciuti allo stato gassoso sono identiche ai loro pesi atomici» (1869:60); in nota Roscoe aggiungeva che vi erano alcune notevoli eccezioni come fosforo e arsenico, «ed anche qualche metallo volatile come zinco e mercurio».

l'enunciato<sup>20</sup> è molto interessante il contesto. Infatti il lettore è ormai giunto in un punto della decima lezione, sugli alogeni, dove Roscoe sta discutendo le proprietà sbiancanti del cloro; qui gli viene illustrata la nozione di stato nascente, e solo ora, addirittura incistata dalla *dispositio* retorica di Roscoe, incontra la legge che Cannizzaro aveva posto a fondamento del suo sistema teorico.

L'impostazione didattica di testi come le *Lessons* di Roscoe era dominata dal sistema di esami, in particolare da quelli tenuti dai commissari del Department of Science and Arts e da quelli di ammissione a sedi universitarie come il londinese University College. Sotto questo «dominio» rimaneva tuttavia una certa libertà di impostazione (e di accuratezza). Cito solo qualche caso per illustrare al livello più elementare lo spettro di offerte presenti su un mercato ampio e segmentato. L'anno precedente la pubblicazione della *Chemical Philosophy* Barff proponeva una *Elementary Chemistry* basata sulla stessa pedagogia delle facoltà adottata da Tilden, ma con un approccio che per voler essere «elementare» rifiutava persino l'uso dei simboli chimici.<sup>21</sup> Nel 1876 un poligrafo, R.J. Mann, già sovrintendente all'istruzione del Natal (come apprendiamo dal frontespizio), presentava la revisione del *Catechism of Chemistry* di W. Maugham;<sup>22</sup> in questo caso la forma di dialogo — che personalmente trovo repulsiva — rivestiva dei contenuti chiari, precisi e piuttosto avanzati. Nel decennio successivo possono essere assunti come esemplari del rapporto fra impostazione didattica e mercato tre testi, ancora una volta molto diversi fra loro. Il primo è di H.L. Buckeridge che si presenta come *visiting professor* in una delle «scuole della Metropoli, per la Classe Media, più grandi e di maggior successo». In queste situazioni, in cui «poco tempo può essere dedicato alla materia», la forma del «libro di appunti» è la più adatta.<sup>23</sup> Il testo fu esplicitamente concepito per la preparazione agli esami nelle più diverse sedi,<sup>24</sup> e conserva ai nostri occhi l'aspetto e il contenuto di un bigino. Su un livello ancora inferiore si colloca il testo di Maybury,<sup>25</sup> che

<sup>20</sup> «Allo stato gassoso le molecole di tutti i corpi, sia semplici sia composti, occupano lo stesso volume» (1869:104), (1875:105).

<sup>21</sup> F.S. BARFF, *Elementary Chemistry*, London, Stanford, 1875. La composizione delle sostanze viene spiegata con schemi che sembrano seguire ancora le direttive di Torbern Bergman.

<sup>22</sup> W. MAUGHAM (R.J. Mann, revis.), *Catechism of Chemistry, Exhibiting a Concise View of the Present State of the Science*, London, Stanford, 1876.

<sup>23</sup> H.L. BUCKERIDGE, *Chemical Student's Manual, for the Lecture Room and Laboratory*, London, Murby, s.d. [1887].

<sup>24</sup> Buckeridge cita le Università di Londra, Oxford e Cambridge (*Local Examinations*), il College of Preceptors, e, ovviamente, il Department of Science and Art.

<sup>25</sup> A.C. MAYBURY, *The Student's Chemistry. Part I. The Non-metallic Elements*, London, Baillière, 1886. I miei appunti mi ricordano che quando ebbi il volume fra le mani dovetti controllare più volte la data di edizione, in quanto «non credevo ai miei occhi».

con la sua *Student's Chemistry* si colloca decisamente nella categoria dei *crammers* così avvertita da Tilden.<sup>26</sup> E infine, per contrasto con i due precedenti va citato il *Short Manual of Chemistry* di Dupré e Wilson che per l'autorevolezza degli Autori e per i contenuti sembra porsi come successore del testo di Roscoe, pur con un'interessante ed esplicita inversione pedagogica, che pone la necessità che i principi precedano le descrizioni fattuali.<sup>27</sup>

Come si vede la *Chemical Philosophy* di Tilden si collocò nell'affollato contesto editoriale inglese su una posizione abbastanza particolare, con la sua affermazione del primato pedagogico della teoria. Tuttavia non si trattò di un caso isolato, ed anzi ha una certa *aria di famiglia* con altri testi, inglesi e non. Per concludere questa sezione con una vignetta, traccio qualche ramo dell'albero genealogico del testo: gli *Elements of Chemical Philosophy* di Davy sono l'antenato nobile,<sup>28</sup> i *Principles of Chemical Philosophy* di Cooke sono un parente prossimo,<sup>29</sup> le *Modernen Theorien der Chemie* di Meyer sono lo zio tedesco,<sup>30</sup> e infine i *Principles of Theoretical Chemistry*, di Ira Remsen sono il gemello americano.<sup>31</sup>

#### 4. STORIA DI UN TESTO.

Ho diviso questa sezione in tre sottosezioni per meglio articolare la storia della *Chemical Philosophy* nelle sue diverse componenti, da quelle più esterne di carattere editoriale, a quelle più minute e meno appariscenti, ma indicative di variazioni negli atteggiamenti conoscitivi di Tilden.

##### 4.1 Edizioni e ristampe.

La *Chemical Philosophy* fu commissionata dagli editori londinesi Longmans, Green e soci per essere collocata in una particolare collana, i cui scopi furono

<sup>26</sup> Sulle aspre critiche di Tilden a chi «imbottiva» la testa degli studenti si v. ancora il rif. 2.

<sup>27</sup> A. DUPRÉ, H.H. WILSON, *A Short Manual of Chemistry*, London, Griffin, 1886.

<sup>28</sup> H. DAVY, *Elements of Chemical Philosophy*, London, Johnson, 1812.

<sup>29</sup> J.P. COOKE, *Principles of Chemical Philosophy*, London McMillan, 1869, 1874.

<sup>30</sup> L. MEYER, *Die modernen Theorien der Chemie, und ihre Bedeutung für die chemische Statistik*, Breslau, Manzschke & Berendt, 1872: Nella prefazione alla sesta edizione della *Chemical Philosophy* Tilden scriverà: «Essa può servire come introduzione a lavori più completi, come le *Modern Theories* del Professor Lothar Meyer» (1888: v); posso ricordare che in quello stesso anno la Longmans aveva pubblicato una traduzione della quinta edizione del testo di Meyer: L. MEYER, *Modern Theories of Chemistry*, tr. di P.P. Bedson e W.C. Williams, London, Longmans, 1888.

<sup>31</sup> I. REMSEN, *Principles of Theoretical Chemistry with Special Reference to the Constitution of Chemical Compounds*, Philadelphia, Lea, 1877.

ampiamente illustrati in una presentazione redazionale della serie.<sup>32</sup> Già il titolo della collana è programmatico: «Una serie di lavori elementari sulla scienza meccanica e fisica, costituenti una serie di libri di testo di scienza, adattati per l'uso di artigiani e di studenti nelle scuole pubbliche e scientifiche». La bivalenza dei testi è ripresa insistentemente nella nota redazionale: i testi devono essere «adatti per un uso generale in Scuole, Colleges e corsi di scienze, e per l'auto-istruzione dei lavoratori (*self-instruction of Working Men*)»; «si spera che, pur mantenendo la chiarezza logica e la *semplice sequenza di pensiero* che sono essenziali nella produzione di un buon manuale scientifico, lo stile e gli argomenti si ritroveranno alla portata dei lavoratori (*working men*), e adatti alle loro necessità».<sup>33</sup> Per quanto riguarda gli Autori la redazione assicurava che erano stati scelti «solo fra quegli uomini riconosciuti come maestri degli argomenti loro affidati». Poiché fra i testi che hanno preceduto quello di Tilden si trova la *Theory of Heat* (I ed. 1871) di J.C. Maxwell, si è portati a credere alla presentazione della serie quando si riferisce a «nomi che saranno una garanzia sufficiente per l'eccellenza del loro lavoro».<sup>34</sup>

In ogni caso la *Chemical Philosophy* costituì un buon successo editoriale. Qui di seguito ho riportato le date delle edizioni (con esponente progressivo) e delle ristampe che ho potuto rintracciare: 1876<sup>1</sup>, 1880<sup>2</sup>, 1884<sup>1</sup>, 1885<sup>1</sup>, 1886<sup>2</sup>, 1888<sup>1</sup>, 1888, 1890<sup>3</sup>, 1891, 1895<sup>3</sup>, 1896, 1898<sup>1</sup>, 1899, 1901<sup>10</sup>.

Le edizioni indicate in grassetto sono quelle che ho studiato in dettaglio. Così, malgrado la forte concorrenza la *Chemical Philosophy* si mantenne a lungo sul mercato editoriale con una successione piuttosto regolare di nuove edizioni e di ristampe (per un totale di 14 «riproposte»), anche se i lettori non sembrano essere particolarmente impressionati dalla necessità di aggiornamento. La copia della VI ed. (1888) conservata presso la Science Museum Library ebbe almeno due proprietari: Charles L. Bloxam, docente del Royal Naval College di Greenwich, che annotò la data dell'11 febbraio 1890, ed un tal R. Danson, che segnò la data de 22 maggio 1906. In ogni caso l'aumento quantitativo del testo fu modesto, in particolare se la «crescita» della *Chemical Philosophy* da 276 pp. nel 1876 a 362 pp. nel 1901 è confrontata con lo «sviluppo» delle *Modernien*

<sup>32</sup> La presentazione appare in una segnatura successiva all'indice, e numerata a parte, nella prima edizione: W.A. TILDEN, *Introduction to the Study of Chemical Philosophy. The Principles of Theoretical and Systematic Chemistry*, London, Longmans, Green and Co., 1876. Dato che in tutte le successive edizioni i dati bibliografici sono rimasti identici, eccetto ovviamente la data, quest'ultima sarà utilizzata per i riferimenti testuali (ad es. 1876-XY).

<sup>33</sup> L'evidenziazione nel testo è mia e sarà richiamata più tardi.

<sup>34</sup> Il prestigio del nome non è mai una garanzia totale. Nella prima edizione del testo di Maxwell erano contenuti errori grossolani; v. ad es.: C. TARRIANI, *La fisica del calore nell'opera di Rudolf Clausius*, in A. Ballio, L. Paoloni (a cura di), *Scritti di Storia della Scienza, in onore di G.B. Marinoni-Bettòlo nel 75° compleanno*, Roma, Accademia Nazionale delle Scienze, 1990, pp. 303-328.

Theorien di L. Meyer, passate da 147 pp. nel 1864 a 634 pp. nel 1884.<sup>35</sup> Il confronto con quanto ho già documentato a proposito delle *Lessons* di Roscoe suggerisce che il lettore (il mercato) inglese imponeva limiti diversi da quello tedesco.<sup>36</sup> Molto più significativi furono i mutamenti e i «rimiscolamenti» interni.

#### 4.2 Le trasformazioni macrotestuali.

Con *trasformazioni macrotestuali* intendo riferirmi alle variazioni intercorse fra le diverse edizioni della *Chemical Philosophy* quando queste variazioni superano la pagina a stampa. Le variazioni possono riguardare aggiunte, soppressioni o spostamenti di testi, spesso con un complesso intreccio di tutti i tre tipi di mutamento testuale. In Fig. 2 ho raccolto i principali dati di cinque edizioni; oltre alle prime due ho analizzato la sesta, l'ottava e la decima, tre edizioni che presentano mutamenti significativi nei confronti di quelle che — rispettivamente — le precedono. La prima edizione (1876) consiste di 26 capitoli, divisi in cinque grandi «sezioni». In Fig. 2 le aree tratteggiate indicano le pagine dedicate agli esercizi che concludono le sezioni, i cui argomenti riguardano la costituzione della materia e i metodi fisici (capp. 1-7), gli elementi, i composti e la reattività chimica (capp. 8-14), equivalenti e pesi atomici; atomi, molecole e loro proprietà (capp. 15-20), la classificazione degli elementi (capp. 21-23), la classificazione dei composti (capp. 24-26). Le prime due sezioni sono svolte dal punto di vista delle proprietà macroscopiche della materia, mentre solo nella terza sezione l'Autore discute le proprietà microscopiche (masse relative degli atomi e delle molecole, dissociazione molecolare, atomicità (*atomicity*) o valenza (*valency*), composti insaturi, isomerismo).

Nella seconda edizione (1880) il mutamento più importante avvenne nella quarta sezione, sulla classificazione degli elementi. Qui è mantenuta la suddivisione per ampie famiglie chimiche (non-metalli, metalloidi e metalli) e secondo la valenza, ma viene aggiunto un nuovo capitolo (il 24° di questa edizione) dal titolo «Relazione dei pesi atomici con le proprietà degli elementi». L'esposizione segue un andamento «storico» (Prout, Dumas, Newlands, Meyer, Mendeleev) e si conclude con un giudizio piuttosto cauto: «mentre lo schema proposto da Mendelejeff mostra molto chiaramente il principio fondamentale delle periodicità, è ovvio che vi sono molte difficoltà sulla strada di una sua adozione come espressione finale delle vere relazioni che sussistono fra gli elementi» (1880:249).

Nella sesta edizione (1888) avvengono parecchi cambiamenti, che possiamo vedere seguendo l'ordine dato dal volume stesso. Il problema della fusione è ora trattato in un capitolo a parte (il secondo), mentre nel terzo capitolo alla

<sup>35</sup> L. CERRETTI, *Storiografia, epistemologia, linguistica. Un'analisi delle Modernen Theorien di L. Meyer*, in A. Ballio, L. Paoloni (a cura di), *op. cit.*, pp. 281-301.

<sup>36</sup> Cfr. nota 17.

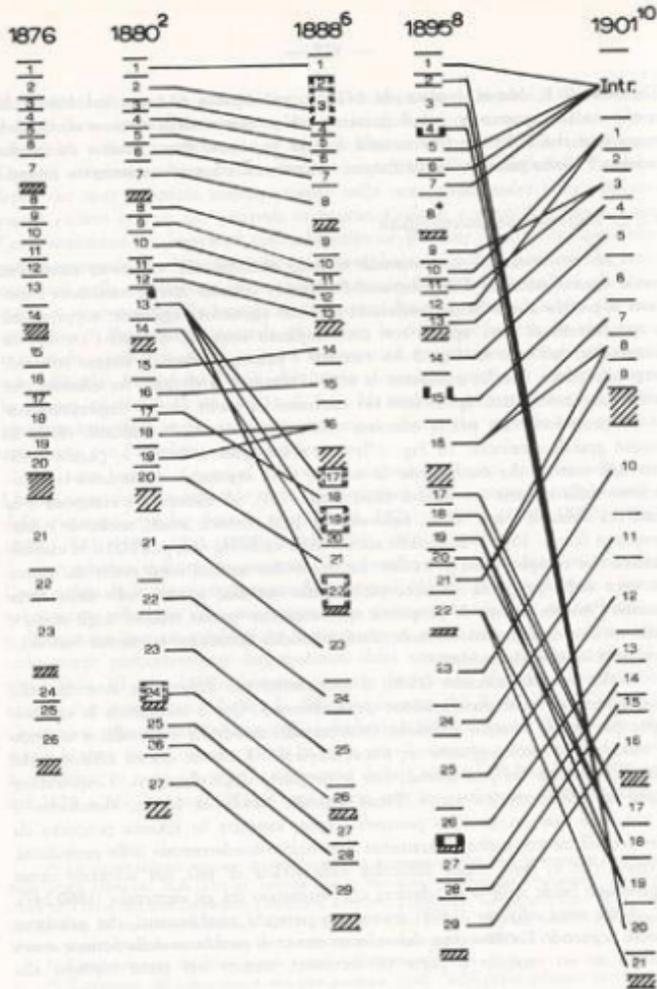


Fig. 2 - Trasformazioni macrotestuali nella *Chemical Philology*. Le date corrispondono alle cinque edizioni prese in esame. Le distanze lungo gli assi verticali sono proporzionali al numero di pagine. I capitoli sono indicati secondo la loro numerazione progressiva, mentre le parti tratteggiate corrispondono ad esercizi e sono poste al termine delle «sezioni» in cui è diviso il volume. La dinamica della ricollocazione dei testi e le parti di testo evidenziate sono discusse nella sez. 4.2.

questione della solubilità dei sali è dato uno spazio molto maggiore.<sup>57</sup> Ma il mutamento più vistoso e importante è la comparsa di una nuova sezione (qui la quarta) dedicata ai fenomeni della reattività e all'affinità; la Fig. 2 indica la complessa ridistribuzione di testi provenienti dalle edizioni precedenti. Va notato in particolare che ben tre capitoli (17, 19, 22) hanno origine da una sola unità testuale (il cap. 13 della seconda edizione). Nel cap. 22 («Teorie sulla natura dell'affinità chimica») vengono ampiamente discussi i rapporti fra carica elettrica e affinità, tenendo conto in particolare delle diverse teorie dell'elettrolisi, compresa quella della dissociazione elettrolitica che aveva ottenuto grande notorietà l'anno precedente, con i contributi di S. Arrhenius e J. van't Hoff apparsi sui primi fascicoli della *Zeitschrift für physikalische Chemie*. La trattazione di Tilden è (per noi) piuttosto difficile. Il nostro Autore ricorda che «è stato suggerito che l'elettricità, come la materia, è atomica» (1888:205), e dopo quattro pagine aggiunge: «Se l'elettrolisi è semplicemente una specie di convezione elettrica, in cui sono coinvolti solo atomi previamente dissociati, [allora] l'ipotesi elettrica dell'affinità chimica crolla» (1888:209).

Nell'ottava edizione vi è solo una crescita «fisiologica» del testo: nel cap. 4 troviamo delle nuove pagine sulla pressione osmotica, nel cap. 15 è inserita la determinazione dei pesi molecolari mediante i punti di congelamento e di ebollizione delle soluzioni, e infine dopo il cap. 26 è inserito un *addendum* sui metal-carbonili e i gas nobili.

Quando Tilden mandò a stampa la decima edizione della *Chemical Philosophy* assunse nella prefazione una posizione metodologica che val la pena di riprendere integralmente:

È ora giunto il tempo in cui nel vecchio testo non può più essere incorporato del nuovo materiale. L'influenza delle nuove dottrine — particolarmente quelle collegate alla stereochimica, all'elettrolisi, e alle proprietà delle soluzioni — si fa sentire in ogni campo della disciplina, e necessariamente la fraseologia è così modificata per seguire i nuovi punti di vista che nessun processo di rappizzo (*patching*) può essere considerato in grado di portare le vecchie affermazioni di fatti o di ipotesi in armonia con le idee attuali. Di conseguenza il testo è stato completamente riordinato (*recast*), e in gran parte riscritto (1901: v).

Effettivamente le modifiche descritte in Fig. 2. sono imponenti. Quattro capitoli (1, 5, 6, 7) riguardanti la costituzione della materia e il suo comportamento fisico sono raccolti in una «Introduzione». Le sezioni diminuiscono da sei a tre, ed ottengono un titolo esplicito: «Combinazione chimica e composti chimici», «Classificazione», «Cinetica chimica». Un intero capitolo, l'ottavo, scompare completamente, e con esso la trattazione della spettrochimica. Ma, come si vede dalla Fig. 2, il mutamento più rilevante e complesso riguarda la

<sup>57</sup> È un risultato delle ricerche svolte da Tilden su questo tema negli anni precedenti, v. Fig. 1.

nuova posizione del discorso sulle condizioni della reattività chimica e sulla sua interpretazione, discorso che è spostato all'*end focus* del testo. Si deve anche notare che tutti i nuovi capitoli della sesta edizione sono «spinti» verso il basso, pur provenendo da zone molto diverse del testo di allora: così, ad es. i capitoli 2, 3 e 4 del 1888 (e 1895) diventano il capitolo 20 (nel 1901). Possiamo così dire che la maggior preoccupazione conoscitiva di Tilden, a partire dalla fine degli anni 1880, è stata la comprensione della reattività.

#### 4.3 *Aggiustamenti.*

Forse il termine «aggiustamento», un po' artigianale, può essere adatto ad indicare quelle varianti che da un'edizione all'altra indicano, in brevi tratti testuali, dei mutamenti nel pensiero dell'Autore che non si sono tradotti in fatti tipograficamente clamorosi. Per questioni di brevità farò solo due esempi, ma ne potrebbero essere riportati molti altri, a dimostrazione di una deriva nel pensiero teorico spesso «invisibile» per un Lettore privo di un certo atteggiamento filologico.

Il primo esempio di trasformazione testuale «minore» può in realtà gettare qualche luce sul problema delle gerarchie epistemologiche. Nella discussione della legge dei volumi di Gay-Lussac sulla reattività dei gas, dalla prima edizione fino all'ottava Tilden ha scritto: «In origine [semplice] fatto, basato solo sull'evidenza sperimentale, questa affermazione di Gay-Lussac ora sta nella più importante posizione di una deduzione logica da un'altra legge, la legge di Avogadro» (1895:83). Questa affermazione *now* è in accordo con una filosofia della scienza puramente induttiva. Ma nella decima edizione il nostro Autore assume una posizione affatto diversa, con un nuovo commento: «tutte queste affermazioni furono originariamente il risultato di esperimenti, e non erano connessi con alcuna precedente ipotesi sulla costituzione della materia», ma «*se* è accettata l'ipotesi di Avogadro sulla costituzione dei gas, la legge dei volumi che si origina dagli esperimenti di Gay-Lussac può essere spiegata dall'applicazione della Teoria Atomica» (1901:48, corsivo mio). L'effetto complessivo di questa trasformazione è in accordo con una conclamata epistemologia induttivista. Il procedere verso questo tipo di epistemologia (esplicita) può essere messo a confronto con il crescente impegno ontologico dell'Autore.

In questo mio ultimo esempio testuale prima delle conclusioni mi riferirò ad un tema molto dibattuto: il valore conoscitivo delle «formule razionali o descrittive». Nel 1876 Tilden è piuttosto cauto: il valore delle formule va «oltre quello di semplici «memoranda dei possibili modi di formazione e decomposizione dei corpi», «Ma — aggiunge Tilden — sappiamo molto poco sulla natura essenziale delle molecole, e ancora meno dei loro atomi costituenti, ed è per lo meno prematuro attribuire a queste formule un significato che si poggia su così poco» (1876:137). Dodici anni dopo Tilden discute ancora le formule costitu-

zionali e mantiene intatto il passo sul loro valore di *memoranda*, ma trasforma il testo successivo: esse «sono usate molto spesso con lo scopo di rappresentare il supposto arrangiamento dei costituenti all'interno di una molecola», tuttavia, e malgrado la «considerevole massa di evidenza accumulata [...] che sembra quasi giustificare l'idea, non si dovrebbe dimenticare che si conosce molto poco sulla natura essenziale delle molecole e dei loro costituenti» (1888:137). Ma nel 1901 ogni dubbio è rimosso: «Per spiegare i fatti è necessario richiamarsi all'idea che le posizioni relative degli atomi possono essere rappresentate nello spazio a tre dimensioni. L'ipotesi proposta da van't Hoff è ora universalmente accettata» (1901:124). Se si confrontano queste trasformazioni nel testo e nell'impegno ontologico con quelle precedenti, a favore di un'epistemologia induttivista, mi sembra che si sia verificato nell'Autore un «movimento» verso una certa proclamata «ingenuità» filosofica: affermiamo cose straordinarie perché derivano dai fatti.

## 5. RISULTATI E CONCLUSIONI.

In una breve comunicazione come questa non ho potuto far altro che esporre, sinteticamente, alcuni dei numerosissimi «dati» ricavabili dall'analisi comparativa delle diverse stesure di uno scritto ampio come la *Chemical Philosophy*. Poiché il testo è anche un libro di testo, questi «dati» hanno almeno una duplice valenza: per un verso sono pertinenti alla storia dell'educazione scientifica, e per un altro alla storia della scienza, rispecchiando due aspetti della situazione conoscitiva di Tilden, didatta e scienziato. Pur cercando di non rendere ipertrofiche le conclusioni rispetto al corpo del contributo, per maggiore chiarezza ho preferito suddividerle in due parti distinte, in modo da sottolineare la complessità dell'espressione pubblica di una particolare situazione conoscitiva.

### 5.1 Per la storia dell'educazione scientifica.

Credo che anche un semplice sguardo alla Fig. 2 possa convincere dell'instabilità della retorica didattica in periodi di grande mutamento scientifico. Certamente nessuno si aspetta che un libro sia letto da capo a fondo seguendo l'immensa catena lineare delle parole, infilate una dietro l'altra dalla prima pagina all'ultima, ma è altrettanto certo che l'Autore dispone gli argomenti, e la loro trattazione, in modo che la sua opera sia interessante, convincente e (particolarmente qui) formativa. Cambiamenti sostanziali nell'ordine degli argomenti implicano diverse strategie espositive, del tutto giustificate quando — come sottolinea Tilden — non sono più possibili «rappezi». Tuttavia, proprio nel caso dei vistosissimi mutamenti avvenuti nell'ultima edizione della *Chemical Philosophy*, un'analisi dettagliata dimostra che i testi «traslocati» in luoghi

diversi del volume sono rimasti immutati nella quasi totalità, per cui non è vero quanto affermò Tilden, che il libro era stato «in gran parte riscritto» (v. sopra, sez. 4.2). Ma allora quella «semplice sequenza di pensiero» non è affatto univoca come lasciava intendere la redazione della Longmans e soci (v. sopra, sez. 4.1). Si è piuttosto di fronte all'evidente *non-naturalità* dei percorsi educativi basati su una presunta propeudeuticità. La prima parte del testo del 1876, sulle proprietà della materia e i metodi fisici, viene prima espansa, nel 1888 e 1895, poi, nel 1901, viene addirittura «dissolta» con numerosi argomenti smistati verso la cinetica chimica, altri ricondotti ad una semplice «Introduzione», ed altri ancora semplicemente soppressi. Pur con qualche ambiguità la *Chemical Philosophy* del 1901 ci dà una grande lezione di libertà: gli elementi strettamente scientifici della situazione conoscitiva sono così interconnessi e sovrapposti che la loro esposizione lineare, inevitabile per la stessa struttura del linguaggio, è largamente arbitraria. I fattori che intervengono nell'indirizzare le scelte dell'Autore risentono della sua strategia educativa in relazione alle finalità disciplinari: ad esempio facendo culminare la filosofia chimica, ovvero le teorie della chimica, nella cinetica della chimica-fisica piuttosto che nella teoria strutturale della chimica organica. Ed ancora è un particolare contesto educativo che dà maggiore o minore rilievo a certi temi disciplinari: a determinare i contenuti della *Chemical Philosophy* valevano di più le aspettative degli esaminatori del Science and Art Department (compreso lo stesso Tilden) che quelle dei *Working Men* invocati dalla redazione della Longmans e soci.

### 5.2 Per la storia della scienza.

Il risultato più interessante è però anche molto specifico, perché riguarda il pensiero metateorico di un singolo scienziato, il nostro Tilden. Ho documentato l'aumento dell'impegno ontologico nei confronti della realtà suggerita (o addirittura descritta) dalle strutture molecolari; questo processo è accompagnato da un mutamento nelle scelte filosofiche a proposito delle procedure che meglio garantiscono il valore conoscitivo di una legge scientifica. Tilden approda ad un irrigidimento dell'atteggiamento induttivo, così che (per «parlare difficile») induttivismo e ontologizzazione si sposano felicemente nell'ultima edizione della *Chemical Philosophy*. Come ho già notato altrove, in Tilden, nello stesso periodo, si verifica un certo disinnamoramento nei confronti del valore culturale generale della scienza ed un indurimento nei confronti delle attese degli studenti. In un certo senso, approssimandosi al termine della sua carriera di scienziato e di didatta Tilden desidera semplificare, e tutto, nei rapporti sociali come in quelli conoscitivi diventa un po' più rigido, quasi meccanico.

Più in generale l'analisi testuale che qui ho proposto conferma che è possibile individuare con precisione i mutamenti nello statuto epistemologico di fatti e teorie, nonché mettere a fuoco i meccanismi di ricezione di nuove teorie. In

questo senso credo che il contesto didattico sia di importanza straordinaria per una storiografia che non voglia perpetuare (troppe) violenze filosofiche su ciò che è accaduto nella scienza. Nello scrivere un testo didattico qualsiasi scienziato, pur impegnato su vari punti del fronte di avanzamento della ricerca, *deve spiegare* contenuti conoscitivi nei campi più diversi, anche in quelli lontani dalla sua esperienza diretta. Ma non si tratta solo di una questione quantitativa, perché nello *spiegare* della didattica si punta più al *far comprendere* che al *convincere*, di qui la necessità di argomentazioni più articolate, di aggettivazioni più evidenti, di connessioni intratestuali più frequenti. Colto da questi punti di vista il libro di testo esprime compiutamente la situazione conoscitiva del suo Autore.

Con il titolo *Reading Chemistry: 19th Century Chemical Books* una parte di questa comunicazione fu presentata come *invited lecture* alla Society for the History of Alchemy and Chemistry, il 6 dicembre 1987. La conferenza era rimasta finora inedita. Ringrazio W.H. Brock, F. Greenaway e W.A. Smeaton per i loro contributi alla discussione.

FLAVIO BONATI (†) - CLELIA PIGHETTI (\*)

## La «cerca dell'oro» nel mondo di Robert Boyle (\*\*)

**Summary** - Sir Robert Boyle (1627-1691), was one of the most famous naturalists of XVIIth Century England. He attacked the chemical views of the alchemists in works such as the *Physiological Essays* (1661) and more especially the very famous *The Sceptical Chymist*. In these and other works he advances an atomistic theory according to which the ultimate constituents of matter were made up of certain primitive simple, and perfectly unmingled bodies which by combining together gave all the natural variety of matter. In spite of such atomistic view, Boyle was skeptical about the possibility and usefulness of transforming metals and worked mainly on medical remedies. Unfortunately, there is little scholarly interest in these Boyle's attitude due to a commonly belief that he was above all an «alchemist». This article proposes a reformulation of the judgement regarding the alchemistic activity of Boyle and seeks to stress the influence of Francis Bacon on his philosophy of nature. The baconian naturalist must work for the welfare of all mankind, leaving aside the dream of his own reachness.

*facilius est aurum construere, quam destruere*<sup>1</sup>

1. Il problema dell'oro, nella storia generale della sua affannosa «cerca», implica problemi complessi, perché è difficile scindere l'interesse simbolico da quello pragmatico. La storia della sua vicenda secentesca e settecentesca rivela inoltre aspetti che sarebbe restrittivo legare alla sola tradizione alchemica. Essa appartiene in modo ampio alla storia della cultura di questi secoli, con difficili

(\*) Dipartimento di Fisica, Università di Ferrara.

(\*\*) Questo lavoro è stato pensato in collaborazione con Flavio Bonati, pochi giorni prima della Sua scomparsa. Durante venticinque anni di vita comune, il mio impegno storico aveva, in qualche modo, «contagiato» un chimico metallorganico che ebbe sempre profondo rispetto per una cultura integrata, tesa tra scienza e umanesimo. Dichiaro però che il contenuto dell'articolo non impegna il mio coautore e che assumo piena e personale responsabilità della trattazione. (Relazione presentata al V Convegno Nazionale di «Storia e Fondamenti della Chimica», Perugia, 27-30 ottobre 1993).

<sup>1</sup> Concetto attribuito polemicamente dal Boyle agli alchimisti ermetici.

limitazioni di interessi, di metodi, di competenze e di significati. Mentre l'alchimia, intesa come attività «chimica», continua il suo corso, il desiderio e la convinzione di poter trasmutare i metalli vili in oro non va oltre il Cinquecento, almeno presso gli studiosi più seri e consapevoli. Tale trasmutazione aveva sapore «antico» e la scienza sperimentale «moderna» la rifiutava come retaggio di una tradizione prescientifica. Nei sodalizi inglesi che precedettero la *Royal Society*, come, per esempio, il «Circolo» di Samuel Hartlib, si tendeva a compiere ricerche per vantaggio dell'umanità e l'oro non era parte necessaria di tale benessere. La tematica anglicana, induceva a ritenere preminente il compito di «sfamare tutti», sollecitando gli alchimisti a provvedere al cibo, piuttosto che agli ornamenti del popolo. L'aspetto positivistico di tale mentalità suggeriva studi di immediata utilità, nel campo dell'agricoltura, per ricerche di concimi e di antiparassitari o, nell'ambito della pratica medica, per la preparazione di medicamenti. Gli alchimisti legati all'idea della trasformazione dei metalli erano pochi, o di dubbia serietà, e rappresentavano, in ogni modo, l'aspetto prebacciano della scienza come ricerca solitaria di fenomeni erratici. Eppure, quando si parla di alchimia, il pensiero corre sempre alla trasmutazione dei metalli, ignorando le ormai diverse attività degli alchimisti del Seicento e del Settecento.

Molti equivoci possono essersi determinati in questo campo dalla lettura dei testi che, trattando dell'oro, operano una semplificazione linguistica in un ambito multiforme. Infatti, rifacendosi alle opere, innumerevoli, che, nella storia della cultura, trattano di tale argomento, si presentano problemi di lettura che non compaiono in altri saggi storico-scientifici, poiché gli scritti alchemici, volendo usare un termine molto ampio che concerne solo in parte la vicenda dell'oro, non erano destinati alla lettura, ma partecipavano spesso di un mondo intellettuale occulto, nel quale i vari metalli assumevano connotazioni criptiche, magari assai lontane dall'argomento che ci ha indotti alla consultazione delle varie opere.<sup>2</sup>

Esiste infatti una letteratura filosofico-scientifica «clandestina», capace di adombrare forme di vita utopica, simbologie religiose e psicologiche:

Un accurato studio di questi trattati [...] non riesce infatti a individuare alcun elemento di chimica, ma solo elementi simbolici, ossia psicologici. Il linguaggio alchemico si dimostra non tanto semiotico (linguaggio cifrato), quanto piuttosto simbolico, nel senso che non vi viene celato un contenuto noto, bensì si allude a un contenuto ignoto, o piuttosto un contenuto ignoto allude a sé stesso. Se analizziamo queste espressioni simboliche, giungiamo alla conclusione che in esse si sono proiettati contenuti archetipici dell'inconscio collettivo. Di conseguenza, l'alchimia viene ad acquistare l'aspetto del tutto nuovo e interessante di una *psicologia proiettata dell'inconscio collettivo*, ponendosi perciò sullo stesso piano della mitologia e del folclore. Il suo simbolismo è assai affine a quello dei sogni, da un lato, e al simbolismo religioso, dall'altro.<sup>3</sup>

<sup>2</sup> Cfr. Maurice P. CROSLAND, *Historical Studies in the Language of Chemistry*, London, 1962, pp. 35-44 e *passim*.

<sup>3</sup> Carl Gustav JUNG, *Studi sull'alchimia* (1978), trad. it., Torino, Boringhieri, 1988, XIII, p. 371.

Non essendovi la possibilità di controllare le affermazioni generiche dei singoli autori, spesso anonimi, lontani da una mentalità sperimentale e interpreti dell'*inconscio collettivo* di cui parla Carl Gustav Jung, dobbiamo accettare le loro informazioni come una continua tensione tra mito e utopia: l'età dell'oro è vista nel passato o proiettata nel futuro, senza legami con il presente e con un tempo reale. La «cerca dell'oro», in epoca postsperimentale, non è dunque da collegarsi con la bramosia della ricchezza che caratterizzò più il colonialismo che l'alchimia, ma con un ideale di perfezione di cui il prezioso metallo costituiva il segno linguistico. Vi è quindi una questione di metodi e di linguaggio che deve essere ben chiara a chi si accosti al problema dell'oro, argomento che i grandi scienziati sperimentatori non sfiorarono. Non se ne occupò neppure Newton che pure scrisse molti saggi di alchimia, esprimendo al Segretario della *Royal Society*, Henry Oldenburg, il timore che tali studi sulla trasformazione dei metalli riportassero la scienza in campi ermetici, proprio in un momento in cui vi erano molti problemi pratici da risolvere.<sup>4</sup>

2. Robert Boyle dedicò sì la sua attenzione al problema dell'oro, ma, a quanto sembra, con molte difficoltà e con parecchia cautela. Incombeva anche sul Boyle il timore di essere confuso con la magia che il suo empirismo rifiutava, come la respingeva lo spirito della *Royal Society*, di cui egli rappresentò sempre il punto di riferimento scientifico più autorevole. Lo stesso Eric Ashmole (1617-1692), anch'egli socio della *Royal Society* e autore del *Theatrum Chemicum Britannicum* (1692), che comprendeva una raccolta di versi alchemici, mostrò di essere aggiornato sul tema, soprattutto in riferimento ai testi rinascimentali, ma, nei *Prolegomena* di tale opera «never allows his enthusiasm for the subject of alchemy to obscure his critical research into historical facts».<sup>5</sup> In sostanza, la conoscenza della storia e delle pratiche alchemiche «auree» costituiva, ai tempi del Boyle, un aspetto della cultura generale, una conoscenza storico-filosofica che non assumeva il carattere di un'ipotesi euristica. Prendendo così le debite distanze dalla tradizione magica che, se inserita nella ricerca scientifica, avrebbe minato la credibilità sperimentale degli scienziati, molti soci della *Royal Society* preferirono, come il Boyle, trattarne in forma casuale e criptica scrivendo saggi «curiosi» che alcuni ricercatori successivi considerarono tuttavia un riferimento di credibilità per la loro opera.

L'opera boylana, pubblicata anonima e intitolata *Of a Degradation of Gold / Made by an Anti-Elisir / A strange chymical Narrative* (London 1678) ha avuto curiose vicende bibliografiche. Racconta John F. Fulton, curatore della

<sup>4</sup> R. BOYLE, *The Works*, Edited by Thomas Birch, London, 1772, 6 vol., ristampa anastatica: Hildesheim, 1965, I, pp. CV-CVI.

<sup>5</sup> Sir Harold HARTLEY, F.R.S. (Editor), «Note and Records of the Royal Society of London», *Tercentenary Number*, 15, p. 223.

bibliografia del Boyle, di aver avuto la possibilità di accedere alla prima edizione di tale opera al *British Museum*, ma in un esemplare assai sciupato, lacunoso e con un titolo incompleto. Nel 1933, per cortesia di privati, il Fulton poté consultarne una copia in buono stato e con il titolo corretto, benché non si rilevasse che la nota «*An historical Account*» era stata omissa da quello della prima edizione, una nota di grande importanza, perché come è risaputo, il termine «*historical*», nell'inglese del Seicento, aveva il significato di «sperimentale». Di tale operetta vi furono due ristampe, una, completa (1739), e una in forma riassuntiva (1782), inserita nell'opera di un altro autore: *An Account of some Experiments on Mercury, Silver and Gold, made at Guildford in May 1782. In the Laboratory of James Price, M.D., F.R.S. to which is prefixed an Abridgment of Boyle's Account of a Degradation of Gold* (Oxford, 1782).<sup>6</sup>

Vale la pena di considerare attentamente quest'ultima edizione e di sottolineare la figura di James Price che è emblematica per la storia della «cerca dell'oro» e rivelatrice del carattere sempre ambiguo di tale interesse alchemico, e quanto si dirà del Price vale come esempio paradossale di gran parte degli studiosi che si vantavano di poter produrre l'oro. In tale opera l'autore affermava di possedere una polvere rossa capace di convertire il mercurio, in ragione di sessanta volte il suo peso, in oro. Tale oro fu mostrato a Giorgio III, ma la *Royal Society*, di cui il Price era socio, volle vedere da vicino la parte sperimentale del suo lavoro. Price accolse con qualche esitazione tale richiesta, ma, alla fine, invitò i soci nel suo laboratorio. Dopo che la commissione incaricata di tale verifica ebbe esaminato i suoi apparecchi, il Price chiese il permesso di andare in un'altra stanza, dove si uccise col veleno. Il richiamo al Boyle e alla sua autorità scientifica non era evidentemente sufficiente sul piano sperimentale e in presenza di esperti.

Assai più prudente fu l'atteggiamento del Boyle, come leggiamo in un passo dell'opera a cui ci riferiamo. Dice infatti l'autore, celandosi sotto il nome di Pirofilo:

Spero, Signori, che ciò di cui si è già parlato vi abbia predisposti, se non persuasi, che il rendere nobili o il mutare altri metalli in oro non sia una cosa assolutamente impossibile,<sup>7</sup> e sebbene ammetta di non poter eliminare tutti i vostri dubbi od obiezioni, o i miei,<sup>8</sup> col poter affermare di fronte a voi che io, con le mie stesse mani, ho compiuto una proiezione (come gli alchimisti sogliono chiamare la repentina trasmutazione fatta da una piccola dose del loro meraviglioso elisir), tuttavia posso confermare, in maniera che probabilmente vi sorprenderà, parecchio di quanto è stato discusso a favore di una siffatta possibilità di repentino cambiamento di un corpo metallico: infatti per rendere più credibile che altri metalli possono mutare o essere nobilitati in oro per mezzo di una proiezione, vi racconterò in che maniera analoga l'oro è stato degradato o svilito.<sup>8</sup>

<sup>6</sup> John F. FULTON, *A Bibliography of the Honourable Robert Boyle, F.R.S.*, Oxford, 1961, pp. 92-94.

<sup>7</sup> Il conivo è nostro.

<sup>8</sup> BOYLE, *Works*, cit., IV, p. 14.

Anche se coloro ai quali il Boyle rivolgeva tale discorso si mostrarono sorpresi del fatto che si potesse «sciupare» l'oro per tale esperimento, uno dei presenti, Aristandro, prese le difese del Boyle con la seguente osservazione:

Se consideriamo le cose da filosofi e le guardiamo come la natura le ha fatte, non come l'opinione le ha camuffate, le caratteristiche e l'utilità dell'oro non sono per niente così vicine alla grandezza immaginata dagli alchimisti e dagli usurai. Infatti, è vero, l'oro è più massiccio e più «fisso» e forse più difficile da sciupare che il ferro; tuttavia tali qualità [...] sono così compensate dalla durezza, resistenza, elasticità e da altre qualità del ferro che, se di questi due metalli di cui parlo (oro e ferro), ci fosse eguale abbondanza sulla terra, non ci sarebbe dubbio che gli uomini preferirebbero il più utile al più splendente, pensando in quale peggiore situazione si troverebbe l'umanità se mancassero falci, coltelli e spade piuttosto che monete e vasellame.<sup>9</sup>

Secondo l'ideale baconiano, di cui il Boyle e la *Royal Society* sottolineavano soprattutto l'eguaglianza tra «scienza» e «benessere», la suddetta argomentazione era perfettamente in linea con le concezioni scientifico-sociali del tempo. Tuttavia, tale mentalità valeva soprattutto nella cultura occidentale, poiché, come nota Jung, in quella orientale, relegata nell'oscura sfera dell'occulto, le cose stavano diversamente:

La scienza è lo strumento dello spirito occidentale, e con essa si possono aprire più porte che con le sole mani. Essa appartiene al nostro modo di intendere, e otterrà la nostra conoscenza solo quando attribuisce valore assoluto al tipo di comprensione suo proprio. L'oriente ci apre invece una via diversa di comprensione, più ampia, più profonda ed elevata: la comprensione attraverso la vita [...] Limitazione occidentale si riduce a una tragica incomprendenza della psicologia orientale.<sup>10</sup>

Il Boyle aveva più volte mostrato di conoscere la cultura cinese e aveva ammesso che era assai difficile da intendere.<sup>11</sup> Tuttavia, per mantenere un giusto equilibrio tra l'ideale baconiano e culture diverse, egli racconta il suo esperimento partendo da una misteriosa polvere donatagli da uno straniero non identificato, un viaggiatore, un personaggio con caratteri e rapporti esotici:

Un giorno, quando ero all'estero [...] per ricambiare una visita ad amici miei [...] poiché il virtuoso nella cui dimora c'incontrammo aveva portato il discorso sui suoi viaggi, uno straniero curioso ci trattenne un'ora o due con risposte pertinenti e sensate alle domande da me poste circa località così lontane e così interne da non aver mai incontrato alcuno dei nostri navigatori o viaggiatori inglesi che fosse penetrato tanto da visitarle [...] Avendogli chiesto: [...] se, nelle contrade d'oriente che aveva attraversato avesse incontrato qualche chimico, egli mi rispose affermativamente dicendo che, sebbene fossero in numero minore e più riservati dei nostri, non erano meno valenti. E [...] prima di lasciare la città [...] in maniera assai accattivante mise nelle mie mani un pezzettino di carta ripiegata; mi disse che questo conteneva tutto quanto gli era rimasto di una

<sup>9</sup> *Ibidem*.

<sup>10</sup> Jung, *cit.*, pp. 19-21.

<sup>11</sup> Boyle, *Works, cit.*, II, p. 161; 299; 300.

rarietà ricevuta da un virtuoso orientale e mi assicurò che questo mi avrebbe fornito occasione [...] di esercitare i miei pensieri in speculazioni al di fuori dell'ordinario.<sup>12</sup>

Analizzando questo passo del Boyle, occorre sottolineare alcuni punti di rilievo inseriti nel racconto. Innanzitutto, i chimici orientali erano «riservati», ossia ancora legati all'idea della ricerca come «mistero». La sostanza è consegnata al Boyle in un foglietto ripiegato, con atteggiamento accattivante, ma segreto. Da ultimo, il Boyle dice che tale sostanza gli sarebbe servita per studi «al di fuori dell'ordinario», ossia lontani dal mondo sperimentale in cui egli operava. Bastano questi cenni per legare l'interpretazione di Jung al pensiero del Boyle: il metodo delle trasformazioni apparteneva all'oriente misterioso, dove gli studiosi vivevano in modo riservato, incuranti del pubblico benessere, lasciando inediti i loro risultati in un ambiente in cui la ricerca aveva ancora aspetti magici, religiosi e psicologici, in situazione opposta al pragmatismo della scienza sperimentale. C'è quindi nel Boyle la sensazione di una ambivalenza della ricerca: magica, segreta, gratuita in Oriente, palese, sperimentale e utile in Occidente. Il racconto del Boyle ha così tutto il carattere di un apologo, di una riprova del suo scetticismo nel campo dei fenomeni della trasmutazione alla quale sembra si sia dedicato quasi per giuoco, senza alcun impegno scientifico. Ma, forse, era anche un espediente per mostrare, in forma anonima e con vincoli di autocensura, che le sue informazioni non erano limitate al mondo occidentale.

In ogni modo, il Boyle riferisce che, eseguiti gli esperimenti con questa polvere donatagli dal viaggiatore, non aveva ottenuto altro che un «oro svilito» rispetto al rame, anche perché questo «anti-elixir» era in quantità tanto modesta da non poter permettere che una sola prova, per altro deludente. Il riferimento a una prova «unica» non deve essere sottovalutato. Come si è infatti ricordato più sopra, «storico» e «sperimentale» erano termini equivalenti nel Seicento inglese: la storia, come la sperimentazione, si avvale di un susseguirsi di fenomeni analoghi o diversi: se si ha una «sola» prova, si ha un episodio, un fattore erratico che appartenendo, per dirla con Bacone, al campo dei *magnalia naturae*, è estraneo al metodo storico-sperimentale. L'unicità di un evento è solo un fatto curioso: non è parte della ricerca scientifica e, forse proprio per questo, l'espressione *An historical Account* era stato aggiunta da altri e non dallo stesso Boyle, che, con tale precisazione, avrebbe dato carattere sperimentale a una specie di «giuoco irripetibile», non controllabile, estraneo alla mentalità baconiana, eseguito per giunta con una «polvere misteriosa».

In ogni modo, il Boyle si accinge (o dice di essersi accinto) a questa prova, non sappiamo con quanto scetticismo. Usando delle monete d'oro, accuratamente verificate, poste in un crogiuolo e fuse con la sola forza del fuoco, Boyle vi aggiunse il «cartocchetto di polvere» e, mantenendo sulla fiamma il recipiente

<sup>12</sup> *Ivi*, IV, pp. 15-16.

per circa un quarto d'ora, affinché la polvere avesse il tempo di mescolarsi con il metallo, colò l'oro ben fuso in un altro crogiuolo che aveva portato con sé e che era stato scaldato gradualmente per prevenirne la rottura. Continua il Boyle asserendo che, pur non avendo perduto nulla del suo peso, trovò, in vece dell'oro puro, un massello di metallo di un colore sporco, come se fosse ricoperto di uno strato sottile, quasi come di letargirio vetrificato. Lo stupore del Boyle aumentò quando vide che, sui lati del crogiuolo, aderiva un globuletto metallico che non sembrava affatto giallo, ma piuttosto color argento grezzo e che il fondo del crogiuolo era coperto da una sostanza vitrea, una parte della quale era gialla trasparente e l'altra era marrone cupo tendente al rosso. Rilevò inoltre che, in questa sostanza vetrosa, vi erano cinque o sei globuletti che assomigliavano piuttosto all'argento impuro che a all'oro puro. In breve, questa sostanza assomigliava poco all'oro raffinato e tanto all'oro comune (ossia al rame o all'ottone), diversamente da quanto il viaggiatore gli aveva lasciato sperare, che il Boyle ammette, con sfumatura umoristica, di non aver forse ben compreso come si dovesse usare il misterioso cartoccio di polvere. Aveva ottenuto, dice Boyle, dell'ottone, o peggio, dal momento che, una volta spaccato, i suoi frammenti assomigliavano al metallo delle campane, piuttosto che all'oro o all'argento.<sup>13</sup>

Ma viene il dubbio che il Boyle alluda a qualcosa di diverso rispetto a una trasmutazione dei metalli, dal momento che egli chiude il proprio resoconto con la seguente frase:

Suppongo [...] che non dispiacerà se aggiungo che desidero lasciar credere al gruppo che, per quanto senta che molti di voi ritengono straordinari i fenomeni dell'esperimento [...] pure non vi ho ancora fatto fare conoscenza (poiché non lo devo fare) dell'effetto più strano della nostra polvere mirabile.<sup>14</sup>

Sembra dunque che il Boyle sia contagiato dal mistero e non voglia parlare di qualche fenomeno che, evidentemente, esula dal campo scientifico. Sarebbe infatti arbitrario pensare che l'opera del Boyle sia scritta sempre in modo aperto e chiaro: in molti passi dei suoi scritti e delle sue lettere vi sono espressioni che sembrano, oggi, prive di significato. All'interno del mondo boyliano e della stessa *Royal Society* vi erano rapporti magico-settari, comprensibili solo a coloro che facevano parte di un ristretto gruppo di persone, pratiche che certamente esulavano sia dalla scienza sia dalla religione anglicana, intinte di caratteri esoterici o eretici che non ci è possibile decifrare. La scienza sperimentale non abolì la magia: qualche volta la nascose e la usò per tenere rapporti segreti tra gli studiosi. Per tali ragioni, Boyle usava spesso inchiostri simpatici nelle sue lettere ed è probabile che questa polvere di provenienza orientale, e posseduta proprio da un viaggiatore, potesse servire a tale scopo. Il termine «oro» può quindi

<sup>13</sup> *Ivi*, p. 17.

<sup>14</sup> *Ivi*, p. 19.

assumere un valore simbolico, dal momento che, come Boyle ha già notato, vi sono metalli assai più utili. «Oro», in tale contesto di segretezza può essere tutto ciò che consente un'intelligenza segreta» tra studiosi, la possibilità di un rapporto epistolare non solo scientifico, ma anche settario, religioso e politico. L'oro, come metallo, può essere svilito, il suo valore è superato, ma gli uomini hanno bisogno di un nuovo «oro»: quello della luce visibile a pochi iniziati.

A parte le osservazioni suscitate da quest'operetta del Boyle, vi sono due fatti molto importanti che confermano il suo atteggiamento scettico o, almeno, la sua volontà di autocensura. Il primo riguarda la pubblicazione di un'opera intitolata *An Advertisement of Mr. Boyle about the Loss of his Writings* (1688), nella quale egli riferisce che molti suoi appunti erano stati distrutti da una grande quantità di vetriolo casualmente rovesciata su di essi (Cfr. fig. 1). Ma, in tale opera, il Boyle non precisa l'argomento di queste carte andate perdute, dicendo solo che potevano consentirgli di scrivere un trattato di grande interesse, di argomento non specificato. Il secondo fatto è costituito da una lettera indirizzata a un autore anonimo e non datata, ma ritenuta dal suo biografo Thomas Birch posteriore al 1689, nella quale il Boyle precisa il suo atteggiamento verso la «cerca» dell'oro. Dopo aver affermato che i suoi studi chimici erano ispirati alla semplicità e rifuggivano da inutili complicazioni, il Boyle dice:

Per coloro che ritengono strano che io, con diversi esperimenti sui metalli e sui minerali, non ne abbia eseguito alcuno lucroso, ossia quelli che i chimici chiamano «particolari», penso sia sufficiente ricordare che, essendo scapolo [...] e libero dall'ambizione di lasciar ricchi i miei eredi, non avevo necessità di compiere ricerche «lucriferosi», alle quali preferivo quelle «luciferosi». In tal modo ambisco dire, e riconosco che è una forma di vanità, di aver coltivato la chimica con disinteresse pecuniario, avendo in mente solo quei vantaggi che concernevano la mia conoscenza della natura, la gratificazione dei curiosi e l'acquisizione di nuove, buone e utili medicine.<sup>15</sup>

La lettera del Boyle potrebbe sembrare strana o superflua se, tra le sue carte, non si fosse trovato il testo di una legge varata dal Parlamento, poco più tardi, nell'agosto del 1689, con la quale si abrogava una precedente disposizione che vietava di operare nel campo della produzione dell'oro e dell'argento. La modifica in questione, abolendo il divieto precedente, precisava che l'oro e l'argento, trovati allo stato naturale o prodotti per via alchemica, dovevano essere consegnati alla Zecca e non potevano circolare per uso privato.<sup>16</sup> Boyle vuole dunque allontanare il sospetto di essere un «produttore» di oro: se lo sia stato non lo sapremo mai, perché, con la sua consueta prudenza, aveva dichiarato che molti suoi appunti erano stati (casualmente?) distrutti dal vetriolo. In ogni modo, non sono state reperite carte del Boyle inerenti a tale procedimento, cosicché dobbiamo limitarci a quanto egli racconta nell'operetta sulla «degrada-

<sup>15</sup> BOYLE, *Works*, cit., I, p. CXXX.

<sup>16</sup> *Ibid.*, p. CXXXII.



An Advertisement of Mr. Boyle, about the Loss of  
of his Writings: Address'd to Mr. J. W. to be communica-  
ted to those Friends of His, that are Virtuosi, which may serve  
as a kind of Preface to most of his Mutilated and Unfinish'd  
Writings. Printed in May 1688.

**A**S for the Report that double-  
less has reach'd your Ears, of  
the Loss of several of my Ma-  
nuscripts, and the Defacing of  
divers Others, 'tis but too true; and I  
am very sensible of it. But yet 'tis not  
barely upon my own Account that I  
am so, but very much upon that of my  
inquisitive Friends, and Mr. J. W. in  
particular. For I cannot but be trou-  
bled that I sin; my self disabled to an-  
swer the Expectations they had, that I  
should gratifie their Curiosity, by enter-  
taining them with several Tracts upon  
Philosophical Subjects: And that some  
unwelcome Accidents that have of late  
befallen me, oblige me to dissuade them  
from expecting henceforward that I  
should present them with almost any  
Treatise, Finish'd and Entire. For ha-  
ving been for many years afflicted with  
a Weakness of Sight, that necessitated  
me, instead of Writing my Self, to Dictate  
to Others; and having been necessitated  
to make several Removes, some of them  
with too much haste to permit me to  
take an exact care of my Papers, or keep  
all of them together, and take them  
along with my self from place to place:  
When not long since I had occasion to  
review and range them, I found to my  
Surprize, as well as Trouble, that I want-  
ed four or five Centuries of Experiments  
of my Own, and other Matters of Fact,  
which from time to time I had commit-  
ted to Paper, as they were made and  
observ'd, and had been by way partly  
of a Diary, and partly of *Adversaria*, regis-  
ter'd and set down one Century after  
another, that I might have them in a readi-  
ness to be made use of in my design'd  
Treatises. And together with these Ma-  
ters of Fact, I found missing seven or eight  
Centuries of Notions, Remarks, Expli-  
cations and Illustrations of divers things

in Philosophy, which I had committed to  
Writing as they chanc'd to occur to my  
Thoughts, and which might have place  
among the same Papers with the above-  
mention'd Experiments. How all these  
should come to be lost, whilst some o-  
ther Centuries of Notes and short Me-  
moires, some of them Speculative and  
others Experimental, escap'd, I can as  
little declare, as recover them. But to  
add to the Misfortune (for such it is to  
Me, though perhaps not to the World,)  
One whom I had order'd to do some-  
thing with a Bottle of Oyl of Vitriol, un-  
luckily broke the Glass just over a flat  
Chest of Drawers, which I had pur-  
posely caus'd to be made for no other use,  
than to keep in it my own Manuscript  
Papers, whereof it had then good store.  
And though I happen'd to be at that  
time in the Room, and made hast to un-  
lock the dilinck't Drawers, and take them  
out; yet the highly corrosive Liquor  
had made such haste, and such havoc,  
that several Manuscripts, and among  
them some that I most valu'd, were  
quite spoil'd, inasmuch that there re-  
main'd not words enough undecor'd to  
declare what Subjects they concern'd;  
and that the other Manuscripts that mi-  
schivous Liquor had reach'd to, had some  
of them their Leaves half consum'd, and  
others a greater or lesser part of them;  
and all that the *Megstraw* touch'd, it  
made so rotten, that notwithstanding  
all our diligence, what was once wet-  
ted, could never be retriev'd.

'Twas Natural enough that this con-  
course of Mischances should suggest to  
me, that I was to take new Measures in  
reference to my design'd, but yet un-  
publish'd Writings. For first, it seem'd  
reasonable, that either I should wholly  
suppress some Discourses, wherein I had  
made a considerable progress, but had  
no

FIG. 22 (No. 188). The first page of the 'Advertisement concerning the loss  
of his writings' (from the Bodleian copy).

zione dell'oro». Ma tale «degradazione» fu eseguita «una sola volta», come asserisce lo stesso Boyle, parlando in terza persona e accampando una buona scusa:

Benché l'autore abbia ritenuto opportuno citare questo VII esperimento, dato che è notevole e molto pertinente, nel modo in cui è qui presentato, e cioè quello in cui lo scrisse *toto a un amico intimo*,<sup>17</sup> tuttavia, dopo che era stato persuaso a pubblicare queste carte, fu la peste (che infuria ora), che lo allontanò dalla sistemazione richiesta dal suo intento, a rendere vano il progetto che aveva di ripetere quella parte dell'esperimento che tratta della distruzione dell'oro.<sup>18</sup>

3. Si possono pertanto distinguere, tra i «cercatori» d'oro del tempo del Boyle, diversi atteggiamenti e differenti mentalità. Innanzitutto, occorre precisare che dobbiamo scartare l'ipotesi di veri e propri studi atti a produrre l'oro per desiderio di arricchimento. Questa mentalità, cara agli alchimisti in epoca rinascimentale, ma anche molto prima, perse di significato e di incisività con la scoperta dell'America e con la conseguente abbondanza di metalli nobili allo stato naturale. Tuttavia, come notava Bacone, il fatto stesso di operare sui metalli aveva creato un artigianato culturale ricco di spunti per lo studio della composizione della materia. Alla fine del Seicento tali nozioni, apprese in forma artigianale o mediante la lettura di un'ampia trattatistica sull'argomento, costituivano la base culturale di un passato magico o il punto di partenza di una visione utopica della società. Già Campanella, nella *Città del Sole* (1602), aveva reso omaggio all'astro legato al simbolo dell'oro, un metallo che rappresentava la luce («*luciferous*», come dice il Boyle), la ragione, la capacità di vedere tutto in modo autonomo e con chiarezza, in maniera limpida e socialmente preziosa. L'idea dell'oro è la conseguenza dell'eliocentrismo copernicano e l'anticipazione del sogno illuministico.

Del resto, lo stesso Giambattista Della Porta, sicuramente legato a temi magici, non si peritava di produrre l'oro, limitandosi ad asserire di aver trovato il metodo per aumentarne il volume:

Stropicciate l'oro con le dita con argento fluido, senza smettere sinché esso non abbia assorbito tutto l'argento e non abbia raggiunto il peso voluto. Preparate indi una liscivia forte di zolfo e calce viva e versatela insieme all'oro in recipiente molto svassato, che esporrete a fuoco dolce, lasciando bollire sinché l'oro non abbia riacquisito il colore naturale.<sup>19</sup>

Esistevano tuttavia uomini che, come il Price, si ostinavano a voler produrre l'oro per millantare una capacità alchemica che ritenevano la via migliore per un

<sup>17</sup> Il corsivo è nostro.

<sup>18</sup> R. BOYLE, *The sceptical Chymist*, (1661), trad. it., Torino, UTET, p. 452 e segg.

<sup>19</sup> Giovan Battista DELLA PORTA, *La magia Naturale*, (1558), trad. it., Milano, Fidi, 1925, p. 202.

sicuro accesso al mondo della ricerca, ma che, non riuscendo a compiere tale esperimento più di una volta, temevano di essere imputati di disonestà dal mondo scientifico. Tra questi, al tempo del Boyle, vi furono molti studiosi che, volendo essere almeno citati nei *Transactions* della *Royal Society*, scrivevano a Henry Oldenburg di essere in grado di produrre l'oro, asserzioni che il Boyle, subito consultato sull'argomento, trascurava di tenere in considerazione.

Sia pure in forma embrionale e prematura per i tempi, il Boyle vuole essere considerato un «chimico», ma un «chimico scettico», operando sui materiali col solo intento di affermare la validità di un'ipotesi corpuscolare della materia. Sulle stesse basi opererà Newton e tutti quegli studiosi per i quali le arti magiche erano un retaggio del passato, degno di essere conosciuto solo come una filosofia della scienza che aveva avuto una lunga storia e un alto significato spirituale nella vicenda dell'umanità. Mutuando l'espressione di Koestler, gli alchimisti che cercavano di produrre l'oro erano stati i «sonnambuli» della teoria corpuscolare della materia, i raccoglitori di osservazioni metallurgiche che non dovevano essere disprezzate dal punto di vista artigianale, ma che non rivestivano interesse sperimentale per i «chimici» del Seicento.

Coloro che continuavano a perseguire temi concernenti la «cerca» dell'oro, erano per lo più degli studiosi «isolati», dei dilettanti, degli *amateurs*. Lavorando in oscuri laboratori casalinghi, senza rapporti con altri studiosi, anzi, operando in gran segreto, sviluppavano quelle idee «fumose» di cui parlava Boyle a proposito di Paracelso. Non scrivevano i loro procedimenti per non esporli alla verifica altrui, seguendo le linee di una tradizione magico-verbale, non più concepibile in epoca postbaconiana. Bacon aveva infatti insistito sull'importanza dei resoconti «scritti», considerando l'invenzione della stampa un onesto metodo divulgativo per esporsi alla critica, ai suggerimenti, al rifiuto delle proprie scoperte.

Altri personaggi, pur non essendo studiosi di professione, pensavano di aver trovato l'oro in modo casuale: si trattava per lo più di viaggiatori che inviavano al Boyle, spesso tramite l'Oldenburg, informazioni di questo genere, alle quali non veniva prestata alcuna attenzione. Boyle era diffidente in materia di «scoperte» dell'oro, annunciate da sprovveduti viaggiatori che egli puntualmente disilludeva. Così, quando gli giunse notizia che in Madagascar vi era grande abbondanza d'oro, il Boyle chiarì subito l'equivoco: si trattava di marcassite.<sup>20</sup>

<sup>20</sup> Per marcassite si intende oggi un disolfuro di ferro, minerale affine alla pirite. Boyle si interessava alle marcassite perché aveva notato che un campione di tale minerale cresceva di peso e dava un vetriolo (cioè un solfato) lasciandolo all'aria in una stanza. Il nome «marcassite» aveva però avuto anche altri significati: per il Cardano e il Della Porta significava «bismuto», mentre, per Libavio, indicava il biossido di manganese, o pirolusite. Il termine «marcassite» o «marcasside» si trova già in Alberto Magno, che lo descrive con i caratteri della pirolusite. Cfr. BOYLE, *The sceptical Chymist*, (1661), trad. cit., p. 348.

Infatti, secondo quando notavano con entusiasmo gli indigeni, affidandone la notizia ai viaggiatori, tale metallo aveva la caratteristica di essere facile da fondere, tanto da assomigliare, per malleabilità, al piombo. E il Boyle annota: l'oro con cui operiamo abbisogna di un fuoco molto forte [...] per facilitarne la fusione.<sup>21</sup>

La fissità dell'oro costituiva, sul piano pratico, una grande difficoltà nel suo impiego e molti scrivevano alla *Royal Society* annunciando di aver scoperto metodi empirici per renderlo malleabile e più utile ai bisogni umani. Il Boyle, puntualmente, spiegava che il metallo impiegato e reso così facilmente malleabile non poteva essere oro.

E ci sembra opportunamente conclusiva, in materia di trasmutazione dei metalli e di «cerca» dell'oro, la seguente asserzione di Robert Boyle:

gli uomini finora hanno così spesso tentato di effettuare una vera trasmutazione di metalli (in meglio o in peggio), e di distruggere il corpo estremamente fisso e compatto dell'oro, che quella è considerata una cosa inattuabile e questo un metallo

<sup>21</sup> BOYLE, *Works*, cit., I, p. 323.

<sup>22</sup> BOYLE, *The sceptical Chymist*, trad. cit., p. 456.

FABIO DECET (\*) - ROSARIO MOSELLO (\*\*)

## Le indagini chimiche sulle piogge tra '700 e '800 (\*\*\*)

Chemical researches on rain water between 18th and 19th century.

**Summary** - Rainfall composition was of interest to scientist as Marggraf (1709-1802), Bergman (1735-1784), Lavoisier (1743-1794), Lampadius (1772-1842), Liebig (1803-1873), Boussingault (1802-1887).

Researches were performed in fields as different as conversion of water into earth and nitrogen source in plants.

The explosive growing of determinations in the half of the 19th century was linked to the rising of the Agricultural Chemistry and development of analytical techniques.

Rain water analysis were performed at least in 44 places all around Europe in the 1840-1901.

### *Introduzione.*

Le indagini chimiche sulle piogge del XVIII e XIX secolo riflettono il travaglio della nascita, crescita e specializzazione della Chimica in questo periodo. Non mancano lavori su tale argomento [1-7] ma sono essenzialmente rivolti al solo 1800, in genere tralasciano il contesto entro cui furono svolte le indagini ed in tal modo occultano le difficoltà, le alternative ed il tessuto intricato di ipotesi di fronte alle quali si trovarono i vari ricercatori.

### *Le piogge in Boerhaave e Musschembroek.*

Un punto di partenza per tentare una ricostruzione delle indagini nel XVIII sec. è offerto da due trattati, *Elementa Chemiae* di H. Boerhaave (1668-1738)

(\*) P.M.P., ULSS n. 3, v. S. Andrea 1, Belluno.

(\*\*) CNR, Istituto Italiano di Idrobiologia, Palianza (Novara).

(\*\*\*) Relazione presentata al V Convegno Nazionale di «Storia e Fondamenti della Chimica» (Perugia, 27-30 ottobre 1993).

ed *Introductio ad Philosophiam Naturalem* di P. Musschenbroek (1692-1761). Il Boerhaave, professore di Medicina a Leida, inserisce le piogge nel ciclo della materia, di lontana ascendenza Aristotelica, tra terra ed atmosfera [8]. In tale schema le sostanze e corpuscoli emessi dalle fonti antropiche e naturali vengono diluite da parte dell'elemento aria e trasformate sotto l'azione dell'elemento del fuoco. Perfino terre e metalli possono finire nell'aria:

Pensate, minerali nell'atmosfera! È come dipingere cervi nell'aria e delfini nelle foreste! [8].

Boerhaave collega la qualità delle piogge con le stagioni, la natura temporalesca o meno delle precipitazioni, la presenza di grandi agglomerati urbani. Solo di sfuggita aggiunge una notazione propriamente analitica: l'acqua di pioggia, raccolta in vasi pulitissimi durante i temporali presenta tracce di vapori nitrosi.

Le concezioni di Boerhaave fecero scuola e furono riprese per tutto il XVIII secolo. Un esempio è offerto dal Muschembroek, professore a Duisberg, Utrecht ed infine dal 1739 a Leida. Segue lo schema espositivo di Boerhaave ma introduce considerazioni ed esempi originali. Elenca in ben 23 paragrafi le fonti di emissioni naturali ed antropiche, tra le quali il gas silvestre e gli altri spiriti emessi dalle piante; le esalazioni fetide della macerazione del lino e della canapa e quelle acide delle formiche, api e cimici; i miasmi della cottura del grasso di balena; i gas esplosivi delle miniere, specie di carbone [9]. E riassume:

Molte sostanze di varia natura esalano dalla terra e salgono in alto e si miscolano con l'aria; esse sono la causa e la materia delle meteore. È necessario conoscerle perché se si ignorano niente si sa circa le meteore... Opera preziosa sarà enumerare le cose che oggi si sanno, lasciando ai posteri di aggiungerne altre [9].

Ed anche, poiché la qualità delle piogge dipende da una pluralità di fattori: per una comprensione delle meteore è bene che si osservino nella regione loro propria senza trarre conclusioni generali essendo diverse in regioni diverse [9].

Cita il ritrovamento dei solfati nelle piogge da parte di Grosse (1724 a Parigi) e di Hellot (1735).

Nei Trattati di Fisica di altri Autori apparsi posteriormente, ad esempio quelli del Dalla Torre [10] e del Poli [11], si trovano per lo più brevi sunti che dipendono in modo evidente da Muschembroek e Boerhaave. Un approccio originale è quello di Eller che nel 1748 nota come la pioggia e la rugiada raccolte in estate e poste in bottiglie di vetro tappate formino un sedimento limoso che all'analisi dà uno spirito acido e che attribuisce alle esalazioni e putrefazioni animali e vegetali, inglobate dalle meteore [12].

In realtà nei manuali visti sopra vengono accolti i contributi sulle meteore acquose provenienti da ambiti molto diversi, dalle «piogge di sangue» alla trasmutazione dell'acqua in terra. È appunto quest'ultimo campo che risulta essere piuttosto fecondo per gli scopi di queste note.

*Lavoisier, la trasmutazione dell'acqua in terra e le piogge.*

Se i cosiddetti elementi inorganici che troviamo nelle ceneri delle piante siano presenti anche quando non vengono ad esse forniti, se i detti elementi siano componenti effettivi dell'organismo vegetale dimodoché questo ne abbia bisogno per il suo completo sviluppo [13].

Questo era il quesito messo a concorso dall'Università di Göttinga nel 1842 che rivela il perdurare della concezione della trasmutazione ad opera delle piante. In effetti la trasmutazione era un'idea con una storia lunga e rispettabile, a tratti intersecata con le indagini sulle piogge come appare dagli esperimenti condotti nel 1666 da Boyle (1627-1691):

Libero l'acqua piovana, accuratamente raccolta, del suo contenuto terroso accidentale e per così dire intorbidante, che essa deposita alla prima distillazione lenta (e che spesso è colorato per cui lo si può distinguere dalla terra bianca ottenuta per trasmutazione) [15].

Su tale linea si pone pure Olaus Borrichius che verso la seconda metà del XVII secolo distilla 900 libbre di acqua piovana e 100 ciascuna di acqua di neve e di grandine [15]. Ottiene una terra che per lavaggio separa a sua volta una piccola porzione di sal marino mentre il residuo posto a calcinare gli dà indizi di zolfo. È questa la prima affermazione, a nostra conoscenza, di componenti chimici identificati nelle piogge con sufficiente chiarezza.

Sempre nell'ambito delle ricerche sulla trasmutazione Marggraf (1709-1802) a Berlino preleva pioggia e neve dal dicembre 1749 al maggio 1750 [16]. Per evitare inquinamenti usa vasi in vetro lavati con acqua distillata, esposti in un giardino dei sobborghi, lontano da edifici ed alberi.

L'argomento della trasmutazione era ancora aperto ed importante quando verso il 1769 Lavoisier (1734-1794) vi indirizza le sue ricerche. Condensa i suoi risultati in due memoriali. Nel primo, di carattere storico, esamina i lavori precedenti, nel secondo riporta tra l'altro i suoi risultati dell'analisi di campioni di pioggia [15, Tab. 1].

Tab. 1 - Risultati dell'analisi dell'acqua piovana secondo A. Lavoisier [15].

Densità <sup>1</sup>	10.000,259
Residuo all'evaporazione, per libbra di acqua	3/10 di grano
Sale dal lavaggio del residuo, per libbra di acqua	1/11 di grano

<sup>1</sup> Presa come 10.000.000 la densità dell'acqua della Senna distillata una volta in un recipiente di metallo.

La successiva rivoluzione Lavoisieriana comporterà una semplificazione della concezione dell'atmosfera [18] ridotta da un insieme caotico di molecole e particelle a soli tre gas e vapor acqueo. Questo fatto non sembra però aver favorito le indagini sulle piogge anche se nell'articolo «*Chemie*» dell'Enciclopedia il Fourcroy (1755-1809) scriveva:

Indico nella Chimica meteorica una branca della Chimica poiché questa parte della conoscenza umana che finora si è creduto di comprendere interamente nella Fisica propriamente detta, non può realmente esser spiegata o compresa e nemmeno perfezionata senza l'aiuto della Chimica [19].

La svolta proposta dal Fourcroy va intesa in realtà nel senso di una semplificazione delle meteore acquose alla luce della nuova chimica Lavoisieriana. Ancora verso il 1830 Berzelius (1776-1848), seguendo uno schema Lavoisieriano, ritiene poco verosimile che Bergmann abbia potuto trovare del cloruro di calcio nella neve «perché questo sale è interamente resistente al fuoco e non può ridursi in istato di gas» [20].

Più interessato ai soli aspetti analitici sembra Bergman (1735-1784):

La neve asconde una piccolissima porzione di sal marino calcareo (calcio cloruro,  $\text{NdA}$ ) e dà qualche debole indizio di acido nitroso; sciolta recentemente è assolutamente priva d'aria e di acido aereo, sostanze che esistono più o meno in tutte le acque. L'acqua piovana è alterata ordinariamente dalle stesse sostanze, ma in dose maggiore. È evidente che le trova nell'atmosfera, della quale in certo modo netta tutte le immondizie, perciò non si raccoglie mai pura; quando le piogge e le nevi hanno continuato per più giorni, l'acqua e la neve sono assai più pure [17].

Alla fine del secolo si trovano in Chaptal alcuni accenni relativi all'effetto del mare e dei venti sulla qualità della pioggia [21].

### *Il XIX secolo: le piante e le piogge.*

Il numero delle pubblicazioni sulle analisi chimiche delle piogge nel corso dell'800 mostra una evidente impennata verso la metà del secolo (Fig. 1). Per capire tale andamento è utile considerare alcuni fattori.

Innanzitutto va notato che le ricerche in tale periodo hanno come oggetto essenzialmente i composti azotati (nitrati ed ammoniaca) e sono effettuate in gran parte in campo agrochimico. In tale settore il problema dominante, nel quale furono attivi i chimici più autorevoli del tempo, fu quello della nutrizione delle piante e le analisi delle piogge furono uno dei modi per verificare le varie ipotesi in gioco. Un breve excursus circa le teorie sulle nutrizione delle piante è utile per mostrare i punti di contatto con le indagini sull'atmosfera e le meteore acquose.

Homborg (1652-1715) verso il 1690, sulla base di migliaia di analisi di

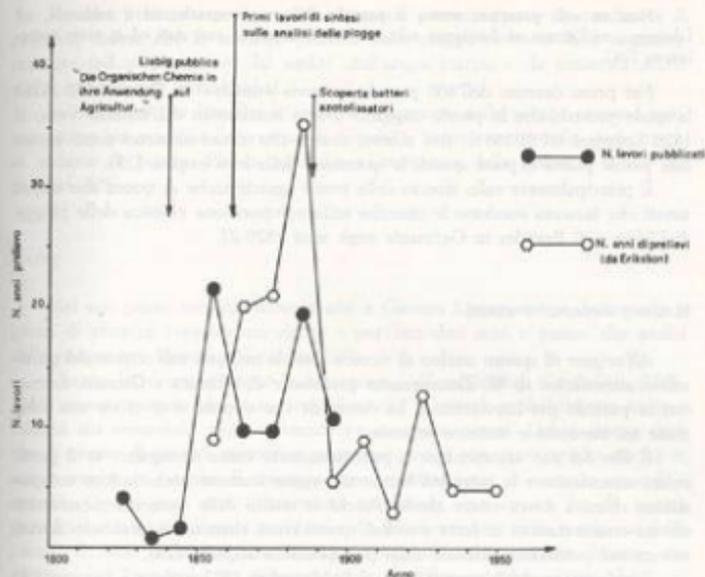


Fig. 1 - Andamento temporale delle pubblicazioni relative alle analisi chimiche delle piogge e del numero di anni di prelievi (questi ultimi dati da Eriksson, Rif. n. 5).

piante effettuate da Bourdelin conclude che queste ultime assumano dal suolo un acido volatile e sintetizzino in sé il sale urinoso volatile (ammoniaca) e la liscivia fissa (carbonato di potassio). Mariotte nello stesso periodo suppone che tutti i nutrienti per le piante derivino da terra e pioggia. Hooke (1638-1703) agli inizi del 1700 raffigura le piante come dotate di due tipi di radici, le une protese nel terreno, le altre (le foglie) nell'aria ed entrambe destinate ad assorbire nutrimento [22].

Wallerius (1709-1785) ipotizza che le piante che crescono sulle nude rocce, quali pini ed abeti e che sono tuttavia ricche in materia resinosa ricevano quest'ultima dall'aria [23].

Th. Saussure (1767-1845) rileva come per la crescita delle piante siano necessari alcuni elementi chimici [4]. Verso il 1810 Davvy (1778-1829) riassume la situazione:

Non un solo principio arrega il pascolo della vita vegetale, né il carbonio, né l'idrogeno, né l'azoto, né l'ossigeno solo, ma tutti insieme in vari stati ed in varie correlazioni [24].

Nei primi decenni dell'800 prevale la teoria «umica» di Thaer (1752-1828) la quale prevede che le piante traggano il loro nutrimento dall'humus. Verso il 1820 Sprengel (1787-1859), suo allievo, ritiene che alcuni elementi siano essenziali per le piante e pone quindi la questione della loro origine [25].

È principalmente sullo sfondo delle teorie agrochimiche di questi due ultimi autori che saranno condotte le ricerche sulla composizione chimica delle piogge di Liebig e di Brandes in Germania negli anni 1820-27.

#### *Meteorite, meteoriti e nitrati.*

All'origine di questo nucleo di ricerca sono le indagini sull'origine del particolato atmosferico di W. Zimmermann professore di Chimica a Giessen, formato in periodo pre-Lavoisieriano. La domanda che si pone è se ci sia una relazione tra meteoriti e meteorite acquose.

Il filo del suo argomentare si può riassumere come di seguito: se il particolato atmosferico e le meteoriti hanno un'origine comune anche la loro composizione chimica dovrà essere simile. Poiché le analisi delle meteoriti mostravano elevate concentrazioni di ferro e nichel, questi stessi elementi si sarebbero dovuti trovare nel particolato dilavato dalle precipitazioni acquose [26].

Zimmermann dal 3 maggio 1821 al 31 dicembre 1823 preleva a Giessen 280 campioni di pioggia in 5 punti diversi ed a differenti altezze dal suolo. Effettua sui residui dei campioni una serie di saggi qualitativi che lo portano a identificare, tra l'altro, cloruro, solfato, ferro, manganese e, solo in qualche campione, il nichel. Dalla sua esposizione è evidente il legame con i Trattati di filosofia naturale del XVIII secolo e offre al riguardo una riflessione illuminante:

Lentamente ci si abituò (dopo la rivoluzione in Chimica di Lavoisier, NdA) a vedere l'atmosfera solo come una miscela dei tre ben noti gas e di vapor d'acqua. Poiché un uno stato aeriforme le meteorite acquose potevano incorporare solo gas ma non terre o sali, così ci si abituò a vedere, attraverso tali ipotesi, questa parte della storia naturale come completata [26].

Liebig (1803-1873) non crede affatto che le piogge possano contenere ferro, manganese e nichel e si impegna in un lungo lavoro volto a dimostrarlo [27]. Questa competizione testimonia la tensione tra l'anziano professore ed il nuovo arrivato, causa probabilmente non estranea alla improvvisa e tragica morte dello Zimmermann nel luglio 1825 [28]. Liebig pubblicherà i propri risultati sulle piogge [28] solo dopo aver letto un lavoro sullo stesso tema di Brandes sullo Schweiggers Journal für Physik und Chemie (al comitato di redazione del quale entrambi partecipavano).

Brandes nel suo articolo mostra di curare particolarmente le condizioni di prelievo; ritiene che le sostanze presenti nelle piogge derivino dalla superficie terrestre (ed in particolare dal suolo), dall'acqua marina e da emissioni antropiche (ad esempio le fabbriche).

In definitiva per Brandes le sostanze riscontrate nelle piogge possono spiegare come sia possibile la crescita di muschi e licheni anche sulle nude rocce, in assenza di humus. Più in generale: «L'economia delle piante è legata alle piogge» [29].

### *Liebig.*

Nel suo primo incarico universitario a Giessen Liebig non si dedica solo a lavori di chimica organica ma anche e per ben due anni e mezzo alle analisi delle piogge ove identifica il nitrato [27].

Questo fatto era già noto a Marggraaf [16] ed inoltre Cavendish (1731-1810) aveva mostrato che le scariche elettriche (e quindi probabilmente anche i fulmini nei temporali) nell'aria umida producevano nitrati. Liebig ritiene però che il nitrato di origine meteorica possa spiegare il suo rinvenimento anche in acque sorgive in assenza di decomposizione (nitrificazione) di sostanze vegetali o animali. Queste note sono interessanti perché da esse appare fin da questo periodo il suo interesse per i problemi della nitrificazione e della nutrizione delle piante. Il titolo della sua dissertazione, scritta nel 1823, non casualmente era: «Ueber das Verhältniß der Mineralchemie zu Pflanzenchemie» [30]. Nel 1840 Liebig riprende e sviluppa tali temi nel suo «Die Organische Chemie in ihre Anwendung auf Agricultur und Physiologie» [31]. Nell'edizione italiana afferma perentorio:

La fonte prioritaria della nutrizione delle piante è essenzialmente di natura inorganica [32].

Ed in una nota da lui stesso preparata per una recensione sulla stampa inglese del suddetto testo richiama le sue analisi sull'ammoniaca delle piogge [31] condotte ancora a Giessen:

Il dr. Liebig ha trovato che la fonte finora ignota dell'azoto delle piante, dal quale deriva il glutine, il più importante nutriente degli animali. Egli lo ha rilevato nelle piogge ed ha dimostrato che è del tutto equivalente alle sostanze azotate dell'urina fermentata e degli escrementi animali [28].

Fu ancora la stretta aderenza alla sua ipotesi che lo portò a non interessarsi dei solfati nelle piogge, credeva infatti che questi derivassero unicamente dal suolo.

*Boussingault e la questione dell'azoto.*

Attorno alle ipotesi di Liebig si scatenano le polemiche, centrate particolarmente sulla fonte dell'azoto delle piante [30]. Come accennato sopra è proprio in quest'ultimo ambito che a partire dal 1850 vengono effettuate numerose serie di analisi delle piogge.

Riguardo l'origine dell'azoto delle piante fin dal 1804 Th. Saussure (1767-1845) aveva suggerito che fosse assorbito dalle radici [33]; Davvy (1778-1829) nel 1814 ritenne che potesse esser assunta l'ammoniaca dell'aria [24].

Un impulso deciso alla ricerca viene però dai lavori di Boussingault (1802-1887) che a partire dal 1838 si dedica all'argomento determinando con accuratezza, secondo il metodo appena messo a punto da J.A. Dumas (1800-1884) [34] il tenore in azoto dei vegetali. Circa l'origine dell'azoto Boussingault è cauto [35] mentre per Liebig al contrario la soluzione è semplice: l'ammoniaca dell'aria è la fonte cercata.

Tuttavia le analisi dell'ammoniaca nelle piogge non furono effettuate che un decennio più tardi e solo dopo che E.M. Peligot (1811-1890), allievo di Gay-Lussac (1778-1850) mise a punto una tecnica volumetrica (rapida e sensibile) per la sua determinazione [35]. Con tale metodo nel 1853, da maggio a novembre, Boussingault determina l'ammoniaca in 77 campioni di pioggia prelevati nella sua tenuta di Liebenfrauenberg sui Vosgi [35]. Nell'estate-autunno del 1856 ed ancora nel 1856 esamina il tenore in nitrato di 90 precipitazioni (pioggia, neve e grandine) e trova un valore medio di 0,2 mg NO<sub>3</sub>/l [36].

In Inghilterra Lawes e Gilbert furono indotti a ritenere, in opposizione netta con Liebig, del tutto insufficienti per le coltivazioni le quantità di composti azotati di origine meteorica [37]. Fin dal 1850 G. Ville (1824-1897) propone l'assimilazione da parte delle leguminose dell'azoto atmosferico [38]. Boussingault per risolvere quest'ultima questione condusse una lunga serie di esperimenti di crescita di piante in condizioni controllate, culminati nell'estate del 1854 in un esperimento davanti una Commissione arbitrata [39]. A parere di Boussingault i dati provavano che l'azoto dell'aria non era assimilato ma la Commissione ritenne il problema ancora sostanzialmente aperto.

Nel 1856 Way complica ulteriormente il rompicapo della fonte dell'azoto nelle piante rilevando a Rothamstead [40] come i suoli agrari perdano per drenaggio molto più nitrato di quanto non ne acquisiscano dalle piogge.

Ancora nel 1856 l'attenzione di Boussingault è attirata da una scoperta di Bineau in margine alle analisi delle piogge. Questi aveva notato che ripetendo le analisi dell'ammoniaca su campioni di pioggia dopo le vacanze estive del 1855 otteneva valori molto inferiori a quelli di alcuni mesi prima e che nel contempo si era avuto uno sviluppo di alghe. Inoculò allora con queste ultime una soluzione a titolo noto di ammonio e dopo dieci giorni trovò che esso era diminuito di 3/4 nei campioni alla luce e di metà in quelli tenuti al buio [41].

Boussingault inizia una serie di ricerche che lo portano nel 1860 a sospettare che i microorganismi del suolo possano fissare l'azoto. Su tale via procedettero i suoi allievi Muntz (1846-1917) e Schloesing (1824-1919) che nel 1877 proposero il «fermento nitrico» (microorganismi) quale agente della nitrificazione nel suolo [48]. Verso il 1886 Hellriegel e Willfarth identificarono infine i batteri azotofissatori [42].

La soluzione del problema dell'origine dell'azoto porta ad un declino delle indagini chimiche sulle piogge (Fig. 1).

Molta parte delle campagne di prelievi ed analisi furono effettuate nelle Stazioni Agrarie che vengono avviate proprio in quelli anni, particolarmente dell'area tedesca.

Il 28 dicembre 1852 viene istituita a Mockern la prima di una serie di Stazioni di Ricerca Agraria (Landversuchsstation) che nel 1871 raggiunsero il numero di 51 [30, 43]. Fu in questo ambiente agrochimico vivace e sviluppato che si calarono le ipotesi di Liebig circa la nutrizione delle piante scatenando polemiche e consensi e stimolando una campagna di indagine sui composti azotati nelle piogge.

Nel 1864-1866 fu condotta un'indagine tra alcune stazioni agrarie prussiane per verificare il tenore in azoto delle piogge che portò a rilevare una variabilità molto alta [44].

In Inghilterra dal 1834 Lawes (1814-1900) e Gilbert (1817-1901), quest'ultimo allievo di Liebig, iniziano ad operare in campo agrochimico a Rothamstead [45]. Del 1853-54 sono le loro prime analisi dell'ammoniaca nelle piogge; ulteriori analisi, comprensive del nitrato, furono effettuate da Way (1821-1884) nel 1855-56. Poi le indagini sulle piogge a Rothamstead furono riprese per l'ammoniaca solo dal 1877 (con una interruzione dal 1885 al 1887) e continuarono fino al 1916; i nitrati furono determinati a partire dal 1886; i cloruri dal 1877; il solfato, trimestralmente, dal 1881 al 1887 [46].

In un periodo successivo risultano attive in questo settore anche le prime Stazioni Agrarie italiane (Fig. 2).

#### *Le indagini in settori diversi da quello Agrochimico.*

Le indagini, specialmente dal 1820 al 1850, non furono monopolio del solo settore agrochimico.

Nel 1822 Dalton (1766-1844) determina il cloruro in una pioggia particolarmente salata del 5 Dicembre 1822 [47]. W.A. Lampadius (1772-1842) nel 1834 analizza a Freiberg in Sassonia 213 campioni di pioggia, neve e grandine [48].

Analisi dei cloruri nelle piogge condotte per un intero anno furono effettuate nel 1843 in Scozia per scopi agrari [7]. In una comunicazione letta alla Chemical Society di Londra il 4 gennaio 1847 Smith da conto delle sue ricerche

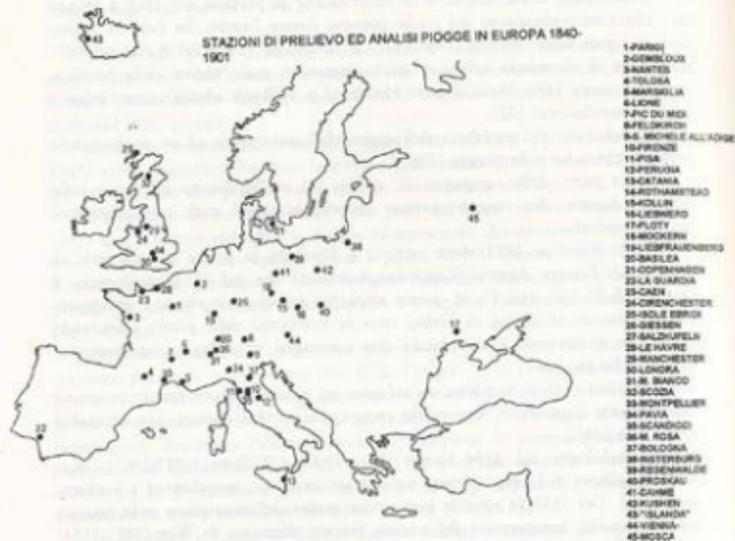


Fig. 2 - Sono riportate le stazioni di prelievo ed analisi delle precipitazioni umide in Europa dal 1840 al 1901.

riguardo i pericoli per la salute derivanti dall'atmosfera cittadina inquinata; rileva l'aria esser acida e la pioggia basica [49]. Apparentemente è questo il suo primo lavoro di una serie che culmina nel testo *Air and Rain* del 1872. Il 18 dicembre 1850 la Chemical Society riceve un contributo di Henry Bence-Jones (frequentemente citato nei lavori successivi) riguardo la presenza di nitrati nelle urine a seguito dell'assunzione di sali ammoniacali; in una nota di 8 righe dà notizia del ritrovamento dei nitrati in campioni di pioggia raccolti a Londra e dintorni [50].

Il 20 febbraio 1852 all'Académie des Sciences di Parigi viene presentata una Memoria sulle acque di pioggia raccolte ed analizzate presso l'Osservatorio Astronomico di Parigi da parte di Barral [51]. Contiene i risultati delle determinazioni effettuate da luglio a dicembre sulla terrazza dell'Osservatorio e da agosto a dicembre nel cortile dello stesso.

Come notò il segretario dell'Académie Arago [52] il lavoro di Barral (alla

cui lettura era presente J.B. Boussingault) mostrava che il nitrato era sempre perfettamente dosabile nelle piogge contrariamente a quanto sosteneva Liebig. Probabilmente il favore con il quale fu accolta la memoria di Barral contribuì a dare la stura ad una serie di «réclamations de priorité» (di Marchand, Meyrac, Chatin) cui puntualmente Arago rispose, mostrandone l'inconsistenza [52].

Ancora nel 1851 Pierre determina a Caen il cloruro, l'ammoniaca ed il solfato [53]. Martin nel 1854 a Marsiglia quantifica con successo il cloruro ma è costretto a dichiarare fallimento nel caso dei nitrati [55]. Le ricerche non furono circoscritte alla Francia: nel 1852 J.F. Heller aveva rilevato costantemente a Vienna l'acido nitrico sia nell'aria sia nelle piogge [54].

Anche nel periodo successivo agli anni 1850 il settore agrochimico non fu il solo ad occuparsi della analisi delle piogge. Chatin aveva proposto che il gozzo fosse originato da carenza di iodio [56]. Ancora in campo igienico si mosse Bobierre (1864) a Nancy [57] e De Luca (1820-1880) a Pisa nel 1860-61 [58]. Attento all'inquinamento delle città appare anche Bineau a Lione. Dal 1851 determina la concentrazione di ammoniaca e dei nitrati nelle piogge trovando massimi invernali e minimi estivi (l'opposto cioè di quanto trovato da Liebig) [59].

L'attenzione si allarga anche ad altri componenti. Meissner, Struve, E. Schone sfruttando le ricerche di Schobeim cercano l'acqua ossigenata; notevoli i lavori soprattutto di quest'ultimo presso Mosca [60]. Verso la fine degli anni 1860 Barral trova i fosfati [61] e Chabrier nel 1871 determina i nitriti [62].

La mole dei dati accumulati fu tale da consentire sul finire degli anni 1850 le prime sintesi del Ville [63] e di Reichardt [64]. Una visione d'insieme delle ricerche effettuate si può avere dalla Fig. 2.

#### *Sviluppi delle tecniche analitiche e loro influsso sulle analisi delle piogge.*

F. Abbi ha notato che:

Le prescrizioni epistemologiche mascherano assai spesso i percorsi contorti attraverso i quali vennero emergendo scoperte significative e portano spesso a trascurare, come insignificanti, l'effettiva pratica scientifica e l'invenzione e l'uso degli strumenti [65].

Già il Fourcroy (1755-1809) notava il ruolo dello sviluppo delle tecniche analitiche nella genesi di nuove teorie. Cita al riguardo gli sforzi di Macquer (1718-1784) nel mostrare come il forare ed unire con luti adatti gli apparati di distillazione in modo che non vi fossero perdite. Fourcroy rileva acutamente che tali attenzioni divennero degli imperativi solo dopo la rivoluzione Lavoisieriana quando divenne chiaro che nulla poteva esser perso durante l'analisi [66].

Un esempio per alcuni aspetti simile è offerto dalla determinazione dei solfati nelle piogge. Le metodiche analitiche per questi ultimi erano verso la metà dell'800 sufficientemente accurate e sensibili ma essi non vennero determi-

nati quasi mai nelle precipitazioni. Il contrario accadde, nonostante i metodi imprecisi e difficoltosi, per i composti azotati i quali però costituivano, come visto, un problema scientifico importante.

La tecnica che forse contribuì maggiormente alle analisi nel campo delle piogge fu quella volumetrica. Fondamentale fu al riguardo l'azione di Gay-Lussac e Pelouze [67]. Non a caso il nome di quest'ultimo, allievo di Gay-Lussac e suo successore all'École Polytechnique di Parigi, ricorre frequentemente nelle metodiche del tempo per l'ammoniaca ed i nitrati.

Non meno importante fu la pubblicazione di riviste specialistiche come gli *Zeitschrift für Analytische Chemie* editi dal 1862 da R. Fresenius (1818-1897) che consentirono la diffusione e la verifica di protocolli analitici.

In definitiva i chimici si trovarono di fronte non solo ad alternative tra differenti spiegazioni o programmi di ricerca ma anche tra diversi strumenti e tecniche.

Le discrepanze notevoli tra i risultati analitici (ad esempio i nitrati assenti secondo Bineau nelle piogge di Lione nel 1852 [58] ed invece trovati a livello di decine di mg/l da Barral a Parigi nel 1851 [36]) posero la questione del controllo dei metodi analitici.

Tra il 1862 ed il 1882 furono almeno 5 le rassegne bibliografiche relative alla sola determinazione dei nitrati [68-72]. I primi metodi per tale sostanza provenivano dal settore della polvere da sparo. Della questione si erano interessati Lavoisier e Gay-Lussac [73]. Gossart nel 1847 propose di titolare il nitro della polvere da sparo in soluzione solforica con Ferro (II) e subito Pelouze [74] perfezionò il metodo che si basava sulla reazione:



Pelouze determinò volumetricamente il Fe (II) residuo mentre Schloesing (allievo di Boussingault) Tiemann e Schultze perfezionarono la misura gasvolumetrica di NO [75]. I problemi derivavano però essenzialmente dalle concentrazioni estremamente ridotte presenti nelle piogge e acque naturali. Ad esempio Eder [68] stimava perdite di circa il 10% nella determinazione di 50 mg NO, (una quantità molto maggiore di quelle usualmente trovate in 1 litro di acqua piovana) con errori crescenti in modo esponenziale al diminuire della quantità di nitrato. Solo dopo il 1870 vennero introdotti i metodi colorimetrici alla brucina e difenilammina.

Infine in riferimento alle modalità di prelievo furono ben presto individuate le contaminazioni da parte di uccelli [35], insetti [26], deposizione secca [16, 35, 51], inquinamenti nel laboratorio [29].

*Il fine secolo e le indagini in Italia.*

Una soluzione soddisfacente al problema della fonte dell'azoto venne, come visto sopra, verso il 1886 con Hellriegel (1831-1895) [49]. Questo fatto non comportò la fine delle analisi sulle piogge, che continuarono ad essere utilizzate ai fini del calcolo del bilancio di azoto delle coltivazioni.

Alcune serie di analisi continuarono a Rothamstead ed a Parigi presso l'Osservatorio di Montsouris ad opera di Levy [76] il quale nel 1882 aveva analizzato circa 2500 campioni in 16 anni di indagini.

Verso la fine del secolo analisi delle piogge vengono effettuate praticamente in ogni parte del globo dai Tropici (1889) all'Antartide (1911) [5].

Emerge la coscienza di cambiamenti ambientali, potenzialmente pericolosi per la salute. Il Casali a Bologna fin dal 1901 suppone che che vi sia stato un aumento nella concentrazione di ammoniaca dovuto ad azione antropica [77] precedendo le ipotesi (argomentate con ben altro peso) da Crowther per la città inglese di Leeds [78].

A partire dagli anni 1860 le piogge furono indagate in campo agrochimico; come notò il Basile [79] in Italia le indagini ebbero però carattere episodico. Cossa operò a Pavia nel 1865 [80], Bechi e Passerini a Firenze [81, 84, 85], Bellucci a Perugia [82, 83], Mach a S. Michele all'Adige [86], Giacosa sul M. Rosa [87].

*Conclusioni.*

L'esame delle rassegne bibliografiche recenti delle indagini storiche sulle piogge lascia l'impressione che si sia cercato più di trovare dei numeri che di scovare e verificare teorie. Probabilmente non è estranea a questo atteggiamento una concezione epistemologica che vede nei lavori del passato quasi solo depositi di polvere e nel riesumarli il rischio di trafugamento di cadavere. In realtà nei vecchi lavori non sono rintracciabili solo dei puri numeri più o meno utilizzabili ma piuttosto dati rivestiti di teorie, con le quali ci si può confrontare per rendere massimo il contenuto scientifico della ipotesi attuali.

Nel XVIII secolo i lavori riguardo le piogge furono effettuati in una pluralità di settori con scopi diversi dalla trasmutazione alla circolazione della materia. Nel 1800 si possono distinguere due nuclei di ricerca principali. Il primo, operante in Germania verso il 1820 vede autori principali Zimmermann, Brandes e Liebig. I loro lavori prevedono prelievi sistematici annuali e si pongono come scopo dichiarato di indagare la circolazione della materia e la nutrizione delle piante. Il secondo nucleo si sviluppa a partire dal 1850 prevalentemente nel settore agrochimico in connessione con la questione dell'azoto ed ha tre poli principali. Uno e più importante francese con Barral, Bineau, Pierre, Ville e

soprattutto Boussingault; un secondo inglese attivo specie a Rothamstead e con Smith; un terzo tedesco con le stazioni agrarie tedesche. Il Liebig può esser visto come il tramite tra le ricerche degli anni 1820 e quelle degli anni 1850. Infine non vi è affatto un monopolio anglo-francese, come appare a volte dall'esame delle review storiche sull'argomento.

#### BIBLIOGRAFIA

- [1] MILLER N.H.J., *The amounts of Nitrogen as ammonia and as nitric acid and of chlorine in the rainwater collected at Rothamstead*, «J. Agric. Sci.», 1, 280-303 (1905).
- [2] RUSSEL E.J., RICHARDS E.H., *The amounts and composition of rain falling at Rothamstead*, «J. Agric. Sci.», 9, part IV, 309-337 (1919).
- [3] GORHAM E., *Scientific understanding of atmosphere-biosphere interactions: a historical overview*. Chapter 2 in: *Atmosphere-Biosphere Interaction: toward a better assessment of the ecological consequences of fossil fuel combustion*, National Academy Press, Washington D.C. 1981, pp. 9-21.
- [4] CORLING E.B., *A Historical resumé of progress in scientific and public understanding of acid precipitation and its consequences*, «Environ. Sci. Technol.», 16, 110A-123A (1982).
- [5] ERIKSSON E., *Composition of atmospheric precipitation. Part I, Nitrogen compounds*, «Tellus», 4, 280-303 (1952).
- [6] *Gmelin's Handbuch der Anorganischen Chemie*, Achte Auflage, Stickstoff, System Nummer 4, Berlin, Verlag Chemie GmbH, 1936, pp. 15-22.
- [7] BRIMBLECOMBE P., *The big Smoke*, Methuen & Co Ltd., London 1987, pp. 137-160.
- [8] BOERHAAVE H., *Elementa Chemiae, Lugduni Batavorum, apud I. Severinum*, tomo 1, 1732.
- [9] MÜSCHELENBROEK P., *Introductio ad Philosophiam Naturalem*, Editio prima Italica, pluribus annotationibus emendata aucta utique illustrata. Tomus Secundus, Patavii, Typis Seminarii, 1768, apud J. Manfrè. (Introductio ad *Philosophiam Naturalem*, 2 voll., Leyden 1762).
- [10] DELLA TORRE G.M., *Scienza della Natura Particolare, parte seconda*, Venezia 1750, presso G.B. Recurti, t. 2, pp. 390.
- [11] PONI G.S., *Elementi di Fisica Sperimentale*. Edizione seconda Veneta. Tipografia Popoliana, A. Curti q. Giacomo, 1798, tomo IV, p. 3.
- [12] ELLEI, *Essai sur la formation des corps en général*, Mémoires de l'Académie Royale des Sciences et Belles Lettres, 1748, tomo 4, p. 7.
- [13] STEHMANN F., *Liebig's Beziehungen zur Landwirtschaft*, «Journ. für Prakt. Chemie, Leipzig, N.F.», 8, 458-476 (1873).
- [14] BOYLE R., *Opere. L'origine delle forme e delle qualità*, a cura di C. Pighetti, UTET Torino 1977, pp. 979. (Traduzione de: *The Origin of Forms and Qualities (according to corpuscular philosophy)*, London 1744).
- [15] LAVOISIER A., *Sur la nature de l'eau et sur les Experiences par lesquelles on a prétendu prouver la possibilité de son changement en terre*. Oeuvres, Publiée par les soins de son Excellence le Ministre de l'Instruction Publique, tome 2, Paris, Imprimerie Impériale, 1862, pp. 823.
- [16] MARCGRAF A.S., *Opusculae Chymicae*, Paris, Vincent, 1762, tome 2, p. 1.

- [17] BERGMAN T., *Dell'analisi delle acque*, «Opuscoli Chimici e fisici», trad. G. Tofani, Firenze 1787, vol. 1, pp. 29-30.
- [18] LAVOISIER A., *Trattato Elementare di Chimica*, Venezia 1791, tomo 1, trad. V. Dandolo, p. 81.
- [19] FOURCROY A.E., *Encyclopedie Méthodique ou par ordre de Matières*, «Chimie», tome troisième, Padoise 1798, p. 285.
- [20] BEZZELIUS J.J., *Trattato elementare di Chimica teorica e pratica*, Milano 1826, vol. 1, trad. A. Frisiani, p. 456.
- [21] CHAPTAL J.A.C., *Elementi di Chimica*, Venezia 1801, tomo 1, trad. F. Caldani, p. 135.
- [22] STRICK A., *Wilhelm Homberg and the search for the constituents of plants at the 17th-century Academie Royale des Sciences*, «Ambix», 26, part 3, 184-201 (1979).
- [23] WALLERIUS J.G., *Elementi di Agricoltura, Fisica e Chimica*, trad. di L. Arduino, Venezia 1791, A. Foglierini, vol. 1, p. 67.
- [24] DARBY H., *Elementi di Chimica Agraria*, trad. Targioni-Tozzetti A., Firenze, G. Pianti, 1815, vol. 1, p. 15.
- [25] MEYER E., *Storia della Chimica*, Hoepli, Milano 1915, p. 587.
- [26] ZIMMERMANN W., *Beitrage zur Naherenkenntniss der Wassrigen Meteore*, «Kastners' Arch. Naturlehre», 1, 257-292 (1824).
- [27] LIEBIG J., *Extrait d'une note de M. Liebig professeur de Chemie a Giessen sur la Nitrification*, «Ann. Chem. Phys.», 11, 329-333 (1827).
- [28] MUNDAY P.E., *Storn and Dung, Justus von Liebig and the Chemistry of Agriculture*, Dissertation presented to the Faculty of the Graduate School of Cornell University, 1990, p. 71.
- [29] BRANDES R., *Beitrage zur Kenntniss der Meteorwasser*, «Schweiggers Journ. für Physik und Chemie», 48, 153-183 (1826).
- [30] SCHLING-BRODERSSEN U., *Entwicklung und institutionalisierung der Agrilkulturchemie im 19 Jahrhundert: Liebig und die Landwirtschaftlichen Versuchstationen*, Braunschweiger Veröffentlichungen zur Geschichte der Pharmacie und der Naturwissenschaften, Band 31, Braunschweig, 1989, p. 22.
- [31] LIEBIG J., *Die Organische Chemie in ihrer Anwendung auf Agricultur und Physiologie*, Braunschweig, Vieweg Verlag, 1. Auflage, 1840, p. 1. (Edizioni tedesche successive. 2A: 1841; 3A: 1841; 4A: 1842; 5A: 1843; 6a: 1846; 7a: 1862 (2 vol); 8: 1865. 13).
- [32] LIEBIG J., *La Chimica applicata all'agricoltura ed alla fisiologia*, Versione sulla V Ed. tedesca, trad. G. Nekwald, Vienna 1844, p. 47.
- [33] SAUSSURE Th., *Recherches chimiques sur la végétation*, Paris, Noyon, 1804.
- [34] DUMAS J.B., *De l'analyse élémentaire des substances organiques*, «Journ. Pharm. et des Sciences Accessoirees», 20, 129-156 (1834).
- [35] BOUSSINGAULT J.B., *Mémoire sur le dosage de l'ammoniaque contenue dans les eaux*, «Ann. Chem. Phys.», 3<sup>e</sup> Ser., 257-291 (1853).
- [36] BOUSSINGAULT J.B., *Agronomie, Chimie Agricole et Physiologie*, t. 2, Paris, Mallet-Bachellet, 1861, p. 245.
- [37] LEWIS J.B., GILBERT J.H., WABINGTON R., *On the amounts and composition of the rain and drainage waters collected at Rothamstead*, part 1, «J. Roy. Agric. Soc.», 17, 241-279.
- [38] VILLÉ G., *Note sur l'assimilation de l'azote de l'air par les plantes et sur l'influence qu'exerce l'ammoniaque dans la végétation*, «Comp. rend.», 31, 578-580 (1850).
- [39] AULIE P.R., *Boussingault and the Nitrogen Cycle*, «Proceedings of the American Philosophical Society», 114, (6), 435-479 (1970).
- [40] WAY J.T., *On the composition of the waters of land drainage and of rain*, «J. Roy. Agric. Soc. (Engl.)», 17, 123-162 (1856).
- [41] BIRNBAU A., *Observations sur l'absorption de l'ammoniaque et des azotates par la végétation cryptogamiques*, «Ann. Chim. Phys.», 3, 46, 60-66 (1856).

- [42] HELLEBEGEL H., WILLFARTH H., *Untersuchungen über die Stickstoff Nahrung der Gramineen und Leguminosen*, Beilageheft zu der Zeitschrift des Vereins für Rubenzucker-industrie des Deutschen Reichs, Nov. 1888, Berlin, Kayser, 1888. Riassunto in: «Die Landwirthschaftlichen Versuchstationen», 33, 466-468 (1887).
- [43] SCHLING-BRODERSEN U., *Liebig's Role in the Establishment of Agricultural Chemistry*, «Ambix», 39, 1, 21-31 (1992).
- [44] EICHORN, *Berichte der Central-Kommission für das Agriculturchemischen Versuchswesen über die in den Jahren 1865-66 ausgeführten Messungen der mit den Regenwasser niederfallenden Ammoniak und Salpetersäure*, «Annalen der Landwirtschaft», 50, 249-278 (1866); 51, 97-141 (1867).
- [45] LAWES J.B., GILBERT J.H., *On the amounts of and methods of estimating ammonia and nitric acid in rain water*, Rep. Brit. Assoc. Rothamstead Memoirs, 1, n. 6 (1854).
- [46] MILLER N.H.J., *The amounts of nitrogen as ammonia and as nitric acid and of chlorine in the rain water collected at Rothamstead*, «J. Agric. Soc.», 1, 280-303 (1905).
- [47] DALTON J., *Saline impregnation of rain*, «Edinburgh Journ. Science», 2, 176 (1825).
- [48] LANGMADUS W.A., *Ueber die Quellwasser des Sächsischen Erzgebirge so wie ueber die Atmosphärischen Wasser*, «J. Prakt. Chemie», 1, 100-111 (1834); 2, 181-290 (1834); 6, 363-382 (1835).
- [49] SMITH A., *Some Remarks on the Air and the Water of Towns*, «The London, Edinburgh and Dublin Philosophical Magazine and Journal of Science», 30, 478-482 (1847).
- [50] BENGE-JONES H., *Contributions to animal Chemistry*, Paper V., *On the oxidation of ammonia in the human body with some remarks on nitrification*, «Phil. Trans.», part 22, 399-409 (1851).
- [51] BARRAL G.A., *Premier Mémoire sur les eaux de pluie recueillies à l'Observatoire de Paris*, «Comptes Rendues», 34, 283-284 (1852).
- [52] ARAGO F., *Rapport sur un travail de M. Barral intitulé: Premier Mémoire sur les eaux de pluie recueillies à l'Observatoire de Paris*, «Compt. Rend.», 34, 824-834 (1852).
- [53] PIERRE J.L., *Etudes Théoriques et Pratiques d'Aggronomie et de Physiologie Végétale*, t. 1, Paris, A. Goin, p. 44-54 (senza data).
- [54] HELLER J.F., *Jahrbuche der in-und Ausländischen Gesammten Medicin*, Bd 73, n. 1, p. 1-5, 1852.
- [55] MARTIN P., *Memoires sur l'analyse chimique de l'eau de pluie*, «Ann. Chim. Phys.», (3), 41, 81 (1854).
- [56] CHATEIN A., *Jahrbuch über die Fortschritte der Reiner Pharm. u. Techn. Chemie, Physik, Mineral. u. Geologie*, «Giessen», 7, p. 309 (1854).
- [57] BOBBIERE A., *Recherches sur les eaux pluviales*, «Bulletin de la Société Chimique de Paris», Nouvelle Serie, t. 2, 467-469 (1864).
- [58] DE LUCA S., *Recherches sur les matières organique et minerales des eaux de pluie*, «Comp. Rend.», 53, 153-156 (1861).
- [59] BINEAU M.A., *Etudes chimiques sur les eaux pluviales et sur l'atmosphère de Lyon et de quelques points des environs pendant les années 1852 e 1853*, «Ann. Chem. Phys.», 42, 428-469 (1854).
- [60] SCHONE E., *Zur Frage über das Vorkommen des Wasserstoffperoxid in der Atmosphärischen Luft und den Atmosphärischen Niederschlagen*, «Ber. d. Deutsch. Chem. Gesell. Berlin», 36, 3011-3027 (1893).
- [61] BARRAL G.A., *Sulla presenza di materie fosforate nell'atmosfera*, «Il nuovo Cimento», 13, 135-136 (1861).
- [62] CHARBIER, *Observations nouvelles sur la prédominance alternative de l'acide nitreux et de l'acide nitrique dans les eaux de pluie*, «Comp. Rend.», 73, (22), 1273-1274 (1871).
- [63] VELLE G., *I concimi chimici*, Unione Tipografico-Editrice, Torino 1869, p. 56.

- [64] REICHARDT E., *Ackerbauchemie*, Erlangen. Enke Verlag, 1861, p. 289.
- [65] ABBI F., *Tradizioni chimiche nel settecento*, in: «Atti del 1 Convegno di Storia della Chimica», a cura di Antoniutti P. e Cerruti L., Centro stampa UNIVER Città, Torino 1986, p. 1.
- [66] FOURCROY A.F., *Encyclopédie Méthodique ou par ordre de Matières*, t. 3, Chimie. Padoze 1798, p. 362.
- [67] BASSANI A., *La lenta legittimazione dell'analisi volumetrica da Descroilles (1806) a Ostwald (1894)*, «Atti del 3 Convegno Nazionale di Storia e Fondamenti della Chimica», a cura di Abbi F. e Crispini F., Cosenza, Brenner, 1991, pp. 131-161.
- [68] EDER J.M., *Ueber einige Methoden der Bestimmung der Salpetersaure*, «Zeit. Anal. Chemie», 16, 267-315 (1880).
- [69] WAGNER A., *Erkennung und Bestimmung der Nitrate in Brunnenwasser*, «Zeit. Anal. Chemie», 17, 329-349 (1881).
- [70] ROSE H., *Ueber die Bestimmung der Salpetersaure*, «Zeit. Anal. Chemie», 18, 304-320 (1882).
- [71] THOMSDORFF H., *Nachtrage zu der Untersuchungsmethoden für eine Statistik des Wasser*, «Zeit. Anal. Chemie», 9, 157-177 (1870).
- [72] FROBENIUS R., *Ueber die Bestimmung der Salpetersäure*, «Zeit. Anal. Chemie», 1, 32-42 (1862).
- [73] CLOEZ S., *Recherches sur la nitrification*, «Soc. Chim. Paris.», Répertoire de Chimie appliqué, 3, 111-172 (1861).
- [74] PELOUZE B., *Jahrbuch über die Fortschritte der Reiner Pharm. u. Techn. Chemie, Physik, Mineral u. Geologie*, «Giessen», p. 958 (1847-48).
- [75] SCHLOSSER Th., *Mémoire sur le dosage de l'acide azotique accompagné de matières organiques. Application au tabac*, «Ann. Chim. Phys.», 40, 479-485 (1844).
- [76] LEVY A., (senza titolo), *Chemisches Central-Blatt. Hamburg u. Leipzig. Voss Verlag. IV Folge. IV Jahrg.*, Bd I, p. 146, 1892.
- [77] CASALI A., *L'ammoniac nelle acque meteoriche e la pioggia sanguinante*, «Staz. Spec. Agrarie Italiane», 34, 833-848 (1901).
- [78] CROWTHER C., ROUSTON G., *The nature, distribution and effects upon vegetation of atmospheric impurities in and near an industrial town*, «J. Agric. Soc.», 4, 25-55 (1911).
- [79] BASILE G., *Analisi delle acque meteoriche cadute a Catania da tutto Gennaio 1888 a tutto maggio 1889*, «Le stazioni sperimentali agrarie italiane», 28, 545-574 (1895).
- [80] COSSA A., *Residuo delle acque piovane cadute a Pavia nel 1865*, «Boll. Meteorol. Ital.», 1865.
- [81] BICHI E., *Saggi di esperienze agrarie*, Tofani, Firenze 1870.
- [82] BELLOCCI G., *Vento marino ed acqua piovana salata in Perugia nel marzo 1872*, «Atti Soc. Ital. Scienze Nat. Milano», 15, 448-452 (1872).
- [83] BELLOCCI G., *Contribuzione allo studio delle acque meteoriche*, «Staz. Spec. Agrarie Ital.», 14, 255-258 (1888).
- [84] PASSERINI N., *Sui materiali disciolti nell'acqua piovana precipitata negli anni 1888, 1889, e 1890. Ricerche istituite presso la Stazione meteorologica della Scuola Agraria di Scandicci (Firenze)*, «L'Agricoltura Italiana», 15, 448-457 (1891).
- [85] PASSERINI N., *Sopra la quantità di cloro contenuta nella pioggia caduta presso l'Osservatorio della Scuola Agraria di Scandicci (Firenze) durante gli anni 1890 e 1891*, «Boll. Scuola Agraria Scandicci», 1, 12-22 (1893).
- [86] MACH E., *Ueber den Gehalt des Regenwasser in S. Michele an Ammoniak und Salpetersaure*, «Tiroler Landw.», 7, 16-17 (1888).
- [87] GIACOSA P., *Indagini sulle acque e sulle nevi nelle alte regioni*, «Boll. CAI», 20, 45-72 (1895).

ANTONINO DRAGO (\*) - ANTONIO PIROLO (\*\*)

## Simmetrie in chimica classica: una rifondazione? (\*\*)

**Summary** - The foundations of a scientific theory may be interpreted by a general scheme which suggests that classical chemistry has to be reformulated as a theory which is based upon the symmetry technique. Actually, in last decades the periodic table of elements has been formalized by symmetries.

This literature is quickly reviewed and then some hints for a complete reformulation of classical chemistry as a consisted theory of symmetry are suggested.

### 1. Premessa sul programma.

Uno di noi (A. D.) ha proposto [1] due opzioni come fondamento di ogni teoria scientifica: la opzione sul tipo di matematica, o con l'infinito in atto (IA) o col solo infinito potenziale (IP); e la opzione sul tipo di organizzazione, o di tipo deduttivo-aristotelico (OA) o centrata su un problema (OP). Quest'ultima opzione corrisponde all'uso o della sola logica classica o anche di una logica non classica (attraverso frasi doppiamente negate --A, che non sono equivalenti alle corrispondenti affermative, A, perché queste ultime mancano di evidenza scientifica).

Queste due opzioni si collocano in una zona a comune tra scienza e filosofia; perché lo scegliere il tipo di matematica e il tipo di logica certamente è essenziale alla costruzione di una teoria scientifica; ma, d'altra parte, nessun esperimento potrà mai suffragare queste scelte con prove decisive, e quindi esse appartengono anche all'ambito della filosofia della conoscenza.

Oltre ad aver ricevuto un'ampia verifica storica della loro validità nella storia della scienza, le due opzioni si sono dimostrate utili nella storia della filosofia, suggerendo una ricostruzione del progetto filosofico-scientifico di Leibniz di una «Scientia Generalis», o «Scienza delle scienze» [2]; cioè la «scienza»

(\*) Gruppo di Storia della Fisica, Dipartimento di Scienze Fisiche, Università di Napoli.

(\*\*) Relazione presentata al V Convegno Nazionale di «Storia e Fondamenti della Chimica» (Perugia, 27-30 ottobre 1993).

delle preconcezioni della nostra conoscenza scientifica. Questo progetto in Leibniz rimase allo stadio di abbozzo; fu poi condannato come «futile» da Kant (senza però che quest'ultimo sapesse suggerire alla teoria della conoscenza qualcosa di più stabile delle sue categorie, che nemmeno un secolo dopo furono sconfessate dallo sviluppo scientifico). Secondo la «Scientia Generalis» ci sono due principi di ragionamento principali, il principio di non contraddizione (tipico della logica classica) e il principio di ragion sufficiente, che in tutte le versioni usuali è espresso da una  $--A$  che non è equivalente ad  $A$  (ad es.: «Non c'è effetto senza causa») e che perciò può essere considerato il principio universale di una teoria OP.

Tutto ciò rende solida, sia scientificamente che filosoficamente, l'idea che ogni teoria scientifica, se concepita rigorosamente e coerentemente sui suoi fondamenti più profondi, appartiene ad uno dei quattro modelli che risultano dalle due opzioni dicotomiche (IA o IP, OA o OP). La genialità di Newton è stata quella di scegliere e sviluppare per primo una precisa coppia di scelte IA e OA, che per di più sono le più produttive perché le più legate a idealizzazioni (infinito in atto e principi assiomi che sono sintetici di un amplissimo campo di fenomeni). La diversità dei modelli di teoria scientifica si è manifestata storicamente allorché il modello newtoniano è stato contrastato dal modello «carnottiano» IP e OP, realizzato dalle teorie (meccanica, geometria e analisi) di L. Carnot e, quasi contemporaneamente, dalla chimica di Lavoisier e Dalton. Il che caratterizza molto bene la storia e la valenza culturale antineutoniana della chimica classica [3].

A questo punto sorge il problema di ricostruire la teoria della chimica classica non più seguendo la via induttiva, legata alla particolarità del momento storico-culturale e ai fenomeni più suggestivi di quel tempo particolare; ma seguendo la via fondazionale delle due opzioni, cioè sviluppandola coerentemente con le sue scelte fondamentali, IP e OP. È questo un esempio di quel programma di «perestroïka» (o ricostruzione) che è stato enunciato in precedenza [4] e che è già iniziato con la termodinamica di S. Carnot [5].

Però questo scritto non vuole essere di più che la proposta di studio approfondito di una tematica che recentemente si è rivelata rilevante per la chimica (le simmetrie), compiere una rassegna di ciò che si è fatto e ciò che è ipotizzabile, e in definitiva indicare un programma di lavoro sui fondamenti della chimica classica con strumenti moderni.

## 2. Premessa sul metodo.

La teoria chimica classica appare ben caratterizzata per la scelta di IP (la teoria può essere ristretta all'uso dei soli numeri razionali, ma in realtà, l'IP della matematica costruttiva, può includere anche gli irrazionali usuali e il continuo in

una forma opportuna). Inoltre è ben caratterizzata come teoria a OP, pur di riconoscere come affermazione -- A non equivalente ad A la classica affermazione «*Non è possibile che la materia sia divisibile all'infinito*», tipica dei chimici anti-infinitesimi della meccanica newtoniana [3]. Il problema che qui si vuole affrontare è quello di sviluppare la teoria su queste linee.

Storicamente la teoria è giunta a compimento con la tabella periodica degli elementi di Mendeleeff. Per tutti i matematici analisti una tabella è prova di arretratezza culturale, perché ci riporta inevitabilmente a numeri discreti o razionali; inoltre essa è una descrizione, cioè è statica, «quindi», per la concezione dominante della scienza, è subordinata alla dinamica, che usualmente dalle teorie fisiche viene rappresentata mediante, giustappunto, l'analisi infinitesimale.

In realtà si può notare che, oltre la chimica, tutte le teorie carnotiane, cioè IP e OP, hanno una peculiare maniera di svilupparsi e di argomentare, maniera che è diversa da quella della meccanica newtoniana. Ad es., un'altra teoria carnotiana è la termodinamica di Sadi Carnot; essa usa unicamente il ciclo di Carnot e ci ragiona con un teorema dimostrato per assurdo; il che è del tutto diverso dall'argomentare della meccanica di Newton [6].

Questa peculiarità assume una caratterizzazione matematica precisa nella meccanica di L. Carnot (1782); laddove egli evita le equazioni differenziali usando per primo la tecnica delle simmetrie al fine di ricavare gli invarianti del moto [7]. Già in passato si è notato che la tecnica delle simmetrie è essenzialmente legata al principio di ragion sufficiente [8], il che dà una linea diretta tra filosofia scientifica di Leibniz e matematica (di L. Carnot). Ma, ancor più importante è il fatto che recentemente Barut, a partire da una rivisitazione storica delle teorie scientifiche (dalla gravitazione di Keplero fino alle particelle elementari), ha sottolineato con forza che due sono le tecniche della fisica teorica e della chimica: quella dinamica (cioè le equazioni differenziali) e quella delle simmetrie; alle volte esse sono complementari, più spesso sono in alternativa [9]. Questa tesi viene rafforzata dagli esempi, sconosciuti a Barut, della meccanica di L. Carnot e della termodinamica riformulata da Callen proprio come scienza delle simmetrie. Inoltre la tesi di Barut viene qualificata e precisata quando si riconosce che storicamente la tecnica della simmetria è collegata alle scelte carnotiane IP e OP, mentre la «dinamica» appare tipica delle scelte newtoniane IA e OA [10].

Allora se questa impostazione è valida, gli studi degli ultimi cento anni, (o studi da fare), devono produrre una nuova formulazione della teoria chimica che faccia uso delle simmetrie; la chimica così verrebbe finalmente formalizzata con un suo proprio linguaggio matematico e con una sua dignità teorica del tutto comparabile con le teorie fisiche più recenti e più avanzate.

Quindi il problema cruciale per la ricostruzione della chimica classica, che già è IP&OP, appare quello di riformularla con la tecnica formale delle simmetrie.

*Teorie fisiche: loro fondazione con le simmetrie e loro scelte fondamentali.*

Teoria	Simmetrie	Tipo di organizzazione	Tipo di infinito
GRAVITAZIONE (Keplero)	sì (Barut)	OP	IP
MECCANICA (Newton)	no	OA	IA
MECCANICA (L. Carnot)	sì (Drago)	OP	IP
CRISTALLOGRAFIA (Hauy)	sì (Bravais)	OP	IP
CHIMICA CLASSICA (Lavoisier-Mendeleieff)	sì (Barut)	OP	IP
TERMODINAMICA (S. Carnot-Kelvin-Clausius)	sì (Callen)	?	IP
ELETTROMAGNETISMO (Maxwell)	no	OA	IA
MECCAN. STATISTICA (Boltzmann)	no	OA	IA

*3. Chimica classica e simmetrie.*

Non può essere ignorato il fatto che sin dal 1780 ca. la cristallografia, prima scienza della costituzione (di una parte sostanziale) della materia, si è strutturata elegantemente mediante le simmetrie; così tanto bene da diventare la tradizionale scienza esemplificativa delle simmetrie spaziali (e forse per questa sua formulazione con la tecnica matematica alternativa alla analisi infinitesimale, essa non è stata mai considerata, a torto, una teoria fisica, ma solo matematica e geometrica) [11]. Né si può ignorare che Kekulé iniziò teoricamente la chimica organica ideando l'anello benzoico «per simmetria» [12]. Comunque in merito

a chimica e simmetrie il fatto più importante da focalizzare è indubbiamente la tabella periodica degli elementi.

È da notare che sin dai primi tentativi di classificazione degli elementi sono comparse quelle corrispondenze tra elementi chimici, che poi sono state espresse compiutamente dalla legge di periodicità. In particolare la classificazione a spirale di Chancourtois e quella delle ottave di Newlands sottolinearono le simmetrie. Erano tentativi di formalizzare quelle corrispondenze o per via geometrica o per analogia musicale (e quindi mediante rapporti matematici dell'altezza dei suoni). Fu poi Mendeleieff (e in realtà anche Mayer) a indicare compiutamente la periodicità basata sul numero atomico, cioè basandosi solo sulla regolarità della serie dei vari numeri che esprimono le proprietà chimiche e fisiche degli elementi.

Tutto questo è ben noto e ha dato luogo a molti tipi di lavori, libri, tabelle e grafici. La novità decisiva è stata, a nostro parere, la formalizzazione della tabella mediante l'uso formale delle simmetrie. Seppur dopo un secolo, la periodicità di Mendeleieff è stata espressa formalmente proprio con la tecnica matematica delle simmetrie: quella che era una idea intuitiva e dallo status logico malcerto oggi si è rivelata appieno come una anticipazione fenomenologica di una ben precisa tecnica matematica.

Dopo aver registrato questa conferma, specifica per la teoria chimica, del quadro concettuale e fondazionale proposto nel primo paragrafo, ora vediamo se l'innovazione recente propone una effettiva riformulazione della teoria chimica.

Questo tipo di studio è iniziato nel 1971 con i lavori indipendenti di Barut [13], Novaro [14], Demokov e Ostrovsky [15] (benché lavori preparatori, sulla rottura della simmetria  $O$ , all'interno dei periodi della tabella, siano stati quelli indicati nelle referenze 7-12 del lavoro di review di Novaro [16]).

Considerando i diversi elementi come differenti «stati» della materia atomica, Barut li formalizza matematicamente come multipletti di un qualche gruppo (non compatto) di simmetria dinamica. La simmetria è dinamica nel senso che le interazioni esterne inducono le transizioni da uno stato all'altro. Il gruppo fornisce così i numeri quantici del sistema, come pure alcuni invarianti validi per tutti gli stati. Il metodo è quello di considerare sia il caso di atomi neutri sia quello di atomi fortemente ionizzati; in ambedue i casi risulta che gli orbitali con un solo elettrone corrispondono ad una rappresentazione unitaria irriducibile del gruppo  $SO(4,2)$ .

Novaro *et al.* invece hanno seguito un metodo diverso, di tipo geometrico. Fock risolse per primo la equazione di Schroedinger nel caso di un elettrone in un potenziale coulombiano centrale, cioè l'atomo di idrogeno, dando come risultato i famosi «numeri magici» 2, 8, 18, 32, 50, ... della periodicità della tabella di Mendeleieff. Il procedimento dipende tutto dalla Hamiltoniana di un rotore asimmetrico che ha la simmetria  $SO(3)$  attorno ai quattro assi di una ipersfera quadridimensionale che rappresenta la proiezione stereografica della equazione

di Schroedinger, considerata nello spazio della quantità di moto. Comunque per atomi con molti elettroni il gruppo  $O_4$  (o  $SU_2 \times SU_2$ ) deve essere sostituito da  $SO_3$  e vale la regola di Madelung, la quale costruisce, elettrone dopo elettrone, le shells, usando la coppia di numeri quantici  $(n+1, n)$  ( $n$  è il numero quantico principale ed 1 è il numero quantico relativo al momento angolare).

Comunque i lavori più importanti sono quelli cumulati da Barut, che è riuscito per primo a ripetere la regola di Madelung [17]; inoltre ha mostrato che  $SO(4,2)$  è il gruppo dinamico più grande dell'atomo di idrogeno; esso contiene tutti gli stati atomici e descrive l'evoluzione temporale dell'equazione di Schroedinger [16]. Egli ha proposto [17] la catena dei gruppi  $SO(4,2) \supset SO(3,2) \supset O_4$ . Inoltre Hefferlin e Kuhlman hanno ottenuto i primi risultati per estendere il lavoro di Barut alle molecole [19] (v. ref. 49-52 in nota 21).

Secondo questa catena, a causa del fatto che  $SO(4,2)$  contiene due rappresentazioni distinte di  $SO(3,2)$ , bisogna distinguere due serie di atomi, i pari e i dispari (esse di fatto corrispondono alle due curve dei potenziali di ionizzazione). Ma questo punto è servito a Condon e Odobasi per mettere in discussione tutta questa catena [20]. Un'altra contestazione deriva dal fatto che non c'è connessione con la dinamica interna [21]. Una variante alla catena di Barut è stata proposta recentemente da Kibler [22]:  $SU(2) \times SO(4,2)$ .

Comunque il senso della teorizzazione della simmetria sembra essere segnato dal fatto che mentre le considerazioni empiriche di periodicità di Mendeleeff portavano a sottolineare un parametro come decisivo (che poi fu identificato col numero atomico), le considerazioni di simmetria formale portano a sottolineare quattro parametri tipici di ogni elemento. Il che indica il passaggio decisivo ad una capacità teorica ben maggiore della precedente, affidata a tanti parametri di natura solo empirica.

#### 4. *Suggerimenti per una riformulazione.*

Gli autori precedenti hanno compiuto questi studi in senso tecnico, cioè come sviluppo di tecniche matematiche che da sole saprebbero esprimere tutto il contenuto teorico in questione. Solo Barut si è elevato, vari anni dopo, a quelle considerazioni generali che abbiamo già riportato [9], ma che non suggeriscono una vera e propria riformulazione della teoria chimica. Allora è necessario ampliare criticamente il lavoro già fatto, soprattutto nella impostazione fondazionale della teoria.

Come suggerimenti rifondativi di questa teoria vogliamo proporre una serie di qualificazioni che ci vengono indicate dallo studio generale che è stato indicato nel par. 1, delle teorie fisiche IP e OP, quale è anche la chimica.

Secondo questo studio è bene iniziare questa riformulazione con la caratteristica tipica di una teoria IP e OP: formulare il problema cruciale della teoria.

Non è difficile proporlo; noi suggeriamo questa versione: «Non è vero che *non* ci sia regolarità nella moltitudine degli elementi». Infatti questo è stato il problema cruciale della storia della chimica, dalla teoria dei quattro elementi, alla tavola di Lavoisier, a quella di Mendeleeff. Si noti che questo problema (regolarità) appare come inusuale per le equazioni differenziali e invece richiama tipicamente le simmetrie.

Seguendo poi le indicazioni di metodo che si possono trovare in L. Carnot [23], occorre pensare il sistema originario come modificato da delle aggiunte che fanno passare a sistemi ausiliari, con i quali è più facile ottenere la soluzione del problema posto, perché «generalizzare è semplificare». Questa indicazione di metodo è molto pregnante: dal caso dell'idrogeno occorre passare al caso di atomi più complessi mediante aggiunte, beninteso di elettroni; che qui svolgono il ruolo di variabili ausiliarie, così come in meccanica di L. Carnot le variabili ausiliarie erano dei moti effettivi del sistema considerato.

Così come in meccanica le variabili ausiliarie, moti aggiunti al sistema, debbono essere ristretti dal vincolo della non interazione (moti geometrici, cioè invertibili) così qui l'aggiunta di elettroni ha dei vincoli (principio di esclusione di Pauli et similia). Si tratta allora di ricavare l'invariante per queste aggiunte, cioè la regolarità che deve risolvere il problema centrale; il che è equivalente a ricavare il gruppo di simmetria del sistema.

Già queste considerazioni caratterizzano la tabella di Mendeleeff meglio di quanto hanno proposto diversi autori. Essi, influenzati dall'OA, hanno cercato di considerare la tabella come un tipico componente di una teoria deduttiva, cioè come una legge [24].

Ora si pone il problema di passare da una indicazione metodologica, come quella di L. Carnot, ad una tecnica matematica, in particolare alla moderna tecnica delle simmetrie dinamiche e ad una particolare catena di gruppi di simmetria. Lasciamo questo studio ad un lavoro ulteriore, poiché richiede un approfondimento del formalismo tecnico, ma quando si sia chiarita ulteriormente la materia di studio dal punto di vista critico.

##### 5. *Le ambiguità della tabella da formalizzare.*

Infatti notiamo che, quand'anche questo studio fosse già compiuto, non è chiaro il termine «ad quem»; cioè non è chiara la stessa tabella di Mendeleeff. La prima domanda da porsi è: qual'è la forma geometrica precisa della tabella? È noto che qui la fantasia dei chimici ha avuto modo di inventare diverse centinaia di tabelle dalle forme le più varie [25]. Quindi stiamo considerando una teoria che in parte è fluida: cioè le simmetrie debbono scegliere bene come e che cosa rappresentare della tabella di Mendeleeff.

Può darsi che la forma geometrica non sia del tutto rilevante ai fini della

nostra rifondazione; comunque resta il fatto che la successiva spettroscopia ha suggerito alcune differenze; che sono piccole, ma potrebbero essere cruciali a livello fondazionale [26].

Iniziamo a discutere in merito alla tabella esaminando il metodo adottato da chi proponeva le simmetrie, quello di ripetere la regola di Madelung. In realtà, c'è stato anche chi l'ha contestata a favore di un'altra regola, dipendente da  $n + 1/2$  [27]. C'è poi chi contesta che i numeri quantici «spieghino» la tabella di Mendeleeff.

Ciò è lecito chiedersi se, pur dovendo alla fine approdare ad una regola di Aufbau, il restringersi ad essa sin dall'inizio non sia riduttivo di tutta la teoria.

Inoltre uno dei protagonisti, Novaro [16], insiste più volte su una valutazione critica dei risultati della ricerca sulle simmetrie dinamiche della tabella. Egli ritiene che «una effettiva comprensione teorica di un sistema fisico o di un fenomeno è ottenuta argomentativamente quando la sua dinamica è stata ridotta a geometria» (p. 103). Non tutti sarebbero d'accordo su questa affermazione; infatti, la storia della meccanica insegna che i newtoniani vogliono ridurre la statica alla dinamica; mentre sono i Leibniziani-D'Alembertiani-Carnottiani che vogliono ridurre la dinamica alla statica e, alla fine, alla geometria (si ricordino i moti geometrici che costituiscono i gruppi di simmetria per la dinamica di L. Carnot). Quindi è dal secondo punto di vista che l'affermazione di Novaro è veramente pregnante.

Da questo punto di vista egli sostiene che: «... il sistema periodico ancora manca di una spiegazione teorica soddisfacente» (p. 105). «Nonostante gli avanzamenti nella comprensione dello schema Aufbau (di costruzione della tabella) ... occorre una conoscenza molto più dettagliata per dare una completa descrizione del sistema periodico. La sua stessa periodicità non è (interamente, n.a.) contenuta nella regola ( $n + 1, n$ ) (di Madelung, n.a.). Occorre invece una spiegazione geometrica completa della ripetizione delle proprietà chimiche che hanno gli elementi dopo un intero periodo e, soprattutto, del fatto che i periodi chiudono con i gas inerti. In altre parole, le considerazioni gruppalì debbono ancora spiegare i "numeri magici" atomici 2, 8, 18, 18, 32 ... (il numero di elettroni corrispondenti a ogni gas raro He, Ne, Ar, Kr, Xe e Rn). Per ora sappiamo che le popolazioni elettroniche delle shells dell'idrogeno K, L, M, N ... (2, 8, 18, 32, 50 ...) sono correlate con le dimensioni delle rappresentazioni irriducibili del gruppo  $O_4$  ... La catena di gruppi, proposta inizialmente da Barut predice un raddoppio delle rappresentazioni  $O_4$  ...; ma occorre sottolineare che questo raddoppio di  $O_4$  non corrisponde ai numeri magici ... Occorre un altro approccio che usi un gruppo di simmetria differente come simmetria approssimata della tavola periodica ... (e occorrono) altri sforzi per arrivare ad una comprensione profonda della tavola periodica» (p. 112).

6. *Alcune congetture.*

In ultimo vogliamo presentare delle congetture che prendono lo spunto dalla critica di Novaro al risultato di Barut, sulla duplicità intrinseca che esso manifesta nella serie della tabella. In effetti uno studio di un'altra teoria IP e OP, l'economia di Marx [28], ha rivelato che essa è essenzialmente il prolungamento della termodinamica di S. Carnot all'economia di quelle merci che, degradandosi, danno lavoro; dalle merci combustibili, già trattate dalla termodinamica, Marx passa allo studio della merce forza-lavoro. Ora è molto interessante considerare che la tecnica argomentativa delle due teorie è la stessa, il ciclo; ma mentre in S. Carnot il ciclo è reversibile, in Marx esso si sdoppia inevitabilmente in ciclo di produzione e ciclo di riproduzione. Questo fatto può essere interpretato come il cambiamento teorico necessario quando dall'inorganico si passa all'organico (o al sociale), che, in generale, è realtà bisessuata.

Allora il risultato di Barut, legato alla duplicità della serie degli elementi, riguarderebbe soprattutto la chimica organica e con essa dovrebbe essere confrontata. (In questo senso c'è da domandarsi: la novità di Watson e Crick non è proprio la duplicità dell'elica, più che l'elica stessa?). Mentre l'evitare questa duplicità, come fa Novaro, sarebbe appropriato alla chimica inorganica. Tutto ciò a causa della duplice funzione che ha la tavola di Mendeleeff, sia per la chimica organica che per quella inorganica.

Una ulteriore congettura proponibile è che ai fini della chimica organica la tabella di Mendeleeff non ha bisogno di rappresentare i gas nobili (in effetti il gruppo di questi elementi è stato inserito per ultimo); e ciò può segnare la differenza sostanziale tra i due approcci suddetti.

Queste congetture potranno essere decise quando il precedente tentativo di rifondazione venisse tradotto compiutamente nelle tecniche utilizzate dai teorici delle simmetrie per la tavola di Mendeleeff. Se questa traduzione risultasse stringente, allora le ambiguità, già segnalate, delle varie formalizzazioni precedenti della tabella di Mendeleeff potrebbero quanto meno essere ridotte, se non eliminate. In tal caso si potrebbe dire allora che la rivoluzione suggerita da Condillac a Lavoisier [29], quella di fondare finalmente la chimica mediante un linguaggio ben fatto, avrebbe compiuto un passo decisivo; non solo dal linguaggio naturale al linguaggio simbolico, come fu compiuto da Lavoisier, ma inoltre dal linguaggio simbolico e matematico elementare di Mendeleeff a quello di una precisa tecnica matematica.

## BIBLIOGRAFIA E NOTE

- [1] A. DRAGO, *Storia delle teorie fisiche secondo le due scelte fondamentali*, in S. D'Agostino, S. Petruccioli (eds.), *Atti V Congr. Naz. Storia Fisica*, «Rendic. Acc. Sci. XL», Roma (1984), 365-373; A. DRAGO, *Le due Opzioni. Per una storia popolare della scienza*, La Meridiana, Molteno (BA), 1991.
- [2] A. DRAGO, *Leibniz' Scientia Generalis re-visited and accomplished by means of the modern scientific theories*, in C. Cellucci (ed.), *Atti Convegno SILFS*, Lucca 1993 (in press).
- [3] Si vedano le comunicazioni di A. Drago nei precedenti convegni di Storia e Fondamenti della Chimica.
- [4] A. DRAGO, *I quattro modelli della realtà fisica*, «Epistemologia», 13 (1990) 303-324.
- [5] A. DRAGO, O. VITTELLO, *La formulazione di Broensted della termodinamica completata col metodo originario di Sadi Carnot*, in G. Michelson (ed.), *Atti IV Conveg. Storia Fond. Chim.*, «Rend. Acc. Sci. XL», 110, 16, pt. II (1992) 279-290.
- [6] GIB E. MACH, *Prinzipien der Wärmelehre*, (1887), trad. ingl. Reidel 1986, cap. XIX, aveva notato ciò e lo voleva proporre come metodo generale per ogni teoria scientifica.
- [7] A. DRAGO, S.D. MANNO, *I moti geometri in L. Carnot*, in F. Bevilacqua (ed.), *Atti VIII Congr. Storia Fis.*, Napoli 1987, 121-128; A. DRAGO, *The Birth of Symmetries in Theoretical Physics: Lazare's Carnot Mechanics*, in G. Darvas, D. Nagy (eds.), *Symmetry of Structures*, Hung. Acad. Sci., 1989, 98-101.
- [8] G.D. BIRKHOFF, *The principle of sufficient reason*, «Rice Inst. Pamphlet», 28 (1941) 24-52.
- [9] A.O. BABUT, *Symmetry and dynamics. Two distinct methodologies from Kepler to supersymmetry*, in B. Gruber, R. Lenczowski (eds.), *Symmetry in Science*, II, Plenum P. 1986, 37-50.
- [10] A. DRAGO, *Il contrasto tra simmetrie ed equazioni differenziali. Una caratterizzazione*, in F. Bevilacqua (ed.), *Atti XIV Congr. Naz. Storia Fisica*, Como 1993 (in press).
- [11] F.M. JAEGER, *Lectures on the Principle of Symmetry*, Elsevier, Amsterdam 1917.
- [12] A. KEKULE, *Studies on Aromatic Compounds*, «Ann. Chem.», 137 (1865), 129-196, p. 135.
- [13] A.O. BABUT, *Group structure in the periodic system*, in G.B. Wybourne (ed.), *Structure and Matter. Rutherford Centenary Symposium* (1971), U. Cambridge P., 1972, 126-136.
- [14] O.A. NOVIKO, K.B. WOLF, «Rev. Mex. Fis.», 20 (1971) 265.
- [15] YU. N. DEMIDOV, V.N. OSTROVSKY, «Soviet Physics JETP», 33 (1971) 1083.
- [16] O.A. NOVIKO, *Group theoretical aspect of the periodic table of element*, «J. Mol. Struct. (Theochem)», 199 (1989) 103-118.
- [17] Y. KITAGAWARA, A.O. BABUT, «J. Phys. B.», 16 (1983) 3305.
- [18] A.O. BABUT, H. KLEINERT, «Phys. Rev.», 156 (1967) 1541.
- [19] R. HEFFERLIN, H. KUHLMAN, «J. Quantum Spectrosc. Rad. Transfer», 24 (1980) 379.
- [20] E.U. CONDON, H. ODABASI, *Atomic Structure*, Cambridge U.P. 1980.
- [21] V.N. OSTROVSKY, «J. Phys. B.», 14 (1981) 4425.
- [22] M. KIEHLER, *The Periodic system of chemical elements: old and new development*, «J. Mol. Struct. (Theochem)», 187 (1989) 83-93.
- [23] L. CARNOT, *Réflexions sur la métaphysique du calcul infinitésimal*, Courcier, Paris 1813, Note; L. BOIANO, A. DRAGO, *Rinascita e sviluppo del metodo sintetico della geometria di L. Carnot* (inviato a «Epistemologia»).



ALDO GAUDIANO (\*) - LEONARDO COLAPINTO (\*\*)

## Storia del Nobile Collegio Chimico Farmaceutico di Roma (\*\*\*)

### History of the «Nobile Collegio Chimico Farmaceutico» of Rome.

**Summary** - The Authors outline the history of the College of roman chemists, named at first (XII-XIII cent.) «Universitas Aromatariorum», then «Collegio de' Speciali» and finally «Nobile Collegio Chimico Farmaceutico».

The College, whose official recognition was given by pope Martino V in 1429, had at first the following purposes: to give assistance to ill and poor apothecaries, to teach young men the pharmaceutical profession, to regulate the profession. Now the «Nobile Collegio» is a scientific-cultural association for roman chemists and at the same time an Academy of History of Pharmacy. In his seat, adjoining the church of St. Lorenzo in Miranda, at the Roman Forum, there is a museum which shows several ancient pharmacy vessels and bronze mortars, and a library containing old pharmacopoeias and scientific books. The examination of the different pharmacopoeias enables the following of the progress of chemistry in pharmaceutical practice.

È certo che già in epoca romana si formarono corporazioni (*collegia*) di esercenti arti e mestieri vari; tali organizzazioni, dapprima volontarie, divennero obbligatorie in età imperiale.

Per quanto riguarda i farmacisti occorre premettere che per molto tempo, sull'esempio di Ippocrate e di Galeno, fu il medico stesso, o un suo aiutante, a preparare i farmaci. Nei primi secoli dell'era cristiana fecero le prime apparizioni personaggi (che con terminologia piuttosto confusa venivano chiamati *seplasiarii*, *pharmacopolae*, *medicamentarii*, *aromatarii*, *pigmentarii*) i quali preparavano e vendevano medicinali e anche profumi e cosmetici. La distinzione tra la

(\*) Istituto dell'Enciclopedia Italiana, Roma.

(\*\*) Nobile Collegio Chimico Farmaceutico di Roma.

(\*\*\*) Relazione presentata al V Convegno Nazionale di «Storia e Fondamenti della Chimica» (Perugia, 27-30 ottobre 1993).

professione di medico e quella di farmacista avvenne tuttavia gradualmente e si fece netta solo alla fine dell'XI secolo, soprattutto per influenza della Scuola salernitana. Le prime corporazioni di farmacisti sorsero, in Italia, nel XII secolo, in concomitanza col maggiore sviluppo dello spirito di autonomia che aveva caratterizzato l'avvento dei Comuni e aveva quindi ridato vita alle corporazioni, praticamente scomparse nel periodo buio dell'alto Medioevo.

A Roma il dominio temporale del papato provocò un certo ritardo nell'affermarsi dello spirito dei Comuni e perciò anche nel risorgere delle corporazioni.

In epoca imprecisata, ma probabilmente fra il XII e il XIII secolo, si costituì nell'Urbe la *Universitas Aromatariorum*, dove *Universitas* (da *universus*) ha il significato di universalità, totalità di persone associate (ricordiamo incidentalmente che l'attuale significato di «Università», iniziato alla fine del XII secolo, deriva dal nome della corporazione degli studenti); *Aromatarii* erano i preparatori e venditori di spezie, cioè gli speziali.

Il riconoscimento ufficiale della *Universitas Aromatariorum* (o Collegio degli Speziali) di Roma si fa risalire all'8 marzo 1429, data della bolla con cui il papa Martino V (Oddone Colonna) accece alla richiesta di detta corporazione di costituire a sue spese un ospedale «per i poveri, i malati, i pellegrini e i bisognosi in genere», utilizzando i locali della chiesa di S. Lorenzo in Miranda, praticamente abbandonata dalla Collegiata che ne aveva cura; il pontefice concede alla Corporazione la «reggenza e il possesso perpetuo della suddetta chiesa di S. Lorenzo, con i suoi diritti e pertinenze». Il papa incarica il vescovo di Adria, suo collaboratore, di dare esecuzione a quanto sopra — «sempre che la situazione sia quella esposta dai dilette figli dell'*Universitas*» — e di provvedere alla nomina di un sacerdote che assicuri il servizio religioso dell'ospedale, secondo richiesta della corporazione stessa.

Il Collegio degli Speziali tenne le sue riunioni dapprima nella chiesa di S. Eustachio (nei pressi dell'antica via degli Aromatari) e poi, dal 1451 al 1740, nel Palazzo dei Conservatori in Campidoglio, in un locale che reca ancora, sull'architrave del portale, la scritta *Aromatariorum Collegium*. L'attività del Collegio degli Speziali fu man mano regolamentata dai vari statuti succedutisi dal 1430 al 1902.

Parallelamente furono emanati bolle e motupropri papali e bandi dei Protomedici del Collegio di Roma (equivalenti all'incirca, questi, all'attuale Ministero della Sanità) che regolamentavano la professione farmaceutica e i suoi rapporti, non sempre idilliaci, con la professione medica.

Esamineremo i punti salienti dei suddetti documenti, anche di quelli non riguardanti direttamente il Collegio, in quanto utili a definire la figura e l'attività del farmacista nel corso dei secoli.

I primi statuti del sec. XV (anni 1430, 1473, 1487 e successive conferme), sotto forma di codici membranacei di alcune decine di fogli, redatti in latino, sono conservati presso il Nobile Collegio e riguardano essenzialmente l'organiz-

zazione interna del Collegio; è da rilevare che nello statuto del 1487 si sancisce l'obbligo per i Consoli del Collegio, accompagnati da uno o due Consiglieri, di ispezionare semestralmente le farmacie per controllare le bilance, i pesi, i libri, lo stato di conservazione e purezza di «robbe, cere, confettioni»; i medicinali ritenuti avariati dovevano essere sottoposti all'esame dell'intero Consiglio; se fosse stato confermato il giudizio negativo, il farmacista avrebbe dovuto pagare una multa di 20 soldi. Tale norma viene modificata dal motuproprio del 1534 di Clemente VII, che, preoccupato di garantire una maggiore efficienza del servizio sanitario, introduce la figura del Protomedico nel controllo dell'attività farmaceutica. Stabilisce innanzitutto che chi intende esercitare la professione di farmacista deve venire sottoposto a un esame da parte del Protomedico, dei suoi consiglieri e dei capi degli speciali; l'esame potrà essere replicato durante lo svolgimento dell'attività. Fissa inoltre alcune norme sull'attività farmaceutica: agli speciali è fatto divieto di fabbricare preparati complessi con medicinali semplici senza il preventivo esame del Protomedico o di suoi incaricati; è fatto obbligo di sottoporre al Protomedico o a suoi incaricati, a loro richiesta una o più volte l'anno, i medicinali in proprio possesso, onde scartare quelli avariati, sentito il parere dei Consiglieri e dei Capi degli Speciali. Al Protomedico, d'intesa coi Capi degli Speciali, è demandato l'incarico di fissare l'elenco dei farmaci da tenere obbligatoriamente in farmacia e di effettuare senza preavviso ispezioni ai magazzini dei medicinali; al Protomedico infine, d'intesa con la Camera Apostolica, sono demandati il controllo dei prezzi e l'incarico di dirimere le controversie. Per la vendita dei medicinali è in genere richiesta la prescrizione del medico; il farmacista ha l'obbligo di registrare in apposito libro tutte le ricette spedite. I medici non possono entrare in società coi farmacisti, né possono vendere medicine.

Le norme suddette furono ribadite quasi senza modifiche dal motuproprio di Gregorio XIII del 1575 e dalla bolla di Sisto V del 1586.

Nel 1595 il Collegio decise di aggiornare lo statuto, anche per tener conto delle disposizioni sopra indicate, e di scriverlo in volgare; l'anno seguente il nuovo statuto, ancora scritto a mano, fu riordinato e predisposto per la stampa in modo che ogni farmacista potesse averne una copia. L'edizione a stampa, tuttavia, subì un notevole ritardo e apparve solo nel 1607 con il titolo «Statuti del Nobile Collegio degli Speciali dell'Alma Città di Roma». Si tratta di uno «Statuto dei Consoli» e di uno «Statuto dei Guardiani».

Il primo disciplina la nomina e le funzioni dei Consoli e di altri «Officiali» del Collegio, ma tratta anche alcune questioni di carattere generale; fra l'altro, dà la definizione di farmacista: «S'intendono Speciali tutti quelli che esercitano o fanno per alcun scolaro esercitare l'arte di spezieria e ancora tutti coloro che vendono pubblicamente ne le loro botteghe pepe, zafferano, sapone ovvero altrove cose spettanti a la dett'arte»; vengono inoltre fissati i requisiti per appartenere al Collegio: a) età non inferiore a 25 anni, b) residenza a Roma da

almeno 10 anni, c) aver esercitato con un provetto speciale, d) essere di buona condizione sociale, godere di buona reputazione ed essere timorato di Dio, e) aver superato il prescritto esame.

Per quanto riguarda i compiti dei quattro Consoli, c'è da rilevare che ad essi, oltre alle funzioni normativa, esecutiva e giurisdizionale, viene affidata anche la funzione di vigilanza, da esercitarsi insieme coi Consiglieri, consistente nel controllo della preparazione e dello stato di conservazione dei medicamenti nelle farmacie, nel controllo dei pesi e nell'accertamento della preparazione professionale dei nuovi farmacisti.

Lo Statuto dei Guardiani regola la nomina e le funzioni dei quattro Guardiani. Questi hanno compiti essenzialmente amministrativi, riguardanti la gestione finanziaria della chiesa e dell'ospedale; sono inoltre incaricati di eleggere i 13 Consiglieri, i Sindaci, il Procuratore, il Mandatario, il Medico, gli Infermieri. Il Collegio svolgeva anche un'attività religiosa e caritativa; fra l'altro, provvedeva ogni anno alla sistemazione di due ragazze per matrimonio o per monacazione.

Nell'intervallo fra la pubblicazione del sopra citato statuto e del successivo furono emanati un ordine di Urbano VIII (1634) e un altro di Innocenzo X (1644), tendenti a riconfermare la presenza del Protomedico o del suo vice nella visita alle farmacie, stabilendone le modalità. Tali disposizioni furono recepite nello statuto emanato nel 1660.

Detto statuto fu più volte rielaborato nel corso del secolo XVIII e infine approvato e pubblicato nel 1782.

Lo statuto del 1782 mostra una più chiara, ma nello stesso tempo più complessa, articolazione degli organi corporativi e di essi indica nettamente le competenze. Esso prevede: 4 Consoli, l'ultimo dei quali sia Camerlengo dei suddetti; 4 Guardiani, l'ultimo dei quali sia Camerlengo della chiesa; 2 Consulitori (uno del Collegio e l'altro della Chiesa); 2 Sindaci; 2 Fabbricieri; 2 Infermieri; un Archivista; 2 Deputati (per sottoscrivere i mandati di pagamento che vengono fatti, dal 1722, al Banco di S. Spirito).

Oltre a questi incarichi coperti dai Collegiali sono previsti: un Rettore della chiesa, un sacrestano, un Procuratore legale, un Notaio, un Medico, un Chirurgo, un Computista, un Esattore, un Bidello. Non entreranno nei particolari sulle modalità di nomina e sui compiti dei suddetti, ma ci soffermeremo brevemente su alcune questioni che ci sembrano di particolare interesse.

Le visite alle farmacie saranno effettuate dai Consoli, affiancati dal Camerlengo dei Guardiani, da uno Speciale anziano e dal Protomedico; esse verte-ranno sul controllo delle «robbe» e dei pesi e riguarderanno «non solo tutte le Spezierie, compresavi quella degli Ebrei; ma sibben' anche i Droghieri, i Chimici, i Semplicisti, e tutti quelli Venturieri, o anche stabiliti in Roma, che vendono Droghe medicinali nelle loro case o altrove».

Il Protomedico appare anche nella procedura di abilitazione all'esercizio della professione di farmacista; le prove, orali e pratiche, saranno condotte, «con

diligenza e affabilità», da quattro esaminatori (due Consultori e due Consiglieri); saranno completate da un esame collegiale e, infine, da un esame fatto dal Protomedico e suoi Consiglieri.

Lo statuto ribadisce le condizioni fissate nel 1596 per essere nominati Consiglieri; fissa inoltre a 30 (come stabilito qualche anno prima da Clemente XII) il numero massimo dei Consiglieri. È da tener presente che il numero massimo di farmacie a Roma, dopo la riduzione decretata da Clemente XI e confermata da Benedetto XIV, era di 40.

La distanza in linea retta tra una farmacia e l'altra non poteva essere minore di 300 canne (Breve di Benedetto XIV del 1746), riducibili in casi particolari a 200 (1 canna = 2,234 metri). È da segnalare che, mentre le questioni riguardanti il Collegio vengono discusse in un'assemblea plenaria dei Collegiali («Congregazione generale»), quelle riguardanti tutti i farmacisti (pagamento di tasse al Collegio, riduzione del numero delle farmacie, ecc.) vengono discusse in un'assemblea alla quale partecipano anche i farmacisti non Collegiali («Congregazione generalissima»). Le tasse per il rilascio di licenze, ispezioni, perizie e composizioni di vertenze, nonché le eventuali penalità, sono dovute non solo dai farmacisti (compresi gli «Speziali Ebrei»), ma anche da «Droghieri, Confettieri, Acquafrescari, Caffettieri, Gioccolattieri e tutti quelli che, benché esercitino altra Arte, vorranno ritenere e vendere qualunque specie di Bellarj e Dolciarj... nonché da Chimici e Semplicisti»; viene stabilito l'ammontare di ogni tassa, che sarà suddivisa fra il Collegio dei Medici (1/4) e la chiesa e l'ospedale del nostro Collegio (3/4).

Lo Statuto del 1782, ricco di norme precise e talora minuziose, restò in vigore fino al 1808, anno in cui Roma fu occupata dalle truppe francesi e il Nobile Collegio, come tutti gli altri organismi di tipo corporativo, fu praticamente soppresso; il Collegio divenne di fatto un'Accademia, le sue rendite passarono al Governo e le adunanze furono trasferite al palazzo della Sapienza, allora sede dell'Università.

Nello stesso anno 1808 Pio VII, nell'ambito di una riforma degli studi di Farmacia, istituì la prima cattedra di Farmacia, che fu affidata, per concorso, al Nobile Collegiale Alessandro Maria Conti. Nel 1810 il governo francese, continuando l'occupazione di Roma, emanò una serie di disposizioni riguardanti la professione farmaceutica nello stato pontificio; veniva stabilito che per conseguire la matricola bisognava superare tre esami: due di teoria (uno sui principi dell'Arte, l'altro di botanica farmaceutica) e uno di pratica professionale, che durava quattro giorni e consisteva in nove operazioni chimiche e farmaceutiche, da eseguire e descrivere per iscritto.

Con la restaurazione (1814) Pio VII reintegrò il Collegio con le sue prerogative. Nel 1824 con la bolla «Quoad Divina Sapiencia» Leone XII trasformò il corso di studi in farmacia in un regolare corso universitario biennale, che si concludeva con il conferimento della «Licenza di Farmacia»; per ottenere la

«Patente di esercizio», corrispondente alla attuale abilitazione, bisognava sostenere un esame teorico-pratico davanti al Collegio medico e farmaceutico.

Il Nobile Collegio, che nel 1860 assunse l'attuale denominazione di Nobile Collegio Chimico Farmaceutico, continuò la sua solita attività, sia pure ridimensionata, fino al 1870, quando, con l'ingresso delle truppe italiane a Roma, cessò il potere temporale dei papi.

Il Collegio riuscì a sopravvivere, anche se il nuovo Governo gli tolse i privilegi e buona parte delle funzioni: in particolare l'ospedale fu soppresso, il rilascio della laurea in farmacia e dell'abilitazione all'esercizio della professione divenne prerogativa dello Stato, mentre il controllo sulle farmacie e sull'apertura di nuovi esercizi farmaceutici fu affidato al Prefetto.

Negli anni successivi furono affidati allo Stato, tramite i suoi organismi (Direzione Generale di Sanità del Ministero dell'Interno, poi Alto Commissariato per l'Igiene e Sanità e, dal 1948, Ministero della Sanità; Istituto Superiore di Sanità; Comitato Interministeriale Prezzi; Commissioni varie) il controllo sui farmaci, la fissazione dei loro prezzi, la compilazione dell'elenco dei farmaci da tenere obbligatoriamente in farmacia. La tutela dei diritti professionali venne demandata per lo più agli Ordini dei Farmacisti.

Nel 1902 fu emanato lo Statuto del Nobile Collegio che è ancora in vigore. Consta di 20 pagine, firmate da Vittorio Emanuele III e controfirmate da Giolitti. Gli obiettivi del Collegio ivi menzionati sono i seguenti: 1) compiere talune opere di beneficenza; 2) adempiere gli obblighi di culto; 3) adoperarsi per la tutela dei diritti professionali, per il miglioramento morale e per l'incremento scientifico della Farmacia.

Accanto a questi compiti oggi il Nobile Collegio svolge una sua precisa funzione di Accademia Farmaceutica (con conferenze, simposi, corsi) e di Centro storico della farmacia (raccolta di antichi manoscritti e testi, collezione di mortai e vasi di farmacia). Secondo il suddetto Statuto il Nobile Collegio comprende un massimo di 50 Collegiali, che devono avere determinati requisiti (essere titolare o direttore di farmacia in Roma da almeno 5 anni o essere docente della Facoltà di Farmacia dell'Università di Roma, ed essersi distinto per meriti scientifici, professionali e deontologici); sono previsti anche Collegiali onorari. Il sostegno economico del Nobile Collegio si basa sulle quote dei Collegiali ordinari (attualmente 600.000 lire annue).

I Collegiali ordinari eleggono il Consiglio direttivo di otto membri, che scelgono fra di loro un Presidente. L'attuale Presidente è il Prof. Leonardo Colapinto.

La caratterizzazione del Nobile Collegio come associazione scientifico-culturale avente anche compiti di beneficenza lo fece rientrare fra le cosiddette Opere Pie (denominate, dal 1924, Istruzioni Pubbliche di Assistenza e Beneficenza, I.P.A.B.).\*

\* In data 13/XI/1993 è stato approvato un nuovo Statuto, che classifica il Nobile Collegio come Ente Morale di Diritto Privato.

Parliamo ora delle pertinenze del Nobile Collegio. La sua sede (in via in Miranda 10, presso il Foro Romano), rinnovata alcuni anni orsono, comprende una biblioteca, un archivio e una raccolta di mortai, vasi di farmacia e numerosi reperti archeologici dell'antico tempio romano.

La biblioteca raccoglie numerose farmacopee italiane e straniere. Innanzi tutto il *Ricettario Fiorentino*, la prima farmacopea ufficiale del mondo, la cui I edizione risalirebbe al 1492 (l'anno della scoperta dell'America!); l'edizione conservata nella biblioteca è del 1670 e quindi ben diversa dalle precedenti: include vari nuovi farmaci, entrati nell'uso dopo la scoperta dell'America (per es. la corteccia di china).

La prima farmacopea dello Stato Pontificio è l'*Antidotario Romano*, la cui I edizione è del 1583, mentre l'edizione presente nella biblioteca è del 1651 (in latino con testo a fronte in volgare); vi vengono trattate anche — come specificato nel frontespizio — la teriaca romana e quella egizia (sotto il nome di «teriaca» vanno diverse complicate formulazioni, contenenti carne di vipera e varie decine di altri componenti, vantate come antidoto generale e panacea e riportate in varie farmacopee fin verso la fine del XIX secolo); il frontespizio notifica anche la presenza della lista dei farmaci obbligatori (di cui tratteremo in seguito).

Altre farmacopee dello Stato pontificio custodite nella biblioteca del Nobile Collegio sono l'*Antidotarium Collegii Medicorum Bononiensis* del 1574 (sono presenti le edizioni del 1770 e del 1783), la *Farmacopea Ferrarese* (1803 e 1809) e il *Codice Farmaceutico Romano*. Quest'ultimo, elaborato dall'Antonacci, fu pubblicato nel 1868 a nome di Pio IX e fu poi adottato dal Regno d'Italia dal 1870 al 1892, cioè fino a quando non venne pubblicata la I edizione della nostra Farmacopea Ufficiale. Come specificato nel frontespizio, esso include «le reazioni chimiche, un trattato de' contravveleni e la verifica analitica de' medicamenti sì semplici come composti». È da sottolineare che l'introduzione dei metodi analitici rappresenta l'inizio del cambiamento di contenuto delle farmacopee moderne, che tendono sempre più a riportare le norme per accertare i criteri di purezza e di attività dei farmaci, eliminando invece le ricette, che saranno accolte nei cosiddetti «Formulari». Nel *Codice Farmaceutico Romano* sono incluse 14 Tavole che illustrano, a colori, 126 piante medicinali e aromatiche, in ordine alfabetico.

Le farmacopee straniere presenti nella biblioteca sono tutte quelle europee e la farmacopea degli Stati Uniti. Oltre alle farmacopee, la biblioteca custodisce vari ricettari (dal '600 all'800) e diversi testi di materie connesse con la farmacia, soprattutto la chimica e la botanica. Fra i testi di chimica ricordiamo alcuni classici: il *Triumphus antimonii* di Basilio Valentino (1671), il *Lessico chimico farmaceutico* di G.B. Cappello (varie ristampe, dal 1728 al 1792), il *Cours de Chymie* di N. Lemery (1734), il *Dizionario di Chimica* in 10 volumi di P.A. Scoboli (1783), gli *Elementi di Chimica Teorica e Pratica* di P.G. Macquer (1785-6), gli

*Elementi di Chimica* di V. Dandolo (1792), gli *Elementi di Chimica* di G.A. Chaptal (1801), il *Trattato di Chimica* di L.G. Thenard (1840).

Nell'Archivio del Nobile Collegio sono conservati, oltre agli Statuti, vari altri documenti, fra i quali gli elenchi dei farmaci obbligatori e le Tabelle con le tariffe. La prima *Lista rerum petendarum* risale ad un accordo del 1576 tra il Collegio dei Medici e quello degli Aromatari di Roma.

Lesame comparativo di questi elenchi rende conto dell'evoluzione del farmaco nei secoli. La lista del 1744 comprende 99 medicamenti suddivisi in 12 categorie: *Simplicia* (varie droghe, ma anche l'ammoniaca), *Aquae*, *Conserve*, *Cerata* (fra cui il famoso empiastro diachilon), *Electuaria* (fra cui la teriaca romana), *Olea*, *Pilulae*, *Syrupi*, *Trochisci*, *Species*, *Unguenta*, *Spargyrica* (sic).

Quest'ultima categoria comprende 21 farmaci, fra cui vari prodotti chimici: antimonio diaforetico, magnesia alba, mercurio dolce (cloruro mercurioso), sale di Marte (solfato ferroso), sale di tartaro fisso (carbonato di potassio), spirito di sale armoniaco (cloruro d'ammonio), tartaro vetriolato (solfato di potassio); ma comprende anche farmaci strani, come lo spirito volatile di corno di cervo.

Sensibili differenze presenta la lista del 1798: comprende solo tre categorie: *Simplicia*, *Composita* e *Chemica*.

Compare quindi il termine «*Chemica*» che sostituisce quello di «*Spargyrica*». La categoria dei «*Chemica*» comprende 19 farmaci, fra i quali alcuni prodotti chimici: kermes minerale (ossisolfuro di antimonio), magnesia alba, mercurio dolce, spirito di sale ammoniaco, spirito di vetriolo (etere etilico), tartaro emetico (tartrato di antimonile e potassio), terra fogliata di tartaro (acetato di potassio); sono compresi fra i *Chemica* anche alcune acque distillate (di cannella, di fiori d'arancio, di limone, ecc.), alcuni estratti (di china, di cicuta), il laudano.

Gli elenchi dei farmaci obbligatori sono firmati dal Protomedico generale e dai Consiglieri del Collegio medico. Lo stesso vale per le «tavole dei prezzi». Esse venivano pubblicate in italiano per essere comprese anche dagli acquirenti.

La prima tavola compare nel 1566; nell'archivio del Nobile Collegio sono conservate quelle pubblicate dal 1604 al 1803; sono presenti anche alcune tabelle di Milano, Genova, Venezia, Firenze e Napoli. Le tariffe venivano elaborate dal Collegio dei Medici, al quale si affiancavano talvolta — come risulta dall'istituzione — alcuni Consoli del Collegio degli Speciali; erano aggiornate annualmente; ai contravventori venivano comminate forti multe. Le tabelle riportano numerosi medicamenti e danno quindi un'idea di quanto era reperibile in una farmacia dell'epoca.

Nella tabella del 1604 sono riportati oltre 500 medicamenti, per la maggior parte di materia vegetale (semi di lino, fiori di camomilla, marrubio, salsapariglia, incenso, sassaparilla), ma anche di origine animale (grassi di vipera, bile di toro concentrata, grasso di tasso e di avvoltoio, perle preparate); non mancano

i minerali (piombo polverizzato, piombo adusto, smeraldi e zaffiri macinati); numerose le forme farmaceutiche impiegate (per la cui preparazione è previsto uno specifico onorario): pillole, sciroppi, unguenti, cerotti, trocisci, elettuari; da segnalare anche alcune acque minerali, come quelle della Porretta, di San Casciano e quella solfurea dei bagni di Tivoli.

Nella tariffa del 1687 — che mostra in genere una diminuzione dei prezzi — sono presenti circa 650 voci: alcune nuove (p.es. l'acqua minerale di Nocera), in numero superiore a quelle eliminate; permangono strani medicamenti, come la «polvere di vipera» e il «dente di cignale limato»; tra le forme farmaceutiche compaiono le decozioni.

Parecchie novità si trovano nella tariffa del 1758: «l'olio di sasso» o «petrolio», la pasta per «vessicanti» (detta «senapismi»), oltre a numerosi preparati magistrali, come il liquore anodino di Hoffmann e il laudano liquido del Sydenham. Tra le droghe provenienti dall'America la *Serpentaria virginiana*, l'*Aristologia longa capata*, la radice di *Pereira brava*, nonché il «butiro de cacao»; provengono dall'Oriente il «castoro di Moscovia» e il «bezzoarro di Goa». Accanto a questi prodotti «nuovi» ne troviamo di classici, quali i «trocisci di Mesuè» e il «bolo armeno», e di strani, come lo «spirito di lumbrici» e «l'unghia di gran bestia».

Nella Tariffa del 1803 aumentano i prodotti chimici: burro (cloruro) di antimonio, pietra infernale con argento (nitrate d'argento fuso con nitrate di potassio), verderame polverizzato e vari «tartari» (tartrati), ma abbiamo ancora «vipere recenti», «avorio raspato», «corno di cervo preparato» e l'assa fetida (che peraltro troviamo ancora nella F.U. del 1940).

Altri documenti conservati nell'Archivio del Nobile Collegio sono i carteggi intercorsi col Collegio dei Medici in merito alle tariffe dei medicamenti, carteggi da cui emergono dissensi fra i due Collegi; per porre fine a questi dissensi un bando del cardinal Altieri, del 1673, ricorda che in materia gli speciali hanno solo voto consultivo.

Da ricordare infine alcuni editti e ordini che riguardano principalmente: 1) la normativa per la vendita dei farmaci; 2) le ispezioni alle farmacie; 3) le direttive agli speciali per la sorveglianza sulla preparazione e la vendita dei dolciumi; 4) la proibizione per i religiosi di preparare e vendere medicamenti.

Diverse norme riguardano la preparazione della teriaca che, per evitare sofisticazioni, abbastanza frequenti per la presenza in essa di numerosi componenti alcuni dei quali rari, doveva essere preparata in pubblico, previo esame dei componenti da parte del Protomedico assistito dai suoi Consiglieri.

Da segnalare un editto del 1669 che vieta ai saltimbanchi di vendere medicine; la cosa può sembrare a noi ovvia, ma si pensi che nel «Don Pasquale», un secolo e mezzo dopo, c'è la scena della vendita di un elisir miracoloso su una piazza.

Un altro editto disciplina la vendita di «cose velenose opiate solutive, scamo-

neate senza ordine del Físico *in scriptis*» e prescrive che «i Semplicisti o Herbari non possono vendere alcuna cosa velenosa, stupefacente solutiva et abortiva».

È interessante una norma del 1692 sulla buona conservazione dei farmaci; essa si richiama al *De duratione medicamentorum* di Pietro Castelli, professore di medicina alla Sapienza; in questa sono trattati i semplici e le varie preparazioni farmaceutiche; non sono trattati i prodotti chimici: «lasciando per adesso le chimiche medicine che non fanno reliqui per la loro purità». Alle droghe allo stato solido viene attribuita una durata di alcuni anni, mentre per gli sciroppi si assicura una durata superiore ai due anni, pur ripetendo che il *Compendium Aromatariorum* (1488) di Saladino d'Ascoli limita la durata a un anno.

Tra gli oggetti conservati nel Nobile Collegio sono da ricordare soprattutto i mortai e i vasi di farmacia.

Dei 182 mortai, 150 sono in bronzo, versati dai sindacati dei farmacisti come offerta di metallo alla Patria per necessità belliche (1935) e fortunatamente salvati, per la loro bellezza, dalla rottamazione.

Provengono da varie regioni d'Italia; per la maggior parte appartengono ai secoli XVIII e XIX, ma alcuni sono anteriori, risalendo fino al XV secolo; varie sono le forme: da quella classica svasata a quella pressoché cilindrica; alcuni sono muniti di orecchioni di varia forma.

I vasi di farmacia provengono anch'essi da varie regioni d'Italia e datano dal XVI al XIX secolo; comprendono bottiglie, boccali, albarelli, porta-pillole; le decorazioni sono generalmente policrome e rappresentano fiori, foglie, stemmi, paesaggi, figure umane (in genere di soggetto sacro); spesso sono presenti iscrizioni con l'indicazione del contenuto, per lo più in forma abbreviata.

E infine alcune informazioni sulla chiesa di S. Lorenzo in Miranda, che è proprietà del Nobile Collegio e alla quale si accede dal Collegio stesso.

La chiesa deriva dalla trasformazione (VII-VIII sec.) del Tempio di Antonino e Faustina, eretto al Foro Romano nel II secolo d.C. per onorare l'imperatore Antonino Pio e la moglie Faustina.

Del Tempio sono rimaste inalterate le colonne perimetrali e la ricca trabeazione. La chiesa subì nel corso dei secoli numerose modifiche, finché venne riedificata nel 1607 a cura del Nobile Collegio. Le più significative opere d'arte che racchiude sono l'altare maggiore in marmo policromo, attribuito a Pietro da Cortona, la pala d'altare raffigurante il martirio di S. Lorenzo, opera di Pietro da Cortona datata 1646, e, nella terza cappella a destra (andando dall'altare maggiore verso la porta principale), un armonico complesso realizzato dal Domenichino prima del 1627, costituito da un altare con telamoni laterali e una pala centrale raffigurante la Madonna con i S.S. Filippo e Giacomo. Pur essendo di proprietà privata la chiesa — per un accordo con la Soprintendenza ai Beni Artistici e Storici — è visitabile una volta la settimana (il giovedì mattina).

BIBLIOGRAFIA

- POCE M., *Pagine storiche sul Nobile Collegio Chimico-Farmaceutico di Roma*, Roma 1931.
- BENEDETTI A., Voce *Farmacia* in «Enciclopedia Italiana», vol. XIV, Roma 1932.
- CONCI G., *Pagine di Storia della Farmacia*, Milano 1934.
- FAHRE R., DILLEMANN G., *Histoire de la Pharmacie*, Paris 1963.
- PEDRAZZINI C., *La Farmacia italiana nella storia dell'arte*, Milano s.d.
- PARKINGTON J.R., *A History of Chemistry*, vol. I, London 1970.
- COLAPINTO L., *Gli statuti del Nobile Collegio degli Speciali di Roma del 1782*, Roma 1979.
- AA.VV., *Universitas Aromatariorum*, Roma 1985.
- COLAPINTO L., *Il Nobile Collegio Chimico Farmaceutico Romano*, Roma, II ed., 1989.
- MAZZUCCATO O. (a cura di), *Le ceramiche di farmacia a Roma tra '400 e '600*, Viterbo 1990.

N. GELSOMINI (\*) - M. COSTA (\*) - P. MANZELLI (\*\*)

## I «luoghi» della chimica nella Firenze dell'800 (\*\*)

**Summary** - Florence has old and remarkable traditions in chemistry. Starting from 1752 Anton Nicola Branchi held lessons and experiments in the Farmacia del Cinghiale. At the end of the 18th century even the Granduca di Toscana Pietro Leopoldo took a special interest in this scientific branch.

In 1807 the first university chair for teaching chemistry was founded at the «Specola», in Via Romana.

Thanks to Ugo Schiff chemistry acquired a particular prestige in Florence and in 1859 the Istituto di Studi Superiori was founded and later, in 1976, was transferred to the present seat in Via Gino Capponi.

CHEMIAE / DOCTRINAE AUGENDAE / IN / FLORENTINO /  
STUDIORUM ATHENAEI / COMMODIORES AEDES EXSTRUCTAE / MDCCLXXXVII.

Questa iscrizione, su marmo, fu posta all'esterno dei nuovi locali, in Via Gino Capponi, in quella parte del complesso detto «il quadrilatero di San Marco», che dal 1887 ospitano i laboratori e le aule di chimica dell'ex R. Istituto di Studi Superiori e di Perfezionamento.

L'iscrizione, dettata dallo Schiff, fu oggetto di molte polemiche fra l'autore, la Soprintendenza dell'Istituto e la Facoltà di lettere. A tale proposito Ugo Schiff scrive:

La prima dizione era ritenuta buona dalla nostra Facoltà ed era anche *latinissima*. Non c'era nessuna ragione per farci sindacare dalla Facoltà di lettere. Ma la Soprintendenza voleva trovare qualcheduno che levasse la parola «Università», la quale simpatissima alla grande maggioranza dei professori dell'Istituto, forse non era simpatica alla Soprintendenza. Non essendo io tanto formalista accettai lo scambio di *Universitas* in «Athenaeo». Ora si chiedono altri cambiamenti, che non si possono in nessun modo accettare. Anche noi sappiamo mettere insieme due parole latine ... (come il ... profes-

(\*) L.R.E. - Dipartimento di Chimica, Università di Firenze.

(\*\*) Relazione presentata al V Convegno Nazionale di «Storia e Fondamenti della Chimica» (Perugia, 27-30 ottobre 1993).

sori di latino e greco, i quali semplicemente, per abuso, credono potersi curare delle cose nostre ... anche (se) ... provocato dalla Soprintendenza. I filologi sono per natura *doctrinari* e perciò essi principiano con «Doctrinae» anche in una iscrizione di chimica. Io, come chimico, metto la «Doctrina» in seconda linea e necessariamente in prima linea «Chemiae» ... Bisogna poi dire «Studium Athenaeo» perché ci sono atenei d'arte, di musica, di agricoltura e perché si sappia cosa è quel nostro Istituto, del quale, fuori di Firenze, e un poco anche dentro, non si ha nessun giusto concetto. I più lo credono un Istituto Tecnico qualunque, con scuola normale annessa ... La presidenza dovrebbe energeticamente difendere la nostra Facoltà, contro l'intruso di un'altra Facoltà in un affare nel quale essa non entra per nulla e sul quale la nostra Facoltà non ha chiesto nessun parere.<sup>1</sup>

Quando Ugo Schiff (1834-1915) venne a Firenze nel 1864, chiamato da Carlo Matteucci, non trovò nulla che potesse essere considerato un laboratorio di chimica, ma pochi e disadorni locali nell'edificio di Via Romana alla «Specola». Ma in pochi anni riuscì a formare un istituto di ricerca che si affermò non solo in Italia, ma anche in Europa.

Firenze, però, non era nuova agli studi di chimica; infatti va ricordato il fatto importante che le due dinastie che hanno governato la Toscana, i Medici e gli Asburgo-Lorena, hanno avuto fra i loro membri uomini molto interessati alla scienza. Montaigne ricorda nel suo «Journal de Voyage» che nel 1581, visitando la villa Medici di Poggio a Caiano, Francesco I (1541-1587) gli mostrò il suo gabinetto scientifico privato dove conduceva molte esperienze.

Anche Cosimo I (1519-1574), padre di Francesco, fu molto interessato alle scienze alchemiche, tanto che trasferitosi in Palazzo Vecchio intorno al 1540, dette inizio ad un progetto per la trasformazione dei locali dove ogni particolare dell'intera opera doveva rappresentare le idee fondamentali dell'antico sapere iniziatico.<sup>2</sup> Così su progetto del Vasari venne costruita la sala degli elementi dove, alle pareti e sul soffitto vennero dipinti dallo stesso Vasari e da G. Gherardi, detto il Doceno (1508-1556), le allegorie dei quattro elementi: la terra, il fuoco, l'acqua e l'aria. Per Francesco, il primo figlio di Cosimo ed Eleonora di Toledo, fu creato lo «studiolo», un elegante ambiente stretto e lungo decorato in ogni sua parte e collegato al «tesoretto» dove erano conservate le cose più rare; i laboratori furono sistemati nella Galleria degli Uffizi, che a quel tempo non era ancora un museo d'arte.<sup>3</sup>

Ma dove Firenze ebbe il primato fu nell'organizzazione ospedaliera a cominciare dal primo nucleo di S. Maria Nuova, fondato nel 1288 da Folco Portinari, il padre di Beatrice, nel quale funzionava una scuola di Medicina e l'Arte dei medici come quella degli Speciali che ebbero, nella seconda metà del

<sup>1</sup> Archivio U. Schiff, Biblioteca Istituti Chimici dell'Università di Firenze (in corso di riordinamento). Le sottolineature sono dello stesso Schiff.

<sup>2</sup> G. LENG-ORLANDI, *L'arte segreta, Cosimo e Francesco de' Medici alchimisti*, Firenze 1991.

<sup>3</sup> P. BARGELLINI, *Questa è Firenze*, Firenze 1968.

'300, i loro statuti; mentre nel 1498 qui fu compilato il «Ricettario Fiorentino», che può essere considerato la prima farmacopea europea.<sup>4</sup>

Gli Asburgo-Lorena, che sostituirono i Medici nel governo della Toscana, erano molto appassionati delle Scienze Naturali, specialmente Pietro Leopoldo (1747-1792), che nel 1771 acquistò in Via Romana alcune case di proprietà dei Torrigiani per essere adibite, dopo opportuno restauro, ad accogliere le preziose raccolte scientifiche dei Medici, allora disperse nei palazzi granducali. Nasceva così «L'Imperiale e Regio Museo di Fisica e Storia Naturale», con Felice Fontana (1730-1805) come Direttore. Un dono che il Granduca fece al museo furono i libri, gli strumenti e le apparecchiature dell'Accademia del Cimento; questa Accademia sperimentale, nonostante il breve periodo di attività dal 1657 al 1667, ha conquistato fama imperitura per le sue ricerche nel campo della fisica e della chimica.<sup>5</sup> Il museo fu aperto nel 1775, ed era intendimento del Granduca che non fosse solo un luogo di conservazione, di esibizione di strumenti e reperti naturali, ma anche un centro attivo di ricerca e di insegnamento superiore, che si affiancasse alle Università di Pisa e di Siena. Fontana, pur essendo un noto studioso, nell'organizzare il museo non dette molta importanza alla sistemazione del laboratorio di chimica, forse anche perché Pietro Leopoldo ne aveva uno suo privato; si deve alla passione del Granduca di Toscana per questa scienza se ci rimane il bellissimo banco chimico, attualmente conservato al Museo di Storia della Scienza di Firenze, insieme ad alcuni preparati come il «Phosphorum Urinae» ed una boccia del «Lac Martin» sulla quale si legge «preparato da S.A.R. il 29 dicembre 1780».

Nella seconda metà del '700 si verificò a Firenze una grande fioritura di indagini chimiche. Negli anni 1752 e 1753 un medico e chimico fiorentino Antonio Branchi della Torre (1723-1810) tenne un corso di chimica nella «Farmacia del Cinghiale», alle Logge del Mercato Nuovo detto del «Porcellino», aperto a tutti quanti fossero interessati alla conoscenza ed ai progressi della nuova scienza. Il programma del 1752 contiene 18 argomenti di chimica vegetale, 17 di chimica medica e 25 di chimica inorganica; il corso ebbe notevole successo, tanto che l'anno seguente il programma fu ampliato notevolmente. Il Branchi, professore di chimica a Pisa dal 1757 al 1801, fu eletto socio nel 1754 dell'Accademia dei Georgofili, che era stata fondata l'anno precedente.<sup>6</sup>

Durante il periodo napoleonico, dopo la cacciata dei Lorena, Maria Luisa

<sup>4</sup> G. ROSSI, G. POLESE REMAGGI, *Atti VII centenario della fondazione di S. Maria Nuova*, Firenze 1990.

<sup>5</sup> M.L. AZZAROLI, *La Specola*, Firenze 1975.

<sup>6</sup> Nella Farmacia del Cinghiale, tuttora esistente in Via Por S. Maria, c'è una iscrizione a ricordo di queste lezioni: «In questa spezieria del Cinghiale / il Dott. Antonio Nicola Branchi della Torre / dal 1757 al 1801 professore di chimica / nella pisana università / tenne durante gli anni 1752-1753 / un corso di esperienze chimiche / ad un circolo di amici».

regina reggente dell'effimero Regno d'Etruria, con «motu proprio» fondò presso il Museo un «pubblico liceo» di Scienze fisiche e naturali, aperto ufficialmente il 19 agosto 1807, con sei cattedre compresa la chimica, che fu affidata a Giuseppe Gazzeri (1771-1847); il liceo, sul modello del «College de France», non rilasciava diplomi ed era aperto a tutti gratuitamente.

Dopo la parentesi napoleonica e la restaurazione dei Lorena, nel 1814, il liceo fu chiuso e la cattedra di chimica venne trasferita allo Spedale di S. Maria Nuova. Nello stesso Spedale fu creata nel 1819 la cattedra di Chimica Farmaceutica e Farmacologia, che fu affidata a Giovacchino Taddei (1792-1860). Taddei, per le sue idee liberali, fu eletto deputato nel parlamento toscano nel 1848, ma, con decreto del 7 maggio 1849, fu prima sospeso dall'insegnamento e poi destituito dai suoi incarichi; egli tuttavia continuò ad insegnare chimica privatamente ed a pagamento, pubblicando anche sei volumi con le sue lezioni; in quel periodo, pieno di fermenti per l'unità d'Italia, era una dimostrazione politica iscriversi al suo corso e comprare le sue opere di chimica. Nel 1859, con l'annessione della Toscana al Regno d'Italia, il Taddei fu reintegrato in tutti i suoi impieghi e dignità e fu tra i primi senatori toscani.

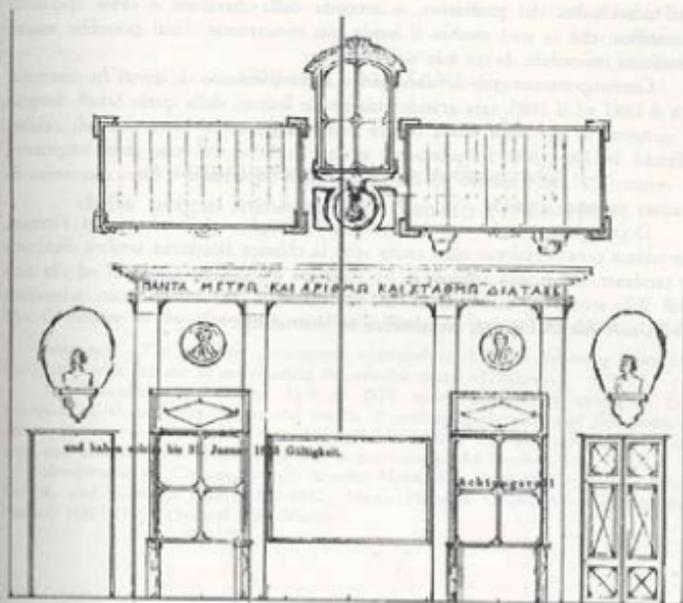
Nella prima metà dell'800 si ritrovano a Firenze diversi cultori delle scienze chimiche e fra questi spicca per la notorietà del nome Luigi Bonaparte, figlio di Luciano e nipote di Napoleone I. Luigi Bonaparte abitava in una villa a San Marco Vecchio, sulla strada per Fiesole, dove aveva un laboratorio privato di chimica ben fornito; le sue ricerche sui sali di chinina, sui metalli rari e sull'acido valerianico furono oggetto di molte pubblicazioni, con la collaborazione e l'aiuto di Giovanni Campani (1820-1891) senese, allievo di Piria e dal 1851 professore di chimica a Siena.<sup>7</sup>

Il principe Luigi, con il fratello Carlo Luciano celebre ornitologo, fu tra gli animatori del 1° Congresso degli scienziati italiani, tenutosi a Pisa nel 1839 e presieduto da C. Ridolfi. Durante questo congresso, nella sezione di chimica e fisica si discusse animatamente sul fatto se la chimica dovesse essere insegnata empiricamente, esponendo solo i fatti come avevano sempre sostenuto il Branchi ed il Gazzeri, o se i fatti dovessero essere sistemati e coordinati per mezzo di qualche ipotesi più generale, come quella atomistica e con le relative formule; tesi quest'ultima più moderna e sostenuta da Luigi Bonaparte, Orioli e Taddei.

Il 22 dicembre 1859 il Governo provvisorio toscano, presieduto da Bettino Ricasoli, decreta la fondazione dell'Istituto di Studi Superiori Pratici e di Perfezionamento, che doveva fornire insegnamento post-universitario con un duplice scopo: l'uno pratico di addestramento professionale e l'altro scientifico di perfezionamento.

Dalla Soprintendenza dell'Istituto furono assegnati alla chimica alcuni locali

<sup>7</sup> Da una testimonianza dello stesso Campani allo Schiff, riportata in un lavoro postumo dello Schiff, pubblicato su «Archeion» nel 1928, a cura di M. Betti.



Frazione dell'aula grande di Chimica Generale di Via Gino Capponi; il disegno fu fatto da Ugo Schiff su una carta di fortuna.

in Via Romana, ma data l'insufficiente sistemazione, Ugo Schiff scriveva intorno agli anni 70: «Già nel 1865 richiamavo l'attenzione del Prof. Matteucci sulle scuderie in piazza San Marco per trasferirvi i laboratori e, dopo che il palazzo di Via San Sebastiano (l'attuale Via Gino Capponi) fu abbandonato dal Ministero della Guerra (per il trasferimento della Capitale da Firenze a Roma), feci un progetto che presentai nel 1870 in una adunanza del Consiglio accademico». Quindi proseguiva: «Io sono sempre dell'opinione che le scienze sperimentali potrebbero essere benissimo riunite in questo palazzo se ad esso si aggiungessero due ali laterali, l'una, ovest, rasente il Giardino dei Semplici, e l'altra, est, rasente Via San Sebastiano».

La proposta di trasferire i laboratori da Via Romana a Via Gino Capponi fu accolta e a proposito del loro ampliamento lo Schiff, che aveva idee molto precise, annotava: «... tanti sono i modi di montare un laboratorio a secondo

dell'individualità del professore, a seconda della direzione o della specialità scientifica, che (a me) sembra il modo più conveniente, (ma) potrebbe essere giudicato inservibile da un mio successore».

Contemporaneamente ai laboratori e a complemento di questi fu costruita, fra il 1882 ed il 1885, una grande aula per le lezioni, della quale Schiff disegnò il progetto e che volle fosse ornata con medaglioni e busti dei più celebri chimici del 700 e 800. Sul prospetto, in alto, fu inciso, col testo greco originario, il versetto 21° del Capitolo XI del «Libro della Sapienza»: «Tutto disponesti in misura, numero e peso».

Dopo questa breve ricostruzione su i «luoghi» della chimica a Firenze, un'ultima considerazione: ogni cento anni la chimica fiorentina sembra destinata a cambiare sede; dalla Specola di Via Romana a Via Gino Capponi ed alla fine del XX secolo ci sarà ancora un trasferimento nel nuovo polo scientifico dell'Università di Firenze, attualmente in costruzione.



Il disegno è una pianta architettonica in scala, che mostra una disposizione di spazi. In alto, a destra, c'è un ritratto di un uomo, probabilmente un chimico importante. Sotto il ritratto, si legge il nome "G. SCHIFF". La pianta è divisa in diverse sezioni da linee sottili, con alcune parti più spesse che indicano porte o divisioni principali. In basso, ci sono alcune note e dimensioni, ma sono molto sfocate e illeggibili. L'intero disegno è in bianco e nero e ha un'aspetto di un'archiviazione o di un'edizione antica.

GIULIANO DALL'OLIO (\*)

## La commissione per la monografia delle acque minerali del Veneto (1856-1878) (\*\*)

The Committee for the Monograph on Mineral Waters of Veneto (1856-1878).

**Summary** - The Austrian government instituted in 1856 in Venice a Scientific Committee with the aim of investigating the mineral waters of Veneto.

The Committee, active from 1856 to 1878, tested the mineral springs in the provinces of Vicenza and Padova and results of geological, chemical and therapeutical investigations were published by the «Atti dell' LR, Istituto Veneto di scienze lettere ed arti» and collected in a «Monografia delle acque minerali del Veneto».

Members of the Committee were Abramo Massalongo (1824-1860), geologist from Verona, and Giovanni Bizio (1823-1891), Pietro Pisanello (1816-1863) and Antonio Pazienti (1819-1891), chemists from Venice.

### Introduzione.

L'analisi delle acque minerali e termali è un argomento che interessa gran parte dei lavori di chimica analitica del XIX secolo. In quell'epoca vengono scoperti nuovi reagenti e costruite le prime apparecchiature ed i primi strumenti per il laboratorio che consentono di realizzare ulteriori metodi analitici qualitativi e rendere più sensibili e affidabili quelli quantitativi. Basterà ricordare l'apparecchio di Marsh per la ricerca dell'arsenico (1836), lo spettroscopio di Kirchhoff e Bunsen (1860), il colorimetro di Duboscq (1868), l'apparecchio di Kipp per la produzione di  $H_2S$  (1864) e, sempre negli anni '60, l'introduzione nella routine di laboratorio dei metodi volumetrici di analisi. Anche la letteratura chimico analitica si arricchisce di nuove opere quali l'*Handbuch der Analytischen Chemie* (1829) di Heinrich Rose (1795-1864), il *Lehrbuch der Chemischen-Analytischen Titrimethode* (1855) di Friedrich Mohr (1806-1879) e i due

(\*) Laboratorio di Chimica clinica ed Ematologia, Ospedale «S. Bortolo», Vicenza.

(\*\*) Relazione presentata al V Convegno Nazionale di «Storia e Fondamenti della Chimica» (Perugia, 27-30 ottobre 1993).

diffusissimi manuali di analisi qualitativa (1841) e quantitativa (1846) di Remigius Fresenius (1818-1897), fondatore anche del primo giornale dedicato esclusivamente alla chimica analitica: il «Zeitschrift für Analytische Chemie» (1862). Si arriva così ad una più vasta divulgazione dei metodi di analisi e di conseguenza ad una maggiore uniformità e confrontabilità dei risultati analitici.

Appare quindi fondata la preoccupazione, avvertita verso la metà del secolo in tutta Europa, di procedere a nuove analisi delle acque minerali, strumento terapeutico assai diffuso, per approfondire la loro composizione alla luce dei recenti sviluppi della chimica analitica.

Osserveremo soltanto come l'analisi chimica abbia più volte in questi ultimi tempi rischiarato l'azione per lo innanzi misteriosa di alcune acque minerali, ed abbia portato in tal maniera il mezzo di sostituire al cieco empirismo una via rischiarata da sani principi e sagge deduzioni. Aggiungeremo quanto sieno anche attualmente incerte le opinioni del medico sopra il modo di azione di molte acque minerali, così da cercarne le virtù perfino in cause estrinseche alla natura stessa dell'acqua... Qualunque studio adunque intrapreso con questo intendimento, qualunque nuovo passo avanzato in questa via ci sembra essere fornito di tutta quell'utilità, che non può negarsi ad un argomento quando si estenda per esso il campo delle nostre cognizioni, specialmente se accompagnate da pratica applicazione... [1].

Nel Veneto asburgico questa sentita necessità di condurre uno studio sistematico delle acque minerali per porre fine al seppur utile settorialismo fino ad allora praticato, viene espressa fin dal 1855 nella «Gazzetta di Farmacia e di Chimica» dai farmacisti vicentini Giovanni Battista Fasoli (1818-1904) e Giuseppe Dalla Torre (1819-1888), redattori della rivista, che annunciano di aver iniziato ad analizzare tutte le acque minerali «le più accreditate delle provincie Venete». Riconoscono le grandi difficoltà dell'impresa ma, data la sua rilevanza sociale, sperano in un sussidio materiale da parte del governo, nell'appoggio delle autorità e nella collaborazione dei colleghi.

Nel marzo dello stesso anno il chimico veneziano Giovanni Bizio nel comunicare ai membri dell'I.R. Istituto Veneto di scienze lettere ed arti i risultati delle sue indagini sull'acqua della fonte Civillina o Catulliana (Vicenza) che lo hanno portato a scoprirvi l'arsenico, denuncia la grave carenza di conoscenze sulle acque minerali del Veneto ed esprime voti perché si recuperi il tempo perduto. Se si escludono le analisi del Cenedella (1801-1878), dello Zanon (1792-1855) e del Pisanello, non restano che le vecchie determinazioni del Melandri (1784-1833) ed alcune, anche recenti, condotte però con metodi ormai superati e quindi poco attendibili:

... Quanto più grande adunque è il bisogno nostro, tanto maggiore dee essere l'impegno col quale dar mano ad una impresa che riuscirebbe ad illustrare una parte così importante del suolo delle nostre Provincie. Questo lavoro però, io devo soggiungere collo stesso Thenard, lungo noioso e difficile non potrebbe essere affidato se non che a persone, le quali, unendo alle cognizioni della chimica quelle della geologia, sappiano col più giusto criterio applicare all'uso le une alle altre [2].

*La nomina della commissione ed i compiti ad essa demandati.*

È proprio la scoperta dell'arsenico nella diffusa acqua minerale Catulliana, con le apprensioni che essa suscita nella popolazione, a rendere urgente la richiesta alle autorità statali di un organo ufficiale competente per iniziare approfonditi e sistematici studi idrologici, geologici, chimici e terapeutici delle fonti minerali delle province venete. Una tale richiesta, già avanzata all'Istituto Veneto dal medico veneziano Giacinto Namias (1810-1874) fin dal 1848 in seguito al rinvenimento dell'arsenico in molte acque minerali europee, è ora, con la scoperta di Giovanni Bizio, fortemente sollecitata da Filippo Spongia, consigliere sanitario dell'I.R. Luogotenenza [3] e appoggiata dagli studiosi veneti Bartolomeo Bizio (1781-1862) (padre di Giovanni), Antonio Galvani (1797-1869) e Bernardino Zambra (1812-1859):

... Un sistema delle analisi di tutte le acque delle nostre Provincie, il quale fosse pubblicato, premessavi la descrizione dei metodi adoperati, ed aggiuntevi quelle considerazioni che la scienza geologica trovasse opportune, e la notizia delle virtù medicinali fin qui riscontrate dalla esperienza in questi diversi farmaci apprestati dalla natura medesima, ed una prudente proposta di cure nuove che si potessero con essi tentare, sarebbe un'opera utilissima e da far onore all'Istituto, al Paese, al Governo. Il lavoro è lungo, difficile, costoso, ma donde ci vennero gli eccitamenti verranno con pari sollecitudine i conforti ed i sussidi [4].

Tutto ciò porta, nel 1856, alla istituzione da parte del governo austriaco di una commissione scientifica, patrocinata dall'I.R. Istituto Veneto, con il compito di effettuare gli studi sopradetti, finanziati da un opportuno stanziamento, e presentare i risultati in una *Monografia*:

L'eccelso I.R. Ministero dell'interno con dispaccio n° 2830, 13 marzo, degnò approvare il progetto d'una monografia delle acque minerali del Veneto, presa sotto l'aspetto più esteso e compiuto ... Quindi la suddodata autorità ministeriale autorizza la luogotenenza a disporre affinché s'intraprendano ed eseguiscono immediatamente i lavori coll'obbligo di rassegnare ogni anno i progressivi risultamenti ... [5].

La Commissione, nominata il 20 aprile 1856, è composta dal geologo veronese Abramo Massalongo (1824-1860) e dai chimici veneziani Pietro Pisanello, Antonio Pazienti e Giovanni Bizio che sono tra i primi ad avere conseguito il titolo accademico di dottore in chimica all'università di Padova (la prima laurea in Chimica a Padova viene conferita il 13 dicembre 1838) [6] e hanno una solida preparazione accademica acquisita durante gli anni di assistentato alla cattedra di Storia Naturale (Bizio) e di Chimica (Pazienti e Pisanello). All'epoca della nomina essi ricoprono l'incarico di professori supplenti nelle scuole pubbliche.

Il piano di lavoro della Commissione e gli scopi che essa si prefigge sono specificati nella prefazione alla *Monografia delle Acque Minerali del Veneto*: il lavoro verrà suddiviso in tante parti quante sono le province ed ogni parte in

tante sezioni quanti sono i comuni con sorgenti minerali. Per ogni sezione verranno effettuate quattro tipi di indagini fondamentali: una ricerca bibliografica, compito del Pazienti, nella quale, di ogni fonte, saranno presi in esame tutti i lavori scientifici pubblicati fino a quella data e riportate le analisi chimiche eseguite in precedenza; una approfondita indagine sulla costituzione geologica della zona in cui è situata ciascuna fonte, affidata inizialmente al Massalongo, e quindi l'analisi chimico-fisica delle acque e dei loro materiali di deposito della quale dovranno occuparsi Bizio e Pisanello. Seguiranno anche considerazioni mediche sull'uso terapeutico più conveniente delle acque in esame che saranno demandate ai soci dell'Istituto Veneto esperti in materia, coordinati da Giacinto Namias. Le analisi di tutte le fonti dovranno essere ripetute sistematicamente dopo un certo numero di anni e ciò allo scopo di rilevare eventuali cambiamenti nella loro composizione

... e rendere più perfetti i risultati della nuova analisi coll'applicazione di que' processi sempre più esatti e sicuri, de' quali continua, possiamo dire giornalmente, a fare ricco acquisto il campo della chimica analitica ...

infatti

... furono scoperte nelle acque minerali sostanze la cui presenza non si sarebbe dieci anni fa nemmeno sospettata, e che rendono per conseguenza imperfette, per quanto pure condotte da esperta mano, quelle analisi le quali rimontino a più anni addietro [7].

#### *Le prime reazioni.*

La notizia della nomina della Commissione suscita immediatamente una polemica reazione da parte di Fasoli e Dalla Torre che si sentono in un certo senso defraudati di una iniziativa che per primi avevano proposto da quasi un anno e della quale avevano in parte già dato pratica attuazione fra non pochi ostacoli finanziari e burocratici. Non mancano quindi di esprimere, non senza un certo sarcasmo, la loro amarezza attraverso le pagine della «Gazzetta di Farmacia e di Chimica» (Maggio 1856):

Da oltre un anno, noi abbiamo intrapreso a dimostrare l'urgente necessità di un lavoro analitico delle più accreditate acque minerali delle Provincie Venete, e, ciò che più monta, non curando ingenti spese, fatiche e sacrifici, affrontammo spontaneamente l'opera di lunga lena, con quello slancio che solo sa infondere la coscienza di operare cosa grata e profittevole al proprio paese ... Né altro mancava a completare l'intrapreso lavoro, e renderlo, a nostro giudizio, meritevole della pubblicità, se non la verificazione degli assaggi sopralluogo; ma con nostro dolore non ci fu ancora dato di ottenere dalla competente Autorità il necessario permesso di accedere alle fonti stesse, quantunque da quasi otto mesi abbiamo prodotto a questo oggetto regolare petizione. Il lavoro da noi cominciato venne quindi di fatto sospeso ... Ora però andiamo lieti di annunziare ai nostri colleghi che l'opportunità almeno da noi dimostrata di nuovi studi intorno all'acque minerali del nostro Regno, fu egualmente sentita dall'Eccelso I.R. Ministero, dappoiché in questi ultimi

giorni si compiacque di nominare, dietro concerto colla I.R. Luogotenenza Veneta, un'apposita Commissione composta dei due chimici veneziani dott. G. Bizio e P. Pisanello, dal fisico parimenti veneziano sig. dott. A. Pazienti e dal geologo prof. Massalongo mettendo a loro disposizione un'ingente somma nonché l'appoggio morale dell'Autorità.

Ognuno, dalle pratiche cognizioni di questi membri in fatto di analisi chimiche di acque minerali e dalle prove delle loro non comuni attitudini in questi esercizi passate già in diritto pubblico, potrà da sé farsi un giusto concetto sulla perfezione del lavoro che sono destinati ad intraprendere: lavoro che quando vedremo alla fine compiuto noi saluteremo con ingenua espansione come opera con troppo avara fortuna da noi molto prima iniziata [8].

#### *Il primo incarico della commissione.*

La Commissione, che ha iniziato lo studio delle acque di Recoaro, deve però subito affrontare il problema dell'arsenico nell'acqua della fonte Civillina. La questione è urgente poiché sta provocando nell'opinione pubblica, subito informata dalla stampa, timori e preoccupazione. Come avranno a dire in seguito Fasoli e Dalla Torre, sempre polemici con il lavoro della Commissione e del Bizio:

... l'esistenza d'una sostanza tanto pericolosa come l'arsenico, in un'acqua tanto impiegata come quella del monte Civillina, non poteva non suscitare gravi apprensioni: maggiormente che prima d'allora non si parlò mai d'arsenico in veruna delle nostre acque minerali, ed il pubblico, giustamente peritoso, era ben lungi dal credere compatibile la presenza di quel temuto veleno coll'uso ed impiego dell'acqua anzimenzionata ... Pubblicare semplicemente e nudamente che un'acqua contiene arsenico, è dare una notizia incompleta, è una scoperta senza valore intrinseco, è mettere l'allarme senza entità di causa ... Ogni chimico modesto sacrifica ben volentieri l'effimero vanto di aver constatata la presenza di quel corpo, alle conseguenze che un tale annunzio può per se stesso apportare, e studia prima di stampare la sua scoperta, in quale stato, in qual dose, con quali principii vi si trova combinato e commisto: onde ne deriva se la sua presenza possa apportare danni o vantaggi, od essere anche indifferente all'acqua in cui è contenuto ... [9].

Vengono istituite accurate indagini chimico analitiche, e per la ricerca dell'arsenico viene usato il sensibilissimo ed affidabile apparecchio di Marsh. L'arsenico è rilevato nell'acqua Catulliana senza ombra di dubbio in due campioni, uno del luglio 1856 ed il secondo raccolto alla fonte dalla Commissione stessa nell'autunno. Il professor Pazienti, nella relazione all'I.R. Istituto Veneto, ricorda che l'arsenico è presente in numerose acque minerali italiane e straniere, anche famose, particolarmente in quelle ferruginose e poiché è ormai assodata l'efficacia terapeutica di dosi opportune di arsenico, sarebbe buona cosa divulgare queste acquisizioni per evitare il diffondersi di falsi allarmismi e infondate preoccupazioni poiché:

... può essere molto verosimile che la sottoscritta Commissione, nel corso de' suoi lavori, possa rinvenirlo in qualche altra acqua minerale delle nostre provincie, ed in tal caso le spiacerrebbe che la nuova medicina fosse argomento di nuovi timori [10].

Ma la questione dell'arsenico della fonte Civillina, che sembrava così conclusa, riserva invece un altro cruccio alla Commissione. Nella primavera del 1857 il professor Francesco Ragazzini (1799-1873), docente di Chimica farmaceutica all'università di Padova, nel corso di una esercitazione con i suoi allievi e assistenti vuole ripetere l'esperimento della ricerca dell'arsenico nell'acqua Catulliana con l'apparecchio di Marsh. Analizza campioni raccolti in momenti diversi ed in alcuni trova l'arsenico mentre in altri è del tutto assente. Nella relazione con cui comunica i risultati delle sue ricerche all'I.R. Istituto Veneto di scienze lettere ed arti nella adunanza del 17 maggio 1857 il Ragazzini riferisce:

Fu inesprimibile la meraviglia ch'io risentii di un così rapido cangiamento nella composizione di quest'acqua. Ma donde ripeterlo? Come spiegare la subitanea presenza di una tale sostanza la quale benché ritenuta per valido medicamento pur non cessa d'esser un temuto veleno? [11].

Non mancano anche le critiche di Fasoli e Dalla Torre che accusano la Commissione di essersi, fino a quel momento, espressa con poca chiarezza, ed anche di leggerezza e superficialità nelle comunicazioni rilasciate all'opinione pubblica circa la quantità di arsenico contenuto nell'acqua in questione ed ancora di non aver mai rilevato la variazione di concentrazione del metalloide come invece ha fatto il Ragazzini:

La questione dell'arsenico è a questo punto più avviluppata che mai. Intanto il pubblico lotta nelle incertezze e nei dubbi — la medicina è, a giusta ragione, trepidante ed esita a valersi di quei rimedi naturali, perché possono farsi pericolosi, micidiali — la scienza in fine reclama i suoi diritti a conoscere la nuda verità... È tempo finalmente di terminarla con questa rancida questione dell'arsenico, e di appagare la giusta aspettazione di un pubblico tuttora incerto e dubbioso, offrendogli quelle più minute informazioni in proposito, già da noi tratteggiate, che esso aveva ogni diritto di attendere, ed aspettava ansiosamente molto tempo prima [12].

Dopo una nuova ricognizione alla fonte (31 maggio 1857) e nuove indagini chimiche sollecitate dalla I.R. Luogotenenza Veneta per arrivare ad una autorevole e definitiva chiarificazione di questa faccenda che si trascina ormai da due anni [13], la Commissione presenta i risultati dell'intenso lavoro all'I.R. Istituto Veneto nell'adunanza del 26 luglio 1857. Le conclusioni a cui arriva sono tranquillizzanti per l'opinione pubblica e mettono definitivamente a tacere le comprensibili critiche del Fasoli e Della Torre e il meno giustificato accanimento del Ragazzini, probabilmente legato a passate divergenze con Giovanni Bizio.

Questa inaspettata diatriba con il docente patavino ha però rallentato i lavori della Commissione che nella relazione annuale per il 1857 non manca di riferire l'accaduto:

I primi mesi pertanto dell'anno corrente furono occupati nel proseguire i lavori già incominciati nel precedente autunno sopra le sei fonti minerali del comune di Recoaro, e quei lavori trovansi ormai nel mese di maggio condotti ad un termine dato che i sottoscritti si propongono di poterli presentare del tutto compiuti nell'epoca autunnale.

Senonché, nel predetto mese il prof. Ragazzini di Padova pose in campo la questione dell'arsenico nell'acqua minerale del monte Civillina, ed i sottoscritti furono chiamati dall'I.R. luogotenenza ad occuparsi di questo argomento con tutta sollecitudine. I due mesi di giugno e luglio, passati in assiduo continuato lavoro, furono necessari a compierlo ... La predetta straordinaria occupazione tornò a danno dei lavori sopra le acque minerali di Recoaro che giacquero necessariamente abbandonate durante il periodo di tempo sopra notato ... [14].

### *Il lavoro continua.*

L'indagine sistematica delle fonti minerali che la Commissione si era proposta riprende con vigore, ma dopo qualche tempo ritorna a procedere a rilento per eventi anche gravi che si verificano in quegli anni. Nel 1859 Bizio si deve recare per tre anni a Vienna presso il laboratorio di chimica di quell'università da dove può collaborare in misura assai ridotta. Nel maggio 1860 muore il preziosissimo professor Massalongo, sostituito da Luigi Maria Rossi che purtroppo decede nel dicembre 1861 senza poter rendere noti i risultati dei suoi lavori. Viene chiamato a succedergli Giulio Andrea Pirona (1822-1892). Nel 1862 ritorna Bizio ed il lavoro riprende con regolarità, ma nel maggio 1863 muore ancor giovane Pietro Pisanello che si era occupato di tutta la parte chimico analitica in assenza del Bizio e che ora ricade tutta su quest'ultimo (qualche incarico saltuario verrà affidato al farmacista Antonio Galvani [15]).

Il primo lavoro pubblicato riguarda le acque della provincia di Vicenza, in particolare di Recoaro, che a quel tempo è senza dubbio la più conosciuta località per cure idropiniche del Veneto. Le fonti da analizzare sono parecchie, le Fonti Regie (Lelia, Amara, Lorgna, Giuliana) e alcune private (Capitello, Franco). Gli studi geologici (Massalongo), la ricca bibliografia (Pazienti), i risultati chimico-analitici (Bizio, Pisanello) con la descrizione dettagliata dei metodi usati e le considerazioni mediche sull'uso terapeutico delle acque (Namiias), vengono riportati negli atti dell'I. R. Istituto Veneto di scienze lettere ed arti e nel 1862 raccolti nella prima parte della *Monografia delle acque minerali del Veneto* (Tip. Antonelli VE).

Le determinazioni chimiche avranno validità per molti anni, come testimonia una relazione del 1932 di Oddo Casagrandi, direttore dell'Istituto di Igiene della R. università di Padova:

... Ripoto tra dette analisi [di Recoaro] quelle del Bizio e questo perché confrontandole con le nostre risultano quantitativamente e qualitativamente sufficientemente concordanti tanto da poter concludere che almeno da 70 anni a questa parte la composizione delle acque esaminate non è sensibilmente cambiata [16].

Gli sforzi per la realizzazione della *Monografia* che è forse uno dei più rilevanti lavori scientifici della gestione austriaca [17], richiede, per molti anni, un notevole onere finanziario. Bizio e Pazienti sembrano percepire una certa impa-

zienza da parte delle autorità e in una periodica relazione per la richiesta di fondi (4 giugno 1865), difendono il loro modo di operare.

Il nostro lavoro continua sempre senza interruzione: ma conviene ben por mente alla quantità del lavoro domandato. Il primo chimico analista vivente, il Prof. Fresenius, incominciò nel 1851 a pubblicare una guida di Monografia delle più importanti acque di Nassau, e per darci 7 analisi impiegò 11 anni. Le analisi di Fresenius sono quali le richiede lo stato attuale della scienza, e tali sono da noi altresì richieste dalla magistratura e dal pubblico [18].

L'ultimo lavoro della Commissione, del 1878, riguarda l'analisi chimica dell'acqua minerale di Valgrande nel Comelico Superiore, ma il suo mandato è di fatto cessato l'anno precedente. Alla domanda di analisi chimiche delle proprie fonti da parte di un comune del padovano, infatti, il vicesegretario dell'Istituto Veneto in data 13 luglio 1877 risponde:

La commissione incaricata della Monografia delle acque minerali delle Provincie Venete presso questo Reale Istituto ... ha da qualche tempo compiuto il suo lavoro. Dietro ciò non è possibile prendere in considerazione la domanda di codesto Municipio, non avendo l'Istituto i mezzi di soddisfarvi, né ulteriore mandato in proposito ... [19].

Quando sospende l'attività, sembra proprio per mancanza di adeguati finanziamenti, la Commissione ha però approfonditamente analizzato le principali fonti delle province di Vicenza e Padova: Recoaro, Staro, Civillina, Vegri, Torrebeldicino, Monte Ortona, S. Daniele, Costa d'Arquà, Terme Euganee, Pejo, Valgrande.

#### *I metodi analitici.*

Bizio e Pisanello prima di descrivere dettagliatamente i metodi qualitativi e quantitativi (mi riferisco principalmente alle determinazioni sulle acque di Recoaro) presentano il piano generale del lavoro analitico adottato e tutti gli accorgimenti per la raccolta e la conservazione dei campioni da analizzare nel laboratorio della Scuola Reale Superiore di Venezia.

In base alla qualità dei «mineralizzatori» principali dell'acqua in esame deducono la probabile presenza o assenza di altre sostanze e quindi, per alcuni analiti, eseguono direttamente l'analisi quantitativa senza una preliminare qualitativa con notevole risparmio di tempo. Già alla sorgente sottopongono l'acqua, prima e dopo ebollizione, all'azione di alcuni reagenti, secondo un protocollo a quel tempo consolidato, e dal loro comportamento ne rilevano la composizione qualitativa. Ogni risultato quantitativo, riferito a 10.000 o a 1000 grammi di acqua, sarà la media di più determinazioni concordanti e, per ridurre gli errori dovuti alle troppe manipolazioni su uno stesso campione in seguito a procedimenti di separazione, rendono il più possibile indipendenti le determinazioni destinando ad ogni saggio una diversa aliquota di acqua.

Per quanto riguarda la raccomandazione dei chimici dell'epoca (Berzelius,

Fresenius, ecc.) di risalire alla concentrazione di sostanze presenti in piccolissima quantità dall'analisi dei depositi e sedimenti che si ritrovano presso la sorgente o lungo il percorso dell'acqua minerale, Bizio e Pisanello, pur non trascurando questa via, preferiscono ricorrere al metodo più esatto e sicuro di lavorare sull'acqua madre ottenuta per evaporazione, effettuata già nei pressi della fonte, di grandi volumi di campione:

La evaporazione in fatti fu eseguita in una stanza messa gentilmente a nostra disposizione dal sig. medico ispettore della fonte [Recoaro], e che veniva da noi stessi chiusa a chiave. L'acqua collocata in ampie capsule di porcellana evaporata lentamente mediante il calore somministrato da grandi lampade a spirito di vino, che a quest'oggetto erano state da noi appositamente fatte costruire per toglierci dalla necessità di adoperare il carbone quale combustibile, e metterci così al sicuro dalla cenere, che ben facilmente può in tal caso cadere nell'acqua ed inquinare la purezza. Per eccesso inoltre di cautela, ciascuna capsula era al disopra guarentita da uno dei consueti ripari di carta tesa dentro apposito telaio circolare di legno [20].

L'esame fisico ed organolettico (temperatura, limpidezza, colore, odore, sapore, peso specifico) e molti riconoscimenti qualitativi vengono, come già detto, effettuati alla fonte. Il peso specifico è misurato col picnometro, la reazione chimica è rilevata con carte di tornasole; l'acido solfidrico dall'annerimento di cartine imbevute di acetato di Pb; l'acido carbonico libero ( $\text{CO}_2$ ) o semicombinato (bicarbonati) dal precipitato copioso, o solo dalla lattescenza, del campione trattato con acqua di calce o di bario; i solfati («acido solforico  $\text{SO}^3$ ») dal precipitato polverulento pesante di  $\text{BaSO}_4$  per aggiunta di  $\text{BaCl}_2$  al campione acidulato con HCl; i cloruri («cloro») con nitrato di Ag; i fosfati («acido fosforico  $\text{PO}^3$ ») con molibdato ammonico; il calcio («calce  $\text{CaO}$ ») dal precipitato bianco cristallino insolubile di ossalato di calcio; il ferro con ferrocianuro di potassio (prussiato giallo) o con tintura di noci di galla e le sostanze organiche per intorbidamento o colorazione bruna del campione saggiato con cloruro d'oro, ecc. Altre indagini che necessitano di strumenti vengono eseguite nel laboratorio di Venezia: l'arsenico è rivelato con l'apparecchio di Marsh e il litio e stronzio, presenti in tracce, con lo spettroscopio di Kirchhoff e Bunsen.

La maggior parte delle analisi quantitative sono effettuate con metodi gravimetrici: l'ammoniaca come platino da  $(\text{NH}_4)_2\text{PtCl}_6$  scomposto per calcinazione; i solfati come  $\text{BaSO}_4$  (« $\text{BaO}, \text{SO}^3$  solfato di barite») precipitati con  $\text{BaCl}_2$  e «roventati in crogiuolo di platino»; i cloruri come  $\text{AgCl}$  in ambiente acido; il calcio fatto reagire con ossalato ammonico e portato a «calore rosso»; la «magnesia  $\text{MgO}$ » precipitata con fosfato ammonico dalla soluzione in cui è stato separato il calcio; ecc. Il ferro viene determinato per via volumetrica col metodo di Marguerite (1846) titolando con soluzione di  $\text{KMnO}_4$  il ferro ridotto con Zn metallico; per la quantificazione dello «iodio» viene titolato l'estratto in solfuro di carbonio con iposolfito di sodio. I gas disciolti (ossigeno, azoto) sono raccolti alla sorgente facendoli gorgogliare per riscaldamento da un matraccio contenente

l'acqua in un tubo di vetro, chiuso poi con la fiamma, attraverso potassa caustica che trattiene l'acido carbonico. In laboratorio vengono dosati con il metodo di Bunsen che prevede il loro passaggio attraverso un tubo di assorbimento dove l'ossigeno viene raccolto su una pallina di carta bibula imbevuta di pirogallato potassico e quantificato per pesata; il volume del restante gas viene attribuito all'azoto. L'acido carbonico è misurato dall'aumento di peso di un tubo contenente calce sodata nel quale è stato fatto svolgere l'acido di una esatta quantità di acqua mediante HCl (metodo di Fresenius).

#### *Espressione dei risultati analitici.*

Un problema molto complesso per i chimici dell'800 è il modo di formulare i risultati analitici delle acque esaminate proponendo le probabili combinazioni dei metalli e dei radicali acidi nell'acqua. Non essendoci alcun accordo fra i chimici sul modo di procedere, le modalità di calcolo e di espressione dei risultati sono lasciate alla scelta personale di ciascun analista.

Con l'«analisi sperimentale» o «pratica» vengono determinati i componenti di un'acqua esprimendoli come ossidi metallici e anidridi acide secondo la teoria dualistica di Berzelius (risultati diretti).

Ma per lo studio delle acque in generale, e per la medicina in specie, quest'analisi non è sufficiente. Per molti riguardi conviene conoscere come i componenti delle acque trovati siano fra loro combinati; in altri termini, conviene sapere quali sorta di sali si trovino nelle acque naturali [21].

Si deve allora ricorrere all'«analisi sistematica» ossia «teorica» interpretando i risultati dell'analisi sperimentale.

Pur troppo, finora questo problema non fu ancora risolto in modo soddisfacente, sicché i chimici non avendo ancora potuto trionfare delle gravi difficoltà che incontrarono, sogliono appigliarsi ad ipotesi; e ciascun sperimentatore impiega una formola particolare per esprimere la composizione della stessa acqua. Questa formola si deduce in parte dalle proprietà fisiche e terapeutiche dell'acqua, in parte dai risultati dell'analisi pratica. Da questo stato d'incertezza provengono in gran parte le discordanze che si osservano nello esprimere la composizione della stessa acqua analizzata in epoche diverse e da vari chimici (Selmi, 1868) [22].

Bunsen e Fresenius, a questo riguardo, consigliano di rappresentare i risultati dell'analisi delle acque minerali in due prospetti, l'uno con i risultati diretti, l'altro con la composizione probabile calcolata su fondamenti in parte arbitrari e di riportare anche i metodi analitici in modo che la determinazione mantenga il suo valore nel tempo e possa quindi servire per verificare la costanza della composizione dell'acqua. Quanto ai principi secondo cui si combinano gli acidi con le basi per formare i sali, Fresenius ricorda che essi si uniscono secondo la

loro affinità relativa, cioè le basi più forti con gli acidi più forti ecc., tenendo conto della solubilità dei sali. Così, per esempio, l'«acido solforico» trovato («SO<sup>3</sup>») si calcola in combinazione con la «calce» e l'eccesso, se vi è, con altre basi («stronziana» «SrO» ecc.). Se è la «calce» in eccesso rispetto all'«acido solforico», l'eccesso si calcola in combinazione con l'«anidride carbonica» ed eventualmente con il «cloro» e così via. Data l'arbitrarietà del procedimento, a seconda della maniera con cui verrà fatto il calcolo, si potrà, con gli stessi risultati diretti, arrivare a risultati calcolati dissimili [23, 24].

Bizio e Pisanello si attengono alle direttive indicate, riportano sempre sia i risultati diretti sia «il modo verosimile di combinazione degli acidi e delle basi in 10.000 parti in peso di ciascuna acqua» (Fig. 1), nonché il dettagliato procedimento analitico, dalla raccolta dei campioni al calcolo dei risultati.

### *I chimici della commissione.*

GIOVANNI BIZIO (Venezia 17 marzo 1823 - Venezia 19 aprile 1891). Figlio del grande Bartolomeo Bizio, segue le orme paterne e nel 1847 si laurea in chimica a Padova dopo aver conseguito anche la laurea in filosofia. Riceve subito l'incarico di assistente alla cattedra di storia naturale che lascia in seguito alle vicende politiche del 1848. Dal 1851 è professore supplente di chimica e storia naturale alla Scuola Reale Superiore di Venezia, e nel 1858, prima di assumere l'incarico permanente di insegnante di chimica nella scuola stessa, viene inviato a frequentare il laboratorio del professor Redtembacher (1810-1870) all'università di Vienna. Vi trascorrerà tre anni ricevendo una solida impostazione scientifica a contatto con eminenti studiosi e con la possibilità di poter subito conoscere e sperimentare le nuove scoperte nel campo della chimica, soprattutto analitica, alla quale è particolarmente rivolto il suo interesse. Valga come testimonianza dell'effervescenza e dell'entusiasmo di quegli anni, della rapidità con cui si diffondono le numerose scoperte scientifiche, di come Bizio intuisca subito i vantaggi della loro pratica applicazione e quale interessante documento della nascita della spettroscopia, della quale Bizio sarà un convinto divulgatore e primo chimico ad usarla in Italia, una sua relazione inviata da Vienna nel marzo 1861 ai soci dell'I.R. Istituto Veneto di scienze lettere ed arti

... Tostoché il Bunsen ed il Kirchhoff resero note le importanti loro ricerche [Chemische Analyse durch Spectralbeobachtungen. Annalen der Physik und Chemie 1860, 110:161-89, 1861; 113:337-81], il prof. Redtembacher si adoperò per avere il nuovo apparato [spettroscopio], che precisamente a questi di ci pervenne da Monaco nel laboratorio. Il chimico, il quale per la prima volta si veggia, in modo sì semplice, manifesti all'occhio corpi, alla ricerca dei quali dovea dedicare alcuna volta le più lunghe cure, non può non rimanere colto dalla più grata meraviglia; e tale fu certamente la mia quando, ripetendo alcuna delle ricerche additate dal Bunsen e dal Kirchhoff, col solo immergere, per esempio, nella fiamma l'estremità incenerita di uno zigarro, lievemente umettata con una

Composizione in 10,000 parti in peso di ciascuna delle seguenti acque minerali di Recoaro

	SELVA	SAVIO	LONGA	CATELLO o MARZANA	DEL FRANCO	GRADINA
<b>a) Sostanze volatili</b>						
Gas acido carbonico libero	11,6217	13,1087	12,7365	14,3756	18,2922	7,6891
» acido carbonico dei bicarbonati	3,7943	3,4390	3,3646	3,1578	3,0667	1,8019
» azoto	0,0060	0,0050	0,0220	0,0080	tracce	0,0060
» ossigeno	0,0880	0,0810	0,0910	0,0400	0,0040	0,1070
Acqua pura	9953,6903	9957,1367	9958,9218	9973,2411	9970,7485	9983,9328
<b>b) Sostanze fisse</b>						
Cloro	0,0593	0,0032	0,0038	0,0246	0,0036	0,0119
Acido solforico	12,0176	11,1374	10,4218	1,3763	0,3112	0,2173
» iodico	0,0010	0,0006	0,0007	0,0008	0,0010	0,0009
» silicico	0,1271	0,1164	0,1695	0,2079	0,0566	0,2385
» carbonico	3,7943	3,4390	3,3646	3,1578	3,0667	1,8019
Perossido di ferro	0,2870	0,2048	0,2284	0,2531	0,2142	0,1775
» di manganese	0,0199	0,0041	0,0162	0,0221	0,0205	0,0117
Calcio	26,0195	9,4278	8,7373	8,3728	1,9028	4,4019
Magnesio	2,2470	2,1589	2,0696	1,2853	1,1679	0,7720
Sottossido	0,0009	0,0006	0,0007	0,0005	0,0005	0,0005
Potassa	0,0847	0,0942	0,0737	0,1101	0,1129	0,0629
Soda	0,1422	0,1514	0,1221	0,1697	0,2307	0,1388
Ammoniaca	0,0117	0,0097	0,0264	0,0254	0,0360	0,1425
Allumina	tracce	tracce	tracce	tracce	tracce	tracce
Litio	tracce	tracce	tracce	tracce	tracce	tracce
Materia organica	tracce	tracce	tracce	tracce	tracce	tracce
	10000,0000	10000,0000	10000,0000	10000,0000	10000,0000	10000,0000
Densità determinata dalle sostanze fisse	28,0580	26,2210	24,8955	9,3395	7,8995	4,5280

Modo venosissimo di combinazione degli acidi e delle basi in 10,000 parti in peso di ciascuna delle seguenti acque minerali di Recoaro

	SELVA	SAVIO	LONGA	CATELLO o MARZANA	DEL FRANCO	GRADINA
<b>a) Sostanze volatili</b>						
Gas acido carbonico libero	11,6217	13,1087	12,7365	14,3756	18,2922	7,6891
» acido carbonico dei bicarbonati	3,7943	3,4390	3,3646	3,1578	3,0667	1,8019
» azoto	0,0060	0,0050	0,0220	0,0080	tracce	0,0060
» ossigeno	0,0880	0,0810	0,0910	0,0400	0,0040	0,1070
Acqua pura	9953,7818	9957,1329	9958,9548	9973,2560	9970,7313	9983,9353
<b>b) Sostanze fisse</b>						
Carbonato di perossido di ferro	0,4624	0,1390	0,1680	0,4037	0,1329	0,2824
» di perossido di manganese	0,0322	0,0238	0,0252	0,0338	0,0279	0,0189
» di calcio	7,6913	7,4659	7,2616	4,7541	5,4720	1,8122
» di manganese	0,0417	0,0018	0,0148	1,9889	2,3117	1,6388
» di sodio	—	—	—	0,1533	0,0480	0,1370
Cloruro di magnesio	0,0513	—	0,0185	—	—	—
» di sodio	—	—	—	0,0106	0,0024	0,0220
Solfato di calcio	12,4316	11,2914	10,4823	0,1260	0,1048	0,1748
» di magnesio	6,6827	6,1854	5,9964	1,5751	0,0771	0,1075
» di stronziana	0,0016	0,0011	0,0012	0,0009	0,0009	0,0007
» di potassa	0,1562	0,1743	0,1360	0,2096	0,2049	0,1152
» di sodio	0,3273	0,3467	0,2796	0,3799	0,5113	0,1739
» di ammoniaca	0,0029	0,0030	0,0030	0,0645	0,0914	0,0367
Fosfato di allumina	0,0017	0,0010	0,0012	0,0014	0,0017	0,0009
Acido silicico	0,1271	0,1164	0,1695	0,2079	0,0566	0,2385
Solfato di litio	tracce	tracce	tracce	tracce	tracce	tracce
Materia organica	tracce	tracce	tracce	tracce	tracce	tracce
	10000,0000	10000,0000	10000,0000	10000,0000	10000,0000	10000,0000

goccia di acido cloridrico, mi vidi distintamente palesati in quella cenere il sodio, il calcio, il potassio ed il litio. Alcune acque minerali, delle quali era appena sufficiente un litro per potervi, coi soliti metodi analitici, notare la presenza di questo metallo, il dimostrano ora distintissimo, col mezzo sopraccennato, evaporando solo qualche gocciolina di acqua che può rimanere aderente all'uncino di un filo di platino; del che potei io stesso convincermi facendo adesso la pruova con un'acqua salata della Galizia... Se io mi diedi sollecitudine di presentare tali fatti all'attenzione di questo distinto corpo scientifico, non è coll'intendimento di dare importanza all'esistenza del litio nelle acque in cui fu da me rinvenuto, ma bensì di profittare dell'occasione di essere stato uno tra' primi a poter ripetere le ricerche del Bunsen e del Kirchhoff, per rendere partecipi i miei connazionali di una nuova via che, apertasi possiamo dire in questi giorni, non oltrepassò peranco i confini della Germania. Io sono convinto che quindi innanzi l'apparecchio dei prefati due autori dovrà mostrarsi nel laboratorio del chimico a lato dell'armadio dei comuni reagenti [25].

In seguito si reca in Germania dove per alcuni mesi lavora con Bunsen ad Heidelberg.

Nel 1862 riceve due offerte, che però rifiuta, di insegnamento universitario, la prima come supplente temporaneo di R. Piria a Torino, l'altra come cattedratico di chimica organica a Napoli.

Nel 1865 concorre, senza successo, alla cattedra di chimica organica all'università di Torino, resasi vacante per la morte del Piria.

Per quattro anni (1865-1869) è chimico ispettore all'ospedale generale di Venezia con l'incarico di eseguire analisi chimico cliniche.

Autore di più di 100 pubblicazioni, fu socio di varie accademie ed ebbe numerose onorificenze [26].

PETRO PISANELLO (Venezia 2 luglio 1816 - Venezia 14 maggio 1863). Per tradizione familiare e per la sua inclinazione alle discipline scientifiche, viene indirizzato agli studi di farmacia all'università di Padova dove nel 1836 ottiene il magistero. Ma l'esercizio dell'arte farmaceutica non soddisfa il giovane Pietro che aspira alla carriera dell'insegnamento della chimica e al lavoro di ricerca. In seguito al decreto vicereale del marzo 1838, che modificava la normativa in vigore, gli è possibile iscriversi al terzo anno della laurea in chimica dopo aver frequentato i prescritti due anni di corso filosofico al liceo di Venezia. Il 23 febbraio 1840 Pisanello consegue il titolo accademico di dottore in chimica (è il secondo laureato in chimica a Padova), e in ottobre gli viene assegnato il posto di assistente del Ragazzini alla cattedra di chimica. Nel 1843 è incaricato di sostituire per qualche tempo il docente, compito che assolve con competenza, preoccupandosi non solo di seguire con ogni cura gli studenti, ma anche di mantenere l'attrezzatura del laboratorio al passo con il rapido progredire della chimica, guadagnandosi così la stima e l'amicizia dei discepoli e dello stesso cattedratico. Nel novembre 1844 gli viene affidata per alcuni mesi una supplenza alla cattedra di scienze preparatorie al corso di chirurgia, incarico che ancora

una volta svolge con eccezionale cura tanto che il governo esprime al Pisanello «la particolare sua soddisfazione per le premurose, intelligenti e straordinarie prestazioni ...» [27]. Nel 1845 consegue anche la laurea in filosofia e terminato il periodo di assistentato, non essendoci cattedre universitarie disponibili, torna a Venezia dove inizia la carriera di insegnante nelle scuole pubbliche che purtroppo non sarà molto fortunata. Nel luglio 1845, con le buone credenziali e titoli accademici acquisiti, viene chiamato a supplire il professor Bartolomeo Bizio alla cattedra di chimica applicata e storia naturale nella I.R. Scuola tecnica per un semestre restando poi come suo assistente. Nel 1851 quando Bizio, per l'aggravarsi del suo stato di salute, deve lasciare definitivamente l'insegnamento, Pisanello ne occupa il posto fino al 1863 ma sempre come supplente. Purtroppo non riesce a cogliere l'occasione di diventare titolare della cattedra avvalendosi della norma promulgata dal ministero nel 1858 secondo cui l'aspirante al posto deve frequentare per un biennio i principali laboratori tedeschi di chimica e sostenere poi un esame. Pisanello in quel momento non si sente di affrontare un simile sacrificio. Quando finalmente, spronato dagli amici e convinto dei vantaggi che ne sarebbero derivati per la sua carriera e per la sua cultura, decide di accettare è ormai troppo tardi, è stato già scelto un altro candidato (Giovanni Bizio) suo caro amico e collega. Riesce però comprensibile la titubanza del Pisanello, a 42 anni non è facile lasciare la moglie e numerosi figli per un periodo tanto lungo e una destinazione tanto lontana. Deve quindi in seguito rinunciare all'insegnamento della chimica, materia che gli è tanto cara e congeniale, e tenere solo la supplenza di storia naturale (soltanto poco prima di morire affronta gli esami per il posto definitivo). Questi fatti provocano nel Pisanello una grave depressione che alcuni ritengono possa averlo indebolito e reso facile preda del tifo che doveva condurlo a morte nel volgere di pochi giorni. Tanto repentina ed inattesa fu la sua morte che a Venezia si sparse addirittura la voce che si fosse accidentalmente avvelenato con sostanze chimiche nel corso dei suoi esperimenti.

L'impegno di Pisanello non fu rivolto solo alla scuola, la sua ottima preparazione lo pone in condizione di esercitare con successo la libera professione di chimico ed infatti è spesso incaricato dalle autorità per perizie chimico-legali.

Nel 1847 viene nominato con i chimici Bizio e Zantedeschi ed i farmacisti Galvani e Cardo, a far parte della commissione per la potabilità delle acque dei pozzi perforati a Venezia e per l'eventuale studio dei metodi per la purificazione. Fu membro di numerose altre commissioni in cui si richiedeva la presenza di un chimico competente ed appunto fra queste, dal 1856, la commissione per la monografia delle acque minerali del Veneto.

Fu socio onorario dell'Ateneo Veneto, socio corrispondente dell'I.R. Istituto Geologico di Vienna e dell'Accademia dei Concordi di Rovigo.

I suoi lavori vertono principalmente sulle analisi di fonti minerali ed una approfondita analisi dell'acqua del Canal Grande [28].

ANTONIO PAZIENTI (Venezia 26 ottobre 1819 - Vicenza 18 agosto 1891). Si laurea in chimica a Padova nel 1846 e subito gli viene conferito l'incarico di assistente alla cattedra di chimica. Nel 1848 torna a Venezia dove combatte valorosamente a fianco del Manin e presta anche la sua opera come chimico nella commissione militare delle polveri.

Caduta Venezia Pazienti inizia la sua carriera che è volta all'insegnamento. Per ottenere la titolarità di una cattedra nella scuola pubblica, secondo i regolamenti austriaci, bisogna partecipare ai rigorosi concorsi per esami indetti dal ministero e da questi «rifuggì sempre il suo animo fiero poiché per la sua posizione accademica e per la fama già acquistata, parevano umilianti» [29]. Inizia ad insegnare fisica e storia naturale, come supplente, al liceo «S. Caterina» di Venezia e poi fisica, sempre con incarico provvisorio, al liceo di Vicenza. Ma, sia per la situazione di provvisorietà in cui continua a trovarsi, sia per i suoi sentimenti fortemente italiani, nel 1859 si ritira a vita privata. Nel 1866 quando il Veneto passa all'Italia gli viene offerta dal governo la cattedra di fisica al liceo di Vicenza, incarico che accetta con entusiasmo e riconoscenza e che detiene fino al suo collocamento a riposo nell'autunno 1887, rifiutando con decisione nel 1868 la nomina al liceo «Foscarini» di Venezia. Pazienti è molto legato a Vicenza dove passa il periodo più fecondo della sua vita, viene eletto socio dell'Accademia Olimpica di questa città nel 1853 e presidente della commissione di vigilanza della biblioteca civica. Anche dalla natia Venezia ottiene riconoscimenti per i suoi meriti scientifici che svolge contemporaneamente all'insegnamento. Diviene infatti socio dell'Ateneo di Venezia (1850) e membro effettivo dell'Istituto Veneto di scienze lettere ed arti (1856). L'attività di insegnante lo porta a produrre numerosi testi scolastici di fisica, ma interessanti sono anche i suoi lavori sull'elettricità, con alcune ricerche sulla conducibilità e sull'induzione elettrica, e le pregevoli pubblicazioni di termodinamica sulla teoria dinamica del calore, sulla velocità del suono in diversi gas, vapori e metalli e sull'equivalente dinamico della caloria. Poche invece le pubblicazioni di chimica che si limitano ad alcuni lavori di chimica analitica.

BIBLIOGRAFIA

- [1] *Monografia delle acque minerali del Veneto. Articolo II. Considerazioni generali intorno all'importanza dell'analisi chimica delle acque minerali*, G. Bizio, P. Pisanello, AIV, t. IX, s. III, 1863-64, pp. 276-277.
- [2] *Nota sulla scoperta dell'arsenico nell'acqua minerale ferruginosa di Cavillina, detta Acqua Castellana*, G. Bizio, AIV, t. I, s. III, 1855-56, p. 169 (adunanza del 25 marzo 1855).
- [3] BASSANI A., *La chimica dell'800 nelle istituzioni. Il caso di Francesco Ragazzini* (10/1/1799-17/8/1873). In corso di stampa nei quaderni per la storia dell'Università di Padova.
- [4] ARIV, *Busta acque minerali, 1853-64, Rapporto sulla convenienza di intraprendere nuove analisi delle acque minerali delle Provincie Venete, 23 novembre 1855*. B. Bizio, A. Galvani, B. Zambra (relatore).
- [5] ARIV, *Busta acque minerali, 1855-64, I.R. Luogotenenza veneta, Lettera alla presidenza dell'Imp. Regio Istituto di scienze lettere ed arti in Venezia, 15 marzo 1856*.
- [6] GIORDANI V., *L'insegnamento della farmacia all'Università di Padova fino alla prima laurea in chimica, il 13 dicembre 1838*, in «Atti e Memorie dell'Accademia italiana di storia della farmacia», 1990; 7:9-37.
- [7] *Monografia delle acque minerali del Veneto. Considerazioni generali intorno all'importanza dell'analisi chimica delle acque minerali ed intorno al piano generale dell'analisi di quelle delle provincie venete*, G. Bizio, P. Pisanello, AIV, t. IX, s. III, 1863-64, p. 276.
- [8] FISOLI G.B., DALLA TORRE G., *Rimostranza necessaria e urgente*, GFC, 1856; 2:173.
- [9] DALLA TORRE G., FISOLI G.B., *Questione dell'arsenico; considerazioni*, GFC, 1857; 3:257-61.
- [10] *Monografia delle acque minerali del Veneto. Nota sopra l'esistenza dell'arsenico nelle acque minerali*, A. Pazienti, e discussione relativa coi num.ec. Massalongo, G. Bizio e Pisanello, AIV, t. II, s. III, 1856-57, p. 53.
- [11] RAGAZZINI F., *Ricerche particolari sull'arsenico nell'acque*, GFC, 1857, 3:209-12.
- [12] DALLA TORRE G., FISOLI G.B., *Questione dell'arsenico; considerazioni*, GFC, 1857; 3:257-61.
- [13] DALL'OLIO G., *La scoperta dell'arsenico nell'acqua della fonte Cavillina: una disputa durata due anni*, «Appunti, vita della valle dell'Agno», 1991; 3:35-40.
- [14] ARIV, *Busta acque minerali, 1853-64, Lettera alla presidenza dell'I.R. Istituto di scienze lettere ed arti, Venezia 20 ottobre 1857*, Pazienti, Massalongo, Bizio, Pisanello.
- [15] ARIV, *Busta acque minerali, 1863-79, Ricontro dell'incarico avuto da parte di G. Bizio «per lo incarico chimico delle acque minerali n°486 24/11/1867», indirizzato alla presidenza del R. Istituto Veneto, firmato Antonio Galvani chimico farmacia, Venezia 5 dicembre 1867*.
- [16] CASAGRANDE O., *Acque minerali ferruginose e ferruginose-arsenicali naturali, mutilate e stabilizzate*, «Atti del Congresso Naz. di Talassoterapia, Idrologia, Climatologia e Terapia Fisica», Viareggio-Montecatini 25-30 maggio 1932.
- [17] BASSANI A., *La chimica dell'800 ...*, cit.
- [18] ARIV, *Busta acque minerali, 1863-79, Relazione alla presidenza dell'I.R. Istituto Veneto, Venezia 4 giugno 1865*.
- [19] ARIV, *Busta acque minerali, 1863-79, Lettera del vicesegretario del R. Istituto Veneto «All'onorevole municipio di Baone», Venezia 13 luglio 1877*.
- [20] *Monografia delle acque minerali del Veneto. Articolo IV. Caratteri fisico-chimici delle acque minerali di Recoaro e principali saggi qualitativi sopra le medesime*, G. Bizio, P. Pisanello, AIV, t. IX, s. III, 1863-64, p. 288.

- [21] *Enciclopedia di Chimica*, diretta da F. Selmi, UTET, Torino 1863; 1:357-67.  
[22] *Ibidem*, 365-366.  
[23] FRESNUS R., *Traité d'analyse chimique quantitative*, Masson, Parigi 1905.  
[24] *Nuova Enciclopedia di Chimica*, fondata diretta da I. Guazesi, UTET, Torino 1924; III:507. Ristampa stereotipa.  
[25] BIZZO G., *Nuovo soccorso analitico scoperto dai signori Bunsen e Kirchhoff, studi sperimentali che ne rilevano l'utilità e l'importanza*, GFC, 1861; 7:178-81.  
[26] DALL'ORIO G., *Giovanni Bizzo chimico veneziano dell'ottocento*, in «Rendiconti dell'Accademia Nazionale delle Scienze detta dei XL, Memorie di Scienze Fisiche e Naturali», 1992; 110:394-411.  
[27] Calza, Necrologia, *Il prof. Pietro Pisanello*, «Giornale Veneto di Scienze Mediche», Venezia, 1863:827-34.  
[28] PAZIENTI A., *Commemorazione del professore Pietro dott. Pisanello*, Letta all'Ateneo Veneto nell'adunanza del 25 luglio 1863, Venezia 1863, Giuseppe Grimaldo.  
[29] *Commemorazione del m.e. prof. cav. Antonio Pazienti*, Manfredo Bellati, AIV, t. VI, s. VII, 1894-95:1125-37.

AIV = Atti dell'Istituto Veneto di scienze lettere ed arti, Venezia.

ARIV = Archivio dell'Istituto Veneto di scienze lettere ed arti, Venezia.

GFC = Gazzetta di Farmacia e di Chimica, Venezia.

GABRIELLA RAMBALDI (\*)

**Gli «Istrumenti» del Laboratorio di Chimica:  
documenti e testimonianze dell'attività didattica e  
di ricerca condotta nell'800 dall'Ateneo Genovese (\*\*)**

The Chemical Laboratory's «Istrumenti»: documents and evidence of the didactic activity and the research carried out by the University in Genoa during the 19th century.

**Summary** - Scientific instruments belonging to old Chemical Cabinet of the University of Genoa were recently ordered and partially restored. The main historical interest of this material is due to the presence in the period 1855-1861 of Professor Stanislao Cannizzaro who was the first that rationalized the problem of atomic and molecular weights giving capital importance to the determination of gas densities. The total number of the catalogued instruments is about 380, most of them referring to chemical preparation and analysis. Basing on pictures belonging to textbooks of the 19th century, some laboratory experiences have been repropose, thanks to the restoring of ancient apparatus.

Nell'Istituto di Chimica Generale sono stati recentemente recuperati e censiti gli strumenti scientifici appartenenti al vecchio «Laboratorio di Chimica» dell'Università di Genova.

È stato realizzato inoltre il restauro di alcune apparecchiature di pregio, si è curata la loro collocazione in armadi-vetrine d'epoca opportunamente adibite, e da ultimo si è affrontato lo studio del loro funzionamento ed uso.

Il recente ritrovamento dell'inventario di carico, redatto nel 1862, ha permesso di datare il nucleo di strumentazione più antico. Una notevole parte di tale materiale rappresenta la dotazione del laboratorio di Stanislao Cannizzaro che durante la sua permanenza a Genova (1855-1861) pubblicò il famoso «Sunto di un corso di filosofia chimica» nel quale chiari il problema dei pesi

(\*) Istituto di Chimica Generale, Università degli Studi di Genova.

(\*\*) Relazione presentata al V Convegno Nazionale di «Storia e Fondamenti della Chimica» (Perugia, 27-30 ottobre 1993).



Fig. 1 - Tavola tecnologica in olografia - Distillazione dello zolfo. Stabilimento in Cesena. Lenoir & Forster, 1890, Vienna.

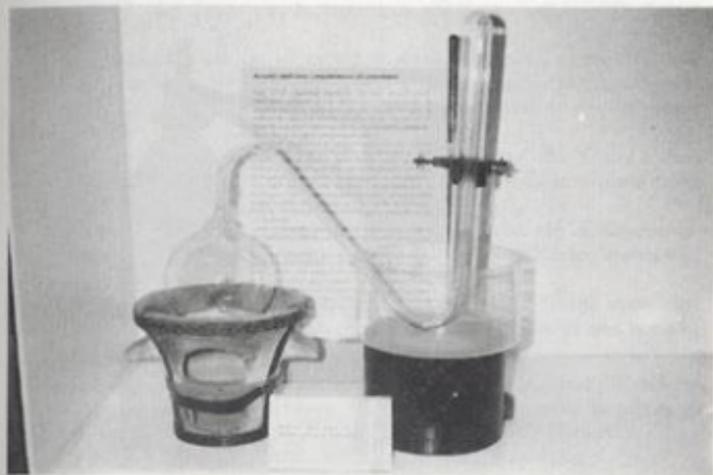


Fig. 2 - Analisi dell'aria. Epoca seconda metà XIX sec.

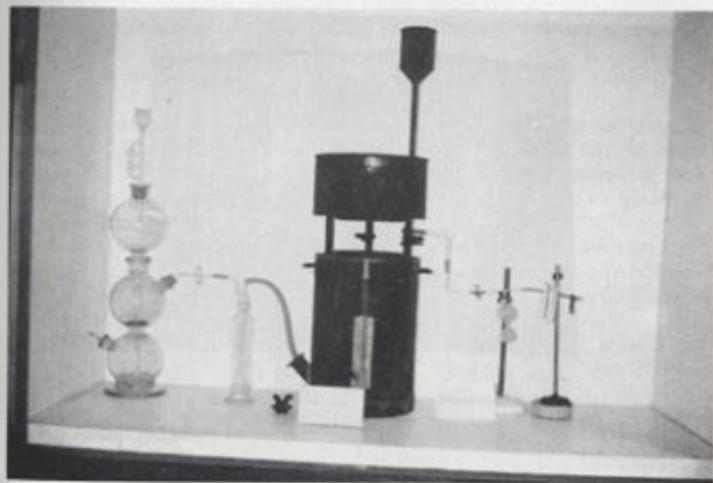


Fig. 3 - Produzione ed immagazzinamento di gas in laboratorio. Epoca XIX sec.



Fig. 4 - Apparecchio di distillazione di Gay-Lussac. Epoca XIX sec., anteriore al 1862.



Fig. 5 - Laboratorio di M. Fremy al Museum da «Les Laboratoires de Chimie» par M. Fremy, 1881, Paris.

atomici e molecolari dando grande importanza alla determinazione delle densità di vapore.

Sono stati inoltre ritrovati gli estratti di alcune comunicazioni presentate dal Socio Cannizzaro alla Accademia dei Lincei e diverse commemorazioni fatte in memoria di Cannizzaro, dopo la sua morte, da diversi scienziati suoi contemporanei.

Particolare attenzione merita la bilancia di precisione Collot Freres a Paris usata dallo stesso Cannizzaro durante la sua permanenza a Genova come risulta dalla lettera scritta da Raffaele Piria il 18 novembre 1857.

Da segnalare inoltre il ritrovamento presso il Dipartimento di Matematica, dell'estratto del «Sunto» con dedica autografa dell'autore all'amico matematico Tardy.

Non a caso una parte del patrimonio strumentale e librario recuperato rivela l'ambiente che Cannizzaro ebbe occasione di frequentare in quel periodo:

- Macedonio Melloni che conobbe a Napoli nel 1845;
- Michel Eugène Chevreul nel cui laboratorio di Parigi Cannizzaro si reca nel 1849 dove conosce Edmé Fremy che tiene le lezioni, quale supplente di Gay-Lussac, nel grande anfiteatro del Museum d'Histoire Naturelle;
- Jean Baptiste Dumas che studia le densità di vapore anomale.

Chevreul lavorò sulle sostanze coloranti e sul loro impiego nella tintura dei tessuti. Proprio per poter classificare i diversi colori con sicurezza, costruì un sistema di riferimento invariabile (circolo cromatico) riferendosi ai colori dello spettro solare.

Il laboratorio di Chimica fu ulteriormente arricchito dai successori di Cannizzaro.

Attualmente sono stati censiti 380 reperti databili fra l'inizio dell'800 e la prima metà del '900 che testimoniano le linee di ricerca seguite e l'attività didattica svolta, evidenziata anche dal ritrovamento delle Tavole murali di Von Schroeder e delle Tavole tecnologiche a colori, edite a Vienna da Lenoir & Forster.

Facendo riferimento a disegni tratti da testi ottocenteschi, sono state ricostruite alcune esperienze di laboratorio, collegando le singole apparecchiature d'epoca. Obiettivo di tale intervento è stato quello di evidenziare la funzione delle singole parti, non sempre facilmente intuibili, esplicitando tecniche preparative e di ricerca usate in passato, al fine di favorire la fruizione didattica dei singoli componenti. Per ogni esperienza è stata elaborata una scheda didattica che descrive il processo e le modalità d'uso delle sue parti componenti.

Le esperienze proposte vengono di seguito elencate:

- Analisi dell'acqua;
- Analisi dell'aria;
- Preparazione dell'azoto dall'aria;



*Al. Prof. William A. Tilden*  
*Promo il 13 Aprile 1898*  
*J. Lannuzari*

Fig. 6 - Fotografia tratta da «Cannizzaro Memorial lecture» tenuta da W. Tilden il 26 giugno 1912.

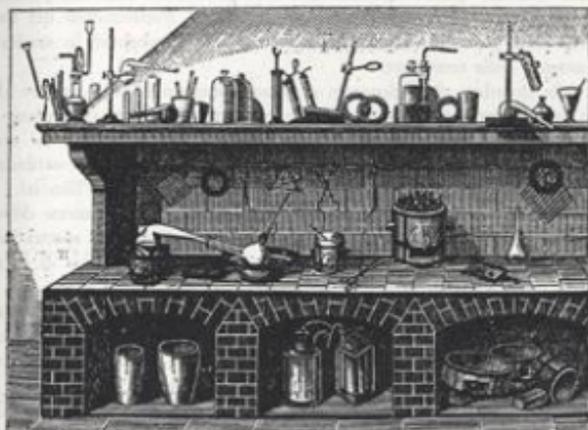
SUITE DE LA NOMENCLATURE  
**DES PRODUITS CHIMIQUES**

de la Maison A. NEUJEAN et E. DELAITE, de Liège

(Voir le commencement à la page précédente.)

Produits spéciaux pour verreries, cristalleries, émailleurs, tanneurs,  
brasseurs, distillateurs, savonniers, teinturiers, etc.

**APPAREILS DE LABORATOIRE**



A. NEUJEAN ET E. DELAITE A LIÈGE (BELGIQUE)

**PRODUITS GARANTIS PURS OU EXEMPTS DE FALSIFICATION**

*Des renseignements techniques sur leur emploi sont donnés gratuitement à nos clients par notre 'jeune' Alex. NEUJEAN, ingénieur-chimiste et docteur en sciences naturelles, ancien préparateur des cours de chimie de l'Université et de l'École des mines de Liège, délégué de Belgique au Congrès international d'Électricité de Paris de 1881, membre de la Société française des Ingénieurs civils, membre correspondant de la Société des sciences naturelles et climatologiques de l'Algérie.*

*Médaille d'or à l'Exposition internationale d'hygiène de Londres 1884.*

**LABORATOIRE, D'ANALYSES CHIMIQUES ET D'ESSAIS INDUSTRIELS**  
**Commission. — Exportation. — Importation.**

Fig. 7 - Pubblicità di attrezzatura da laboratorio. Agenda du Chimiste, Librairie Hachette et Cie, Paris 1885.

- Preparazione del solfuro di idrogeno;
- Immagazzinamento di gas in laboratorio;
- Distillazione di benzine commerciali con l'apparecchio di Kramer & Spilker.

È stata inoltre recuperata la strumentazione usata dai Prof. L. Rolla e L. Fernandes per realizzare l'isolamento dell'elemento 61 da essi chiamato Florenzio.

Tale ricerca venne condotta a Firenze nell'Istituto di Chimica Generale negli anni 1922-26.

La strumentazione recuperata, che compare fotografata nell'articolo pubblicato sulla Gazzetta Chimica Italiana (57,704) nel 1927, si trova ora presso l'Istituto di Chimica Generale di Genova a seguito del trasferimento del Prof. L. Rolla alla sede genovese nel 1935, sede nella quale continuò lo studio ed il frazionamento delle terre rare.

È utile ricordare che l'elemento a numero atomico 61, non ancora identificato in quegli anni, fu oggetto di numerose ricerche e di discussioni molto accese. Nel 1926 Hopkins, Harris e Yntema annunciavano la scoperta dell'elemento 61 in natura sulla base di esami spettroscopici. Essi attribuirono a tale elemento il nome di Illinium (dal nome dell'Università dell'Illinois).

Negli stessi anni Rolla e Fernandes, eseguendo la cristallizzazione delle terre ceriche sotto forma di solfati doppi con il tallio, studiando gli spettri Röntgen di assorbimento eseguiti dalla Prof. Brunetti in Arcetri, ritenevano di aver individuato la riga caratteristica dell'elemento 61.

Nel Giugno del 1924 Rolla e Fernandes, per non perdere la priorità della scoperta, depositarono in plico suggellato alla Reale Accademia dei Lincei una nota contenente i risultati raggiunti nella quale si annunciava la scoperta dell'elemento 61 per il quale essi proponevano il nome di Florenzio.

Molti scienziati in quegli anni intervennero criticamente su tale scoperta (Noddak, Prandl, Tackvorian ...), ma solo nel 1948 Marinsky e Glandenin individuano l'elemento 61 fra i prodotti di fissione dell'uranio; esso è radioattivo e quindi estremamente improbabile è la sua presenza stabile in natura.

Per esso gli autori proposero il nome di Prometeum.

BIBLIOGRAFIA

- PACLONI L., *Lettere a Stanislao Cannizzaro. Scritti e carteggi 1857-1862*, Quaderno n° 2, Seminario di Storia della Scienza, Palermo 1992.
- CHEVREUL M.E., *The principles of harmony and contrast of Colours and their application to the arts*, G. Bell and Sons, London 1910.
- SERRES L., *Traite de Chimie*, Paris 1894.
- REIGNAULT M.V., *Cours elementaire de Chimie*, Tm. 4, Paris 1860.

RAFFAELLA SELIGARDI (\*)

## **Il laboratorio di Giacomo Ciamician all'Università di Bologna (1890-1921) (\*\*)**

**Summary** - Giacomo Ciamician (1857-1922) was professor of organic and inorganic chemistry at the University of Bologna from 1889 to 1922. There he founded a chemical laboratory like those in Germany and Austria, where he studied. Although he never had the funding and the advanced laboratory apparatus of his colleagues beyond the Alps, the method of research adopted was similar. Thus Ciamician was the founder of a school of chemistry that, like Cannizzaro's, became a model for Italian chemists.

### *Giacomo Ciamician.*

Nel corso del XIX secolo, grazie allo sviluppo straordinario della chimica dovuto a nuove scoperte e a nuovi apparati, nacque un nuovo modello di laboratorio, promosso soprattutto in Germania da Liebig e Hofmann. Questo nuovo metodo di organizzazione del lavoro di laboratorio era ancora centrato sulla figura del maestro, ma gli allievi collaboravano con lui e tra di loro in base a una divisione del problema centrale in aspetti più semplici da esaminare in singole sottoricerche.

Il laboratorio di Giacomo Ciamician all'Università di Bologna fu, a mio avviso, uno dei primi tentativi in Italia di continuare l'opera di Cannizzaro nel creare luoghi di ricerca analoghi a quelli tedeschi (o francesi) coevi. Naturalmente, esistono notevoli differenze rispetto alla situazione della Germania, dovute, tra l'altro, alla situazione economica dell'Italia e alla quasi totale assenza di interesse da parte dell'industria, che qui purtroppo non ci è possibile esaminare in dettaglio.

(\*) CIS - Centro Internazionale per la Storia delle Università e della Scienza, Università di Bologna.

(\*\*) Relazione presentata al V Convegno Nazionale di «Storia e Fondamenti della Chimica» (Perugia, 27-30 ottobre 1993).

Giacomo Ciamician (1857-1922) studiò chimica a Vienna e a Giessen e collaborò, come assistente, col gruppo di Cannizzaro a Roma tra il 1880 e il 1887. Per circa venticinque anni, tra il 1880 e il 1904 gli studi di Ciamician furono concentrati sul pirrolo ( $C_6NH_2$ ) e sui suoi derivati; su questo argomento egli pubblicò oltre ottanta memorie e ebbe riconoscimenti internazionali. Tra il 1888 e il 1900 compì ricerche sulle essenze vegetali per passare, negli anni dal 1900 al 1915 agli studi di fotochimica organica, in particolare dell'azione della luce sui vegetali. L'ultima fase della sua vita scientifica (1908-1922) lo vide occuparsi, insieme al prof. Ciro Ravenna dell'Università di Pisa, di chimica agraria e di fitochimica, in particolare dell'origine e della funzione delle sostanze organiche nelle piante.

Ciamician fu membro di numerose Società e Accademie scientifiche sia italiane che straniere, tra le quali ricordiamo l'Accademia dei Lincei (dal 1893) e le società chimiche tedesca, inglese, francese e statunitense. Fece parte di numerose commissioni d'esame per i concorsi di assegnazione delle cattedre di chimica in Italia<sup>1</sup> e fu, inoltre, presidente della Società Italiana per il Progresso delle Scienze e Senatore del Regno (dal 1910). Come Socio straniero ordinario dell'Accademia delle Scienze di Uppsala fu tra coloro cui si chiedeva di proporre nomine per il premio Nobel, sia in fisica, disciplina per la quale propose Augusto Righi tra il '12 e il '21, che in chimica (13 volte tra il 1903 e il 1921), disciplina per la quale fu proposto egli stesso 9 volte come candidato; in particolare nel 1914 ricevette 5 preferenze.<sup>2</sup>

A Roma Ciamician conobbe Paolo Silber, con il quale collaborò per circa 35 anni secondo una proficua divisione dei compiti. Come è stato scritto,

Ciamician, as the genial and critical research director, applied his theoretical and practical insights to organizing the direction of the program and interpreting its results. Silber, as the skilled and patient experimenter, provided the abundant results upon which they founded their joint careers.<sup>3</sup>

Il loro lavoro si svolgeva nel laboratorio personale di Ciamician, che misurava «ben» 3 metri per 4.

Ciamician fu professore di chimica all'Università di Padova (1887-1889) e, successivamente, a Bologna (dal 1889). Qui, nel 1890, vennero unificati i due Gabinetti di chimica organica ed inorganica sotto il nome unico di Chimica generale, ma di fatto le cattedre rimasero separate, poiché Ciamician e tutta la

<sup>1</sup> Archivio storico dell'Università di Bologna, Capsula 45.

<sup>2</sup> CRAWFORD E., HEILBRON J.L., ULLBRICH R., *The Nobel Population 1901-1937. A Census of the Nominators and Nominees for the Prizes in Physics and Chemistry*, Office for History of Science and Technology, University of California, Berkeley, Office for History of Science, Uppsala University, Uppsala 1987.

<sup>3</sup> PRAU M. e HEINZEL N.D., *A Profitable Partnership. Giacomo Ciamician and Paul Silber*, in «Journal of Chemical Education», vol. 42, fasc. 7, 1965, p. 383.

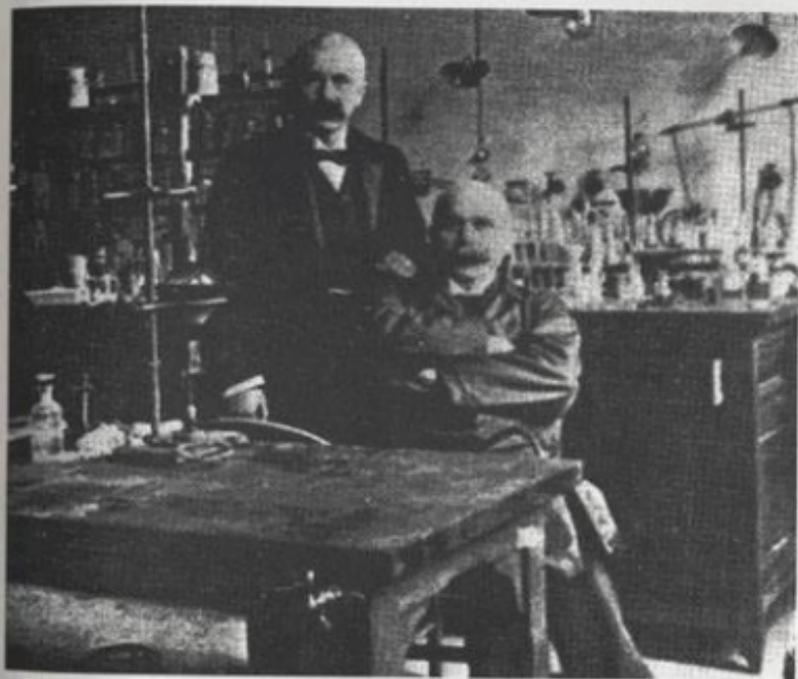


Fig. 1 - Giacomo Ciamician (in piedi) e Paolo Silber nel laboratorio personale di Ciamician (immagine tratta da Michel A. Pfau e Ned D. Heindel, *A profitable partnership: Giacomo Ciamician and Paul Silber*, in «Journal of chemical education», 1965, vol. 42, p. 384, foto 1).



Facoltà di Scienze si opposero a questa decisione.<sup>4</sup> Ciamician, dunque, fu docente di chimica generale e di chimica biologica, corso questo che serviva ad esporre «(...) quella parte di chimica organica indispensabile alla chimica biologica che non può essere compresa nel suo corso di Chimica generale».<sup>5</sup> Nel corso del primo decennio del '900, tuttavia, questi insegnamenti presero il nome di Chimica generale inorganica e Chimica organica e biologica. A queste due discipline facevano capo gli studenti della Facoltà di Scienze matematiche, fisiche e naturali, quelli della Facoltà di Medicina e Chirurgia, quelli della Facoltà di Chimica e Farmacia, e gli studenti di Veterinaria che seguivano il Corso di laurea in Zootecnia. In seguito si aggiunsero a questi tutti gli studenti di Veterinaria, gli studenti della Scuola di Farmacia, quelli della Scuola superiore di Agraria, e infine gli studenti di Ingegneria facenti capo alla Facoltà di Scienze, che seguivano il corso propedeutico per la Scuola di Applicazione per Ingegneri.

Oltre alle lezioni teoriche, di tre o quattro ore settimanali, Ciamician teneva anche le esercitazioni pratiche ogni giorno presso il Teatro di Chimica, che, a seconda della Facoltà a cui facevano riferimento, prendevano il nome di Analisi chimica quantitativa, Analisi chimica qualitativa, Avviamento alle ricerche sperimentali in chimica, Preparazione chimiche.

Secondo Ciamician le esercitazioni di laboratorio erano fondamentali per la formazione di un chimico: infatti, nel 1890, propose di modificare il programma di studi per i laureandi in chimica, perché quello in vigore non lasciava sufficiente tempo libero per le esercitazioni pratiche agli studenti del secondo biennio, in quanto essi dovevano seguire troppe materie estranee, come l'anatomia e la fisiologia. Secondo Ciamician, invece, era opportuno riservare il secondo biennio a esercitazioni speciali e a corsi di Chimica superiore.<sup>6</sup>

Negli anni del suo insegnamento Ciamician ebbe da due a quattro assistenti e anche qualche assistente volontario; molti di essi divennero a loro volta professori di chimica presso l'Ateneo bolognese.

Gli assistenti di Ciamician avevano il compito di organizzare la parte sperimentale delle sue lezioni, spesso preparando e presentando esperienze che Ciamician aveva selezionato da articoli apparsi di recente.<sup>7</sup> Le esperienze didattiche dovevano essere evidenti e «cadere a tempo»: quando Ciamician esponeva una data reazione, essa doveva immediatamente compiersi davanti agli occhi degli studenti.

<sup>4</sup> *Verbale delle adunanze della Facoltà di Scienze Matematiche, Fisiche e Naturali, seduta del 31 ottobre 1894.*

<sup>5</sup> *Ibidem*, seduta del 31 ottobre 1895.

<sup>6</sup> *Ibidem*, seduta del 1 febbraio 1890.

<sup>7</sup> *PRO: M. e HERZIG, N.D., A profitable Partnership, Giacomo Ciamician and Paul Silber,* in «*Journal of Chemical Education*», cit., p. 383.

### *Il laboratorio.*

Come già detto, il 4 febbraio 1890 vennero fusi i Gabinetti di Chimica Organica e di Chimica Inorganica dell'Università di Bologna in un unico Laboratorio di Chimica Generale. Il nuovo Gabinetto ereditò così il materiale di laboratorio dei due precedenti. Si tratta soprattutto di vetreria (provette, burette, storte, alambicchi, campane graduate), formelli e strumenti elettrici e di misura.

Nonostante la ferma opposizione di Ciamician all'unificazione delle due Cattedre di chimica, l'unificazione dei due Gabinetti fu un bene, infatti già nel 1888 egli scriveva, parlando del concorso per le cattedre di chimica a Bologna:

Io ho intenzione di concorrere in ogni caso, sarebbe però necessario persuadere il ministero a non mettere a concorso tutte e due le cattedre, in modo che il professore di una materia fosse incaricato dell'insegnamento dell'altra. Riunendo il materiale dei due laboratori si può fare qualche cosa, per due professori materiale e dotazione sarebbero insufficienti.<sup>8</sup>

e ancora: «I mezzi di cui dispongono i due laboratori di Bologna sono troppo meschini perché due professori vi possano lavorare efficacemente». <sup>9</sup> Inoltre, le annotazioni dei registri sullo stato del materiale classificavano la maggior parte degli oggetti come antichi od inservibili già nel 1871.

Come si può evincere dal lungo elenco di strumenti e apparati di laboratorio citato in seguito, erano soprattutto gli interessi di ricerca personali di Ciamician a decidere il tipo di oggetti scientifici da acquistare. La maggior parte di essi infatti serviva per compiere analisi di chimica organica; inoltre l'acquisto degli strumenti ottici coincide con il periodo in cui Ciamician si occupava di fotochimica e fitochimica.

Tra il 1891 e il 1901 vennero acquistate sei bilance, di cui cinque della ditta Sartorius, un gasmetro, una stufa Gay-Lussac, un nuovo banco lungo 4 metri e dotato di scaffali. Ma il laboratorio inteso in senso moderno, secondo il modello tedesco inaugurato da Justus von Liebig mezzo secolo prima, cominciò a prendere forma a Bologna verso la fine del 1901. Vennero acquistati 60 sostegni Bunsen con accessori e 20 sostegni Bunsen più piccoli; 100 lampade Bunsen, 2 gasometri, 34 bagnomaria di varie misure, una nuova bilancia a bilico, 40 porta provette a 18 posti e 25 treppiedi in ferro; la spesa totale per tutte le attrezzature fu di 2.067 Lire, una cifra notevole se consideriamo che lo stipendio annuo di Ciamician per la sola Cattedra di chimica organica era all'epoca di 3.000 Lire.<sup>10</sup>

I macchinari e gli strumenti più sofisticati della comune «vetreria» vennero acquistati a partire dal 1909: tra essi troviamo un'autoclave, uno spettroscopio,

<sup>8</sup> Lettera di Ciamician a Cannizzaro del 5 luglio 1888.

<sup>9</sup> Lettera di Ciamician a Cannizzaro del 20 luglio 1888.

<sup>10</sup> Lettera del Ministero a Ciamician, 23 maggio 1900.



Fig. 5 - Laboratorio di chimica per gli studenti (immagine tratta dall'Archivio Fotografico dell'Università di Bologna).

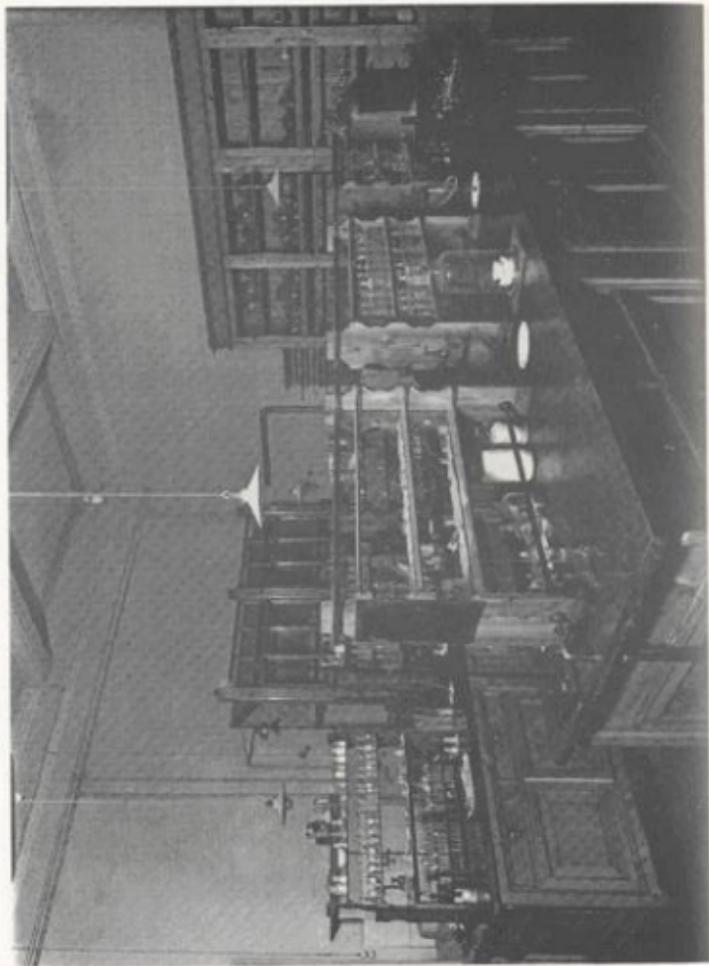


Fig. 4 - Laboratorio di chimica organica (immagine tratta dall'Archivio Fotografico dell'Università di Bologna).

una stufa per essiccare nel vuoto, un polarimetro, alcuni crogioli, una centrifuga della capacità di 2 litri. Nel 1910 furono inventariati due nuovi banchi a muro, due tavoli 3,5x1,5 metri e un armadio lungo 5 metri per il laboratorio.

Le acquisizioni del 1911 furono dedicate agli strumenti ottici, tra cui: un grande microscopio per l'osservazione dei preparati trasparenti, integrato da 4 obiettivi e 4 oculari di varie misure, e un ultramicroscopio, corredato da un condensatore a lampada a aria; vennero inoltre acquistati un barometro Fortini e una nuova bilancia Sartorius.

Nel 1912 si acquistarono sia strumenti elettrici che ottici (obiettivi da proiezione); tra l'altro una camera a revolver per la proiezione di disegni con specchio illuminante e un obiettivo da proiezione per corpi opachi con specchio raddrizzatore.

Il 1913 vide l'acquisto di strumenti più classici ma altrettanto importanti: un calorimetro, un galvanometro graduato, un «elettroscopio per misure di radioattività».

Nel corso del 1915 furono destinate all'Istituto di Chimica 800 Lire supplementari derivanti dai maggiori proventi delle tasse studentesche,<sup>11</sup> in due rate di 400 Lire l'una. Questi fondi permisero di acquistare tra le altre cose negli anni 1915-1916, un tornio a pedale con accessori (1.400 £) e una sega orizzontale (1.200 £); un milliamperometro, un termostato Schribeaux (460 £), un regolatore della pressione dei gas Tursini-Zambelli.<sup>12</sup>

Anche il 1917, nel corso del quale vennero assegnate all'Istituto di Chimica 700 Lire supplementari in due rate,<sup>13</sup> vide l'acquisto di strumenti ottici: una macchina fotografica con obiettivo Goerz (360 £) e un apparecchio per ingrandimenti fotografici (205 £).

Nel 1919 furono assegnate alla chimica 400 Lire<sup>14</sup> dai maggiori proventi delle tasse, e 1.000 Lire per ampliamento della dotazione, da destinarsi ai corsi di analisi quantitativa, analisi qualitativa e al corso accelerato in chimica.<sup>15</sup> Quasi 2.500 Lire furono spese per l'acquisto di numeri arretrati di riviste straniere, perché nel corso del conflitto mondiale la reperibilità delle pubblicazioni tedesche, che costituivano circa l'85% delle pubblicazioni in dotazione all'Istituto di Chimica, si era fatta difficoltosa. Furono acquistati inoltre un apparecchio convertitore per corrente alternata,<sup>16</sup> un interruttore Wenzl e un elettroscopio da proiezione.<sup>17</sup>

<sup>11</sup> *Verbale delle adunanze della Facoltà di Scienze Matematiche, Fisiche e Naturali, seduta del 29 maggio 1915; seduta del 16 dicembre 1915.*

<sup>12</sup> *Inventario del 3 giugno 1916.*

<sup>13</sup> *Verbale delle adunanze della Facoltà di Scienze Matematiche, Fisiche e Naturali, seduta del 17 marzo 1917; seduta del 21 dicembre 1917.*

<sup>14</sup> *Ibidem, seduta del 10 gennaio 1919.*

<sup>15</sup> *Ibidem, seduta del 29 novembre 1919.*

<sup>16</sup> *Inventario del 20 gennaio 1919.*

<sup>17</sup> *Inventario del 16 novembre 1919.*

Nel 1920 furono assegnate alla chimica 300 Lire, ma si chiese anche che «onde venire in aiuto agli aumentati bisogni dei vari laboratori il Ministero voglia mettere a profitto dell'Università tutto il maggior provento delle tasse, invece della somma assegnata in sostituzione di detto provento».<sup>18</sup> Il laboratorio si dotò di un orologio cronografo,<sup>19</sup> un colorimetro Bunsen a rubinetto a 3 vie, un fornello elettrico a crogiolo (240 £).

Esaminando i titoli dei lavori raccolti nella *Cartoteca delle pubblicazioni di Ciamician e Allievi* si nota che il lavoro degli studenti di Ciamician rispecchia fedelmente gli interessi del maestro: la maggior parte delle pubblicazioni, infatti, riguarda la chimica del pirrolo e dei suoi derivati, ma una buona parte è dedicata alla chimica fisica. In generale, i primi lavori pubblicati da ciascun allievo sono ricerche su alcuni aspetti specifici della chimica del pirrolo; poi assumono un carattere più originale e personale e gli argomenti diventano più diversificati. Evidentemente Ciamician metteva alla prova le capacità dei suoi studenti prima di lasciarli proseguire con le proprie forze.

Per quanto riguarda la didattica vera e propria, troviamo alcune affinità tra il metodo di Ciamician e il modello germanico inaugurato da Liebig:

(...) Ciamician dirigea les travaux d'une douzaine d'étudiants et en conseilla bien d'autres. Dès le début de sa carrière académique, il avait pris l'habitude de diviser ses étudiants en deux groupes. Aux plus doués et aux plus expérimentés, il se contentait d'indiquer une ligne générale de recherche tout en les conseillant si besoin était. Ces étudiants publièrent la plupart du temps leurs travaux indépendamment, en précisant simplement: *Untel du Laboratoire du Professeur Ciamician*. Quant à ceux qui avaient besoin d'être suivis de plus près ils recevaient de Ciamician un plan général de recherche complété d'une surveillance quotidienne.<sup>20</sup>

### *Le immagini.*

In base alle stampe della Raccolta museografica del Dipartimento di Chimica «Giacomo Ciamician», ottenute dalle riproduzioni fotografiche conservate presso l'Archivio fotografico dell'Università di Bologna,<sup>21</sup> è possibile farsi un'idea abbastanza precisa dei laboratori chimici dell'Università nel primo ventennio del XX secolo. Le fotografie che ritraggono i laboratori dell'Istituto di Chimica sono per la maggior parte frutto di una campagna fotografica che coin-

<sup>18</sup> *Verbale delle adunanze della Facoltà di Scienze Matematiche, Fisiche e Naturali*, seduta del 15 marzo 1920.

<sup>19</sup> *Inventario del 1 marzo 1920*.

<sup>20</sup> PPAU M. e HEINDL N.D., *Giacomo Ciamician chimiste de grand talent et pionnier de la photochimie*, in «*Annales de Chimie*», vol. 10, 1965, p. 190.

<sup>21</sup> Ringrazio il Prof. Lino Macini, direttore dell'Archivio fotografico, e la dott.ssa M. Teresa Gandolfi, responsabile della Raccolta museografica, per la disponibilità dimostrata nei miei confronti durante il reperimento dei documenti iconografici.

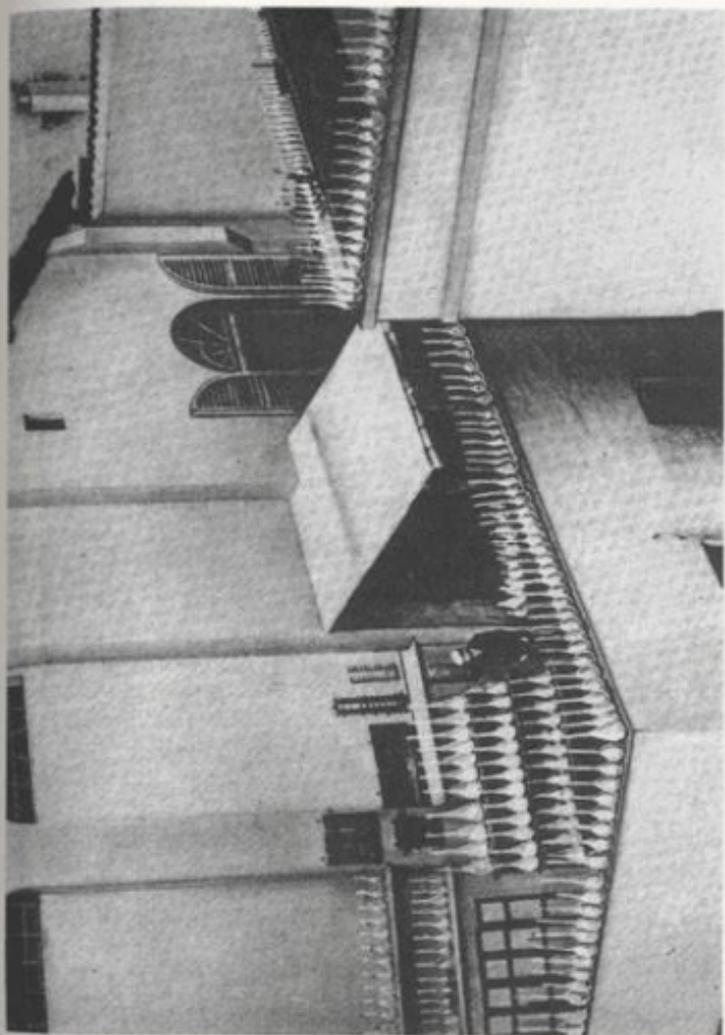


Fig. 5 - Giacomo Camician passa in rassegna i flaconi contenenti sostanze organiche esposte all'azione della luce solare sul tetto dell'Istituto di Chimica (immagine tratta da Michel Pflau e Ned D. Heindel, *Giacomo Camician chimiste de grand talent et pionnier de la photochimie*, in «Annales de Chimie», vol. 10, 1965, p. 191; copyright Masson, Paris; tutti i diritti riservati. Anche in Michel A. Pflau e Ned D. Heindel, *A profitable partnership: Giacomo Camician and Paul Silber*, in «Journal of chemical education», 1965, vol. 42, p. 383).

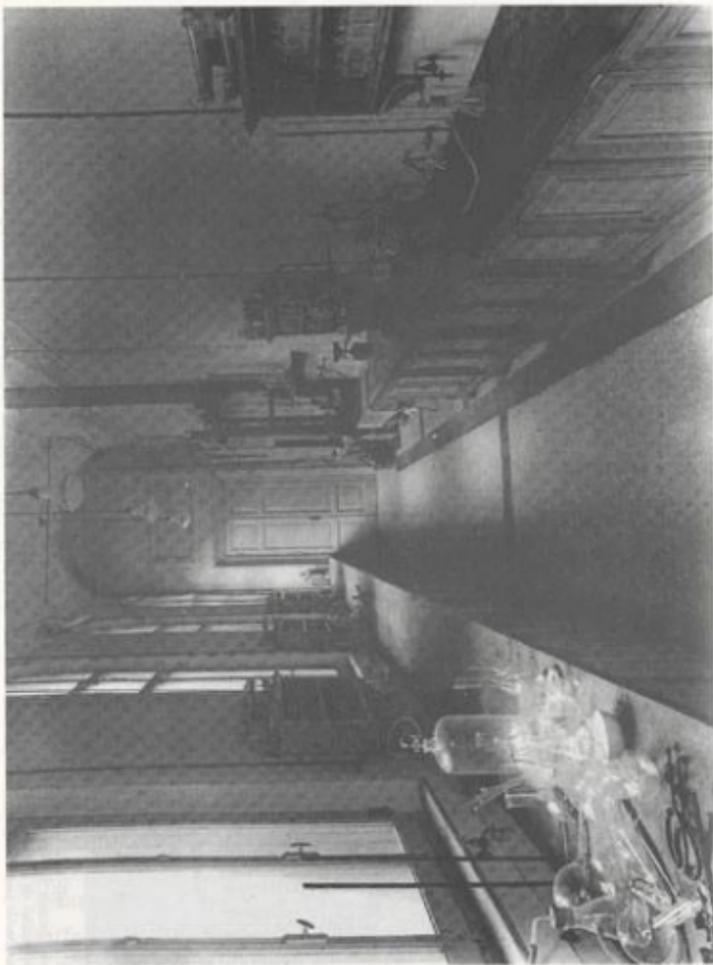


Fig. 6. Laboratorio di preparazione, situato in un corridoio dell' Istituto di Chimica (immagine tratta dall'Archivio Fotografico dell'Università di Padova).

volse tutta l'Università di Bologna tra gli anni '20 e gli anni '30: chiaramente esse mostrano i laboratori prima di un loro effettivo utilizzo, o adeguatamente ripuliti e ordinati allo scopo di ben figurare in fotografia. Dal punto di vista della storia della scienza, quelle immagini rappresentano quindi una situazione artificiale, ma comunque significativa. Esse non ci forniscono informazioni sull'effettivo lavoro svolto nei laboratori perché questi erano stati preparati e «messi in posa» e perché raramente si vede in queste immagini uno scienziato alle prese con uno strumento. Tuttavia, lo stile del mobilio e molti degli oggetti raffigurati sono anteriori agli anni Venti, data approssimativa di queste immagini, e possiamo afferire che alcuni materiali acquistati sotto la direzione di Ciamician sono ancora quelli ritratti nelle immagini.

In generale, i banchi dei laboratori erano in rovere e erano provvisti di scaffali a tre mensole sui quali venivano riposti provette e bottiglie di reagenti, beute e matracci. Ogni banco aveva in dotazione due lavelli con relativi rubinetti per l'acqua; la posizione dei lavelli dipendeva dallo stile del banco: essi potevano essere situati alle due estremità del banco stesso oppure incastonati nel piano di lavoro. Oltre all'illuminazione naturale proveniente dalle ampie vetrate di cui i laboratori erano provvisti, ogni banco era illuminato direttamente dall'alto per mezzo di lampade che scendevano dal soffitto. Lungo le pareti erano situate le cappe, sotto le quali venivano accesi i cannelli Bunsen e compiuti gli esperimenti che richiedevano calore, e gli armadi contenenti strumenti e soprattutto altro materiale di vetreria.

### *Conclusione.*

I laboratori bolognesi non erano dotati di strumenti sofisticati come potevano essere quelli tedeschi o inglesi della stessa epoca. Inoltre, nonostante la costruzione del nuovo Istituto di Chimica, nel 1921, anche gli spazi erano scarsi: il laboratorio di preparazione, situato in un corridoio dell'Istituto, oppure le centinaia di bottiglie esposte al sole sulla terrazza dell'Istituto all'epoca di Ciamician sembrano rendere molto bene l'idea di precarietà che accompagna la chimica italiana tra il XIX e il XX secolo.

Un grosso problema, diffuso in tutti i corsi di laurea della Facoltà di Scienze Matematiche, Fisiche e Naturali, restava quello dei locali adibiti a laboratorio: per quanto riguarda la chimica, nel 1894 Ciamician fu costretto a operare una selezione tra gli studenti per poter privilegiare quelli di chimica pura, non avendo posti sufficienti in laboratorio per quelli degli altri corsi di laurea.<sup>22</sup> Il Rettore promise nuovi locali non appena fossero finiti i lavori per la

<sup>22</sup> *Verbale delle adunanze della Facoltà di Scienze Matematiche, Fisiche e Naturali*, seduta del 9 dicembre 1893; seduta del 9 maggio 1894.

costruzione della nuova sede dell'Istituto Farmaceutico.<sup>23</sup> Il problema si riacui nel 1903, quando Ciamician dichiarò che la metà dei suoi studenti sarebbe stata costretta a abbandonare l'Università a causa dell'insufficienza dei posti nei laboratori.<sup>24</sup>

Anche dalle testimonianze degli allievi di Ciamician emerge un quadro del laboratorio di Ciamician che appartiene più al XIX secolo che a quello attuale: Giuseppe Plancher afferma che Richard Willstätter, chimico tedesco, docente di chimica organica all'Università di Monaco dal 1902, interessato in particolare agli alcaloidi, desiderava venire a Bologna per collaborare con Ciamician, ma

L'offerta non poté essere accettata, più che altro per il fatto che il laboratorio di Bologna, pur essendo sufficiente per dei chimici votati al sacrificio come Ciamician e quelli che gli facevano corona, non era allora adatto a ricevere persone abituate alle comodità e agli agi dei laboratori della Germania.<sup>25</sup>

Tuttavia, nonostante la relativa «povertà» in cui versavano i laboratori, della quale il Governo italiano fu in larga parte responsabile (Ciamician in una delle sue conferenze divulgative<sup>26</sup> lamentava che il Governo stanziasse solo 90.000 Lire per la ricerca, mentre la Germania spendeva l'equivalente di circa un milione di lire allo stesso scopo), l'abilità sperimentale dei chimici bolognesi di inizio secolo sopperì ampiamente alla mancanza di una strumentazione adeguata o di spazi più ampi, come dimostrano la carriera e i riconoscimenti internazionale di Ciamician e dei suoi allievi.

<sup>23</sup> *Ibidem*, seduta del 18 giugno 1894.

<sup>24</sup> *Ibidem*, seduta del 30 marzo 1903.

<sup>25</sup> PLANCHER G., *Giacomo Ciamician*, in «Gazzetta chimica italiana», vol. 54, 1924, p. 12.

<sup>26</sup> CIAMICIAN G., *I problemi chimici del nuovo secolo*, Zanichelli, Bologna 1905.

BIBLIOGRAFIA

1. Studi sugli strumenti chimici e sui laboratori del XIX secolo.

- BRODINI P. e MISEI M., *Costruttori italiani di strumenti scientifici del XIX secolo*, in «Nucnius», vol. I, 1986, fascicolo 1, pp. 141-184.
- BETTI M., *Nel secondo centenario della istituzione della prima cattedra di Chimica in Italia (1757-1937). Notizie storiche sulla cattedra di Chimica dell'Università di Bologna*, Bologna, Azoguidi, 1939.
- Chimica, in Storia della Scienza*, 1. *Gli Strumenti*, a cura di G.L.E. TURNER, Einaudi, Torino 1990, pp. 282-301.
- FISCHER W., *Liebig, Justus von*, in *Dictionary of Scientific Biography*, a cura di C.C. GILLISPIE, Scribner's, New York 1970-1978, vol. VIII, pp. 329-351.
- HOLMES F.L., *The Complementarity of Teaching and Research in Liebig's Laboratory*, in «Ostris», vol. 5, 1989, pp. 121-164.
- LAMA L., *Comune, Provincia, Università. Le convenzioni a Bologna fra Enti Locali e Ateneo (1877-1970)*, Bologna, Comune di Bologna, Istituto per la Storia di Bologna, 1987.
- MEINEL C., *August Wilhelm Hofmann - Reigning Chemist-in-Chief*, in «*Angewandte Chemie, International Edition in English*», vol. 31, n. 10, 1992, pp. 1265-1398.
- PEARCE W.L., *The Nineteenth Century*, Charles Scribner's Sons, New York 1978 (collana *Albums of science*, general editor I.B. Cohen), pp. 43-49 e pp. 299-358.

2. Studi sulla biografia e gli indirizzi di ricerca di Giacomo Ciamician.

- Giacomo Ciamician e i problemi chimici del nuovo secolo nel ricordo di Giuseppe Bruni*, in *Lo Studio e la Città. Bologna 1088-1988*, a cura di W. TETTA, Nuova Alfa Editoriale, Bologna 1987, pp. 322-325 (riduzione dalla «Commemorazione dell'11 Aprile 1922», di G. BRUNI, in *Annuario della Regia Università di Bologna*, A.A. 1921-22, pp. 45-55).
- Giacomo Ciamician*, in A. DI MEO (a cura di), *Storia della chimica in Italia*, ed. Theoria, Roma-Napoli 1989, pp. 341-408.
- BORRINO G.B., *Ciamician Giacomo*, in *Dizionario Biografico degli Italiani*, Istituto dell'Enciclopedia Italiana, Società Grafica Romana, Roma 1960, vol. 25, pp. 118-121.
- CONTA A.B., *Ciamician Giacomo*, in *Dictionary of Scientific Biography*, a cura di C.C. GILLISPIE, Scribner's, New York 1970-1978, vol. III, pp. 279-280.
- FABRE R., *Notice sur Giacomo Ciamician*, in «Bulletin de la Société Chimique de France», vol. 41, 1927, pp. 1562-1566.
- MOGGI L. e MANSFRI M.F., *Giacomo Ciamician: A Great Photochemist but also an Eclectic and Prophetic Scientist*, in «EPA Newsletter», vol. 54, December 1978.
- NASING R., *Giacomo Luigi Ciamician*, in «Journal of the Chemical Society of London», vol. 129, 1926, pp. 996-1004.
- PERU M. e HEINDEL N.D., *Giacomo Ciamician chimiste de grand talent et pionnier de la photochimie*, in «Annales de Chimie», vol. 10, 1965, pp. 187-192.

GIORGIO CORRADINI (\*) - ROBERTO VOLPE (\*\*)

### Le origini del concetto di atomo (\*\*)

**Summary** - The concept of atom — and consequently the corpuscular view of matter — originates from two sources both leading to knowledge. One, of inductive kind, starts with the observation of such physical properties of bodies as dilatability and subdivisibility. The other, considered in this paper, of deductive kind, is followed by pre-socratic thought and ends up in the Abdera school of Leucippus and Democritus. The central point of this process is detectable in the passage from the doctrine of Being in Parmenides's school to the atomistic one, the latter a «reform» of the former so to allow the Being to generate all things.

«La scienza diventa tollerabile solo quando proviamo un certo interesse per i grandi scopritori e per la loro vita e diventa affascinante solo se ci mettiamo a pensare come le grandi concezioni si svilupparono». J.C. MAXWELL

#### *Logos e archè.*

La ricerca greca che mira a capire come è fatto l'universo inizia con una constatazione: l'universo così com'è, il Cosmo, deriva dal Chaos, attraverso una serie di atti generativi che si succedono nel tempo. Da una situazione di completo disordine, si passa man mano ad una struttura ordinata e, parallelamente, da una concezione animistica e mitica delle entità che si generano e che generano, si delinea la loro configurazione in termini astratti. L'Oceano omerico, ad esempio, diventa l'elemento «acqua».

Nello svolgersi di questo processo evolutivo si fa strada un nuovo modo di interpretare quanto l'osservazione sensoriale è in grado di mostrare. I fenomeni

(\*) Dipartimento di Chimica, Ingegneria Chimica e Materiali, Università dell'Aquila.

(\*\*) Relazione presentata al V Convegno Nazionale di «Storia e Fondamenti della Chimica» (Perugia, 27-30 ottobre 1993).

naturali, le sostanze e i corpi che formano il Cosmo, vengono percepiti e sottoposti all'indagine del pensiero logico. È il *logos*, sostanza o causa delle cose e legge che le governa; «discorso razionale che rigetta la verità sancita e consegue la sapienza mediante una indagine fondata sulla ragione». Il *logos* crea un mondo nuovo che sfugge alla osservazione sensoriale e che esiste contemporaneamente a quello che quest'ultima evidenzia. Nella fase iniziale della ricerca greca, le due realtà sono legate fra loro, in quanto quella sensoriale trova la sua giustificazione in quella evidenziata dal pensiero e quest'ultima viene alla luce perché il *logos* è in grado di cogliere, nell'oggetto dell'osservazione sensoriale, il suo significato razionale. Infatti i primi greci, proprio dalla osservazione dei fenomeni naturali, arrivano alla constatazione che esiste un sostrato, un qualcosa di unico, di eterno, di non trasformabile che si nasconde dietro la molteplicità e il divenire delle cose: l'*archè*.

Come un microscopio, il *logos* rivela loro un altro, affascinante cosmo da esplorare e conquistare.

La concezione dell'*archè* è complessa perché ad essa vengono attribuiti diversi significati:

- è qualcosa di identico in tutte le cose;
- è qualcosa di unico da cui tutto proviene e a cui tutto ritorna e che si mantiene inalterata nelle trasformazioni;
- è qualcosa che ha generato dal Caos il Cosmo.

Questi significati prendono man mano consistenza nell'evolversi del pensiero greco. Nella concezione dell'*archè* si può ravvisare l'inizio della filosofia greca e del pensiero occidentale.

Come si arriva a concepire l'*archè*, qual'è la sua natura, con quale meccanismo genera tutte le cose, sono domande alle quali si cercherà di dare risposta, tenendo presente che, delle opere dei pensatori greci che si sono occupati del problema, i presocratici, non sono rimasti che frammenti e le testimonianze di coloro che le avevano lette. È possibile quindi solo fornire interpretazioni che si basano essenzialmente su quanto riferito da altri autori.

#### *L'apparenza rivelatrice della verità.*

Iniziamo, cercando di individuare un filo conduttore, in grado di collegare l'*archè* all'atomo. Questo filo conduttore, o chiave di lettura, consiste nel concetto di «apparenza». Apparenza è opinione e osservazione sensoriale ed ha due significati opposti: rivelatrice e nascondimento della verità. Nel primo significato la conoscenza si realizza affidandosi all'apparenza, nel secondo la conoscenza si consegue liberandosi dall'apparenza.

Inizialmente essa è (e non potrebbe essere altrimenti) rivelazione della verità e fornisce all'attività del *logos* i «dati» per svelare l'esistenza dell'*archè*. Il

problema si presenta sotto un duplice aspetto, perché non solo si vuole ripercorrere la via che ha portato al concetto di archè, ma anche spiegare come, qualcosa di unico, eterno, non soggetto a trasformazioni, sia in grado di generare tutte le cose; come cioè una concezione monistica possa spiegare la molteplicità e il divenire.

Ciò significa che è necessario individuare la qualità inalterabile dell'archè, perché solo in questo modo è possibile intravedere un meccanismo che gli consenta di generare le cose. Non si può generare se non si hanno le caratteristiche per farlo.

Quali sono le qualità di un'entità percepita solo dal pensiero, che costituisce l'essenza della struttura del Cosmo? Il problema si può formulare in questi termini: l'archè ha qualità sensoriali o asensoriali? E, in questo ultimo caso, come può venir individuata una qualità percepibile solo dal pensiero senza far alcun riferimento a ciò che i sensi evidenziano; quei sensi che, in definitiva, fanno nascere nella nostra mente proprio il concetto di qualità delle cose? Noi possiamo avere il concetto di una qualità astratta che si riferisce all'uomo, dicendo che esiste l'umanità. L'umanità è la qualità di un ente percepito dai sensi, visibile, concreto. Come configurare una qualità astratta di un ente astratto come l'archè, in grado di renderlo generante di tutte le cose?

Questo primo compito della ricerca greca viene svolto dalla scuola ionica di Mileto, che inizia con Talete negli anni intorno al 600 a.C.

Dividiamo l'argomento in due parti:

- come si è arrivati a scoprire l'archè;
- qual'è la sua qualità.

#### *La reversibilità.*

Formuliamo il primo problema con una domanda: perché l'apparenza si dimostra rivelatrice della verità? Quale aspetto dei fenomeni naturali mette in evidenza l'esistenza di un sostrato che si cela dietro la molteplicità e il divenire?

Un aspetto dei fenomeni naturali che fa pensare all'esistenza dell'archè è la loro «reversibilità» (παλιν τροπός), che si manifesta in tutta evidenza nei fenomeni meteorologici; in ultima analisi, nelle proprietà fisiche dell'acqua.

Ad esempio, l'acqua passa allo stato di vapore, diventa cioè per gli antichi greci (ma non solo per loro) aria. I due corpi sono completamente diversi, così che la trasformazione porta a concludere che tutto ciò che appartiene alla struttura dell'acqua viene perduto. Si forma un'altra struttura che nulla ha in comune con la prima.

Si verifica però la trasformazione inversa. Se si riflette su questo fenomeno si arriva a concludere che una stessa entità non rilevabile dai sensi, è presente nei due corpi; entità che, nella trasformazione reversibile acqua-aria, non subisce alterazioni.

L'acqua è l'unica sostanza che si trova in natura contemporaneamente nei tre stati di aggregazione — solido, liquido, aeriforme — che i greci antichi configurarono come espressioni elementari della materia, a cui si è aggiunto per le sue impressionanti e particolari caratteristiche il fuoco.

Tutto ciò avrebbe potuto suggerire l'idea che, come dall'acqua si formano aria e ghiaccio, che tornano ad essere acqua, così dall'acqua si generano tutte le cose e ad essa fanno ritorno.

È questo il ragionamento che porta Talete ad affermare che l'acqua è l'archè? La critica moderna è portata a negarlo. Talete avrebbe pensato all'acqua perché in tutto quanto ci circonda vi è l'umido. Non è necessario chiarire questo punto. Quel che è importante constatare è che il concetto di reversibilità è presente nel pensiero dei successivi filosofi, perché Eraclito (e come lui Anassagora) così si esprime: «morte di terra è nascer d'acqua, morte di acqua nascer d'aria, morte di aria nascer fuoco e all'incontro».

#### *La «qualità» dell'archè.*

Il problema che riveste però una decisiva importanza è la qualità dell'archè. Certamente Talete le attribuisce una qualità sensoriale, quella relativa alla sostanza acqua. Il suo contributo all'affermarsi del pensiero nella spiegazione della struttura del Cosmo è notevole ed è duplice: primo, in quanto configura il formarsi di tutte le cose non in termini di un processo generativo compiuto dal padre Oceano, cioè come mito e leggenda, ma come un insieme di trasformazioni che portano al nascere di entità astratte (i corpi naturali) che si originano da un principio unico e universale; secondo, in quanto formula la sua dottrina, utilizzando per la prima volta il metodo induttivo, quel metodo che, partendo dalle osservazioni sensoriali, arriva a proposizioni universali.

Perché l'acqua? Individuare l'archè come entità materiale comporta immediatamente una ragionevole critica. L'acqua è una delle innumerevoli sostanze. In particolare si potrebbe ravvisare l'archè anche in altre sostanze, come gli altri corpi elementari aria, fuoco, terra.

Si delinea così un problema di fondamentale interesse: attribuire all'archè, alla sostanza ultima della materia, una qualità sensoriale rende difficoltosa, incerta la spiegazione dell'origine delle cose, oltre che della molteplicità e del divenire. Un'unica entità richiede una sua unica qualità. L'archè non può possedere di volta in volta la qualità dell'acqua o dell'aria o del fuoco o della terra.

#### *L'apeiron.*

Anassimandro si rende conto della difficoltà e cerca di risolverla ricorrendo ad una formulazione logica. L'archè non deve avere qualità sensoriali e poiché

ogni corpo è limitato, finito, particolare, la qualità dell'archè deve essere diversa. Che cosa c'è di più diverso dell'opposto? Di conseguenza l'archè deve essere non-limitato, non-finito, non-particolare e cioè illimitato, indefinito, universale.

L'archè diventa allora per Anassimandro, l'*apeiron*, un infinito indeterminato, privo di qualità sensoriali.

In questo modo si risolve un problema, ma se ne presenta subito un altro. Un infinito indeterminato che non ha qualità è un nulla che non può generare.

Anassimandro naturalmente propone un meccanismo generante, basato su una considerazione: l'*apeiron* non è una entità omogenea rispetto al tempo ed allo spazio. Presenta un ordine caratterizzato da termini opposti fra loro che dipende da un altro principio, quello di giustizia.

Si ripresenta così quel metodo dei contrari, da lui utilizzato per individuare la natura dell'archè.

L'opposizione nello spazio è data dai termini caldo e freddo e giustifica la generazione delle cose perché questa si verifica a seguito della loro competizione.

L'opposizione temporale, a sua volta (come ad esempio quella fra il giorno e la notte), comporta anch'essa una competizione ed una prevalenza alternata (il giorno prevarica la notte, la notte, successivamente, prevarica il giorno). Perciò l'*apeiron* è un'entità indeterminata che ha il compito di mantenere una unità da cui le cose si generano, si separano e ivi ritornano. È quindi il principio che dà origine alle cose; qualcosa che da esse risulta distaccato.

La necessità di generare le cose in Anassimandro non toglie all'*apeiron* l'indeterminatezza. Sembra di imboccare una via senza uscita (*un'aporia*): se si attribuisce una qualità all'archè (una qualità sensoriale) si arriva ad un monismo pluralistico (di qualità diverse, cioè), se gli si attribuisce una qualità opposta alla sensorialità, si arriva ad un monismo privo di qualità e il meccanismo generante non si giustifica.

Anassimene intende risolvere il problema, attribuendo all'archè una qualità definita, ma che più si avvicina alla asensorialità: l'archè è l'aria. L'idea non è certo nuova: infatti alcuni fra i pitagorici identificavano l'aria con il vuoto. In questo modo il meccanismo generante assume una consistenza logica superiore a quella di Anassimandro, in quanto l'aria è differente dalle altre sostanze per il fatto che può rarefarsi dando origine al fuoco e condensare per formare l'acqua e successivamente la terra.

### *Causa ed effetto.*

Si può solo accennare all'importanza di questa concezione. L'aria è la causa il cui effetto, ad esempio, è l'acqua. Sembra una cosa ovvia. Ma nella mentalità di quei tempi, quello che si chiama concetto di causa ed effetto era contenuto in una visione morale di colpa e pena, il cui reciproco rapporto era governato

dalla imperscrutabile ed ineluttabile volontà del fato. Con Anassimene, dall'ambito della morale, il concetto di causa ed effetto si trasferisce in quello della interpretazione astratta della struttura del cosmo.

L'archè quindi non è più soltanto la sostanza delle cose, come l'acqua per Talete e l'apeiron per Anassimandro, ma è anche la causa (la causa efficiente) il cui effetto è il loro formarsi.

#### *Opposizione e armonia.*

Un rilievo particolare va dato alla concezione degli opposti che competono, contrastano fra loro, ma che in definitiva armonizzano e tutto generano. Con Eraclito l'insieme formato da competizione e armonia diventa ciò che di identico è nelle cose, cioè l'archè.

Le difficoltà incontrate dalla ricerca greca nella spiegazione di come è fatto il cosmo, provocano, nel frattempo, una rimeditazione su un punto essenziale della ricerca stessa: quello che considera l'apparenza rivelatrice di verità e verità essa stessa.

La rimeditazione in fondo è la logica conseguenza del fatto che la qualità dell'archè deve essere espressa in termini asensoriali, il che tende a spostare il campo della ricerca al solo dominio del pensiero.

Ne consegue che le due vie della conoscenza non vengono più considerate entrambe rivelatrici della verità; il pensiero logico assume una importanza crescente fino a diventare l'unica via in grado di arrivare alla conoscenza. Per conseguire la verità, quindi, bisogna liberarsi dell'apparenza.

#### *Le due vie della conoscenza - l'Essere eleatico.*

Questo è l'aspetto fondamentale della scuola di Elea. Il fondatore Parmenide inizia la sua ricerca, affermando che la via del ragionamento è sicura, affidabile e porta alla verità, mentre quella dell'osservazione sensoriale (dell'opinione degli uomini, *doxa*) è insicura e può portare all'errore. In questo modo il mondo dell'apparenza-nascondimento della verità e quello dell'opinione coincidono.

Individuata così la via da percorrere (per esclusione dell'altra), si presenta un problema che deriva da una constatazione: deve esserci qualcosa che esiste, nel dominio del pensiero, altrimenti nulla esisterebbe.

Questo qualcosa è l'Essere (*tó óv*).

Non è lecito però affermare la sua esistenza se questa non viene dimostrata e se non gli si attribuisce inoltre una qualità, la cui mancanza porterebbe a configurarlo come una entità indeterminata. Qualità ben inteso asensoriale.

A questo punto Parmenide ricorre al confronto dei contrari. L'entità che rappresenta il contrario dell'Essere è il non-essere.

*Il principio di non contraddizione: la qualità dell'Essere.*

Il confronto si presenta però in questo caso con una connotazione diversa da quella inerente alla opposizione che Anassimandro pone tra i corpi materiali e l'apeiron. Non si tratta infatti di un vero confronto, perché i corpi materiali vengono esclusi in partenza come qualità dell'archè.

Parmenide invece opera una vera contrapposizione Essere/non-essere, senza preclusioni di sorta, mettendoli pariteticamente a confronto, non come armonia degli opposti, ma per operare una scelta.

Il suo ragionamento è ineccepibile: il non-essere non può essere individuato dal pensiero perché non si può pensare ciò che non esiste, il nulla, né lo si può esprimere. Ne consegue che il non-essere è non-verità, non-esistenza, e che l'Essere è vero perché «ciò di cui l'opposto è falso, è vero».

Questa è la definizione strettamente ontologica del principio di non contraddizione che nasce con Parmenide.

Non si può verificare una situazione più drastica di quella offerta dalla opposizione Essere/non-essere, che esclude qualsiasi altro termine che possa costituire differenza o alterità o diversità nei riguardi sia dell'Essere che del non-essere. L'opposizione dolce/amaro, ad esempio, appare ben poca cosa al confronto.

Il principio di non contraddizione, quindi, dimostra che l'Essere «è», ma anche che non si tratta di un puro e semplice «esistere», ma di un «esistere necessariamente», perché altrimenti esisterebbe il non-essere, che non può esistere.

L'inesistenza del non-essere dimostra l'esistenza necessaria dell'Essere.

È fondamentale il concetto di «esistenza necessaria», perché viene a costituire la qualità asensoriale di una entità percepibile solo dal pensiero, come l'Essere, qualità che potrebbe venir estesa anche all'archè (e vedremo come).

Può sorprendere in un primo momento questa concezione, ma è perfettamente logica. Una entità percepita solo dal pensiero deve avere una qualità anch'essa percepita solo dal pensiero, in cui nulla si deve intravedere che abbia sentore di materialità.

La qualità che Anassimandro ed Anassimene hanno invano cercato nell'archè viene così finalmente portata alla luce.

L'esistenza necessaria dell'Essere corrisponde, nel dominio delle sensazioni ad esempio, alla condizione necessaria riportata da Aristotele, perché l'uomo sia tale: quella di essere un animale bipede. Nel caso dell'uomo, infatti, si può ricorrere alla opposizione di questi due termini: uomo animale bipede/uomo animale non bipede. Il secondo termine è escluso perché un animale non bipede non può essere un uomo.

Si vede subito che nel caso dell'Essere l'opposizione non è identica. Ciò perché non può venire attribuita alcuna qualità all'Essere, prima dello stabilirsi dell'opposizione, prima cioè di formulare il meccanismo logico che consente di

individuaria. L'Essere non presenta alcuna qualità del tipo bipede o quadrupede, e quindi l'unica opposizione possibile è semplicemente tra Essere e non-essere.

Animale bipede è così la qualità necessaria dell'uomo, come la necessità di esistere (di non essere cioè un non-essere) è la qualità dell'Essere, qualità che il monismo ionico non era riuscito ad individuare.

L'aver impostato e risolto questo problema rappresenta il fondamentale contributo di Parmenide al pensiero occidentale.

### *L'apparenza nascondimento della verità*

A quale prezzo? Quello di aver dissolto l'armonia tra osservazione sensoriale e pensiero logico, trasformando l'apparenza da rivelatrice a nascondimento della verità, a via insicura dell'opinione dei mortali.

La dicotomia è totale, perché l'Essere, così concepito, non ha niente in comune con l'archè, tranne l'aspetto monistico di una entità rivelata solo dall'attività del pensiero.

La ricerca di Talete, Anassimandro, Anassimene era finalizzata alla scoperta della qualità dell'archè, per dimostrarne l'esistenza e per individuare il meccanismo con cui dalla stessa vengono generate le cose.

Paradossalmente Parmenide trova la qualità di un Essere che, in base al principio di non contraddizione, si configura con i seguenti attributi: è unico, eterno, immobile, tutto uguale in se stesso, senza discontinuità (omogeneo dunque), inalterabile, invisibile, indivisibile, completo in ogni sua parte, finito. Finitezza vuol dire che non è un infinito (in questo caso sarebbe indeterminato), ma è «una massa di una ben rotonda sfera, di ugual forza dal centro di tutte le direzioni», concezione che anticipa la geometria euclidea.

Quel che appare paradossale è però il suo attributo: ingenerato e ingenerante; non può generare un altro essere, né un non-essere, né il cosmo. Infatti l'Essere ingenerante rappresenta il risultato della ricerca finalizzata ad individuare la qualità asensoriale dell'archè. L'archè può generare tutte le cose. La sua qualità si rende evidente annullando la sua capacità di generare.

Il fondamentale problema della origine del cosmo e della spiegazione della molteplicità e del divenire, dovrà venir ripreso e riesaminato sotto una nuova luce che potrà o no prescindere dalla dottrina eleatica. Dottrina che va considerata come esempio di perfezione logica, in cui il monismo ionico trova la sua più completa espressione. Proprio questa completezza gli conferisce un carattere più contemplativo che speculativo e la grandiosa visione dell'Essere unico inevitabilmente porta ad identificarla in una forma di teologia naturale.

A parte ogni altra considerazione, configurare opinione fallace o per lo meno insicura l'apparenza è follia, come ha detto Aristotele. L'universo che noi osserviamo deve pur significare qualcosa.

La dottrina eleatica perciò provocò non la fine della ricerca filosofica, come si può pensare fosse nelle aspettative di Parmenide, Zenone, Melisso, ma, al contrario, un vivace movimento teso al suo superamento.

L'apparenza doveva tornare a rivelare la verità.

La ricerca che accetta la dottrina dell'Essere come fondamento e punto di partenza è opera della scuola di Abdera di Leucippo e Democrito.

Il punto di partenza è l'Essere eleatico. Si tratta di una scelta logica, perché riguarda una entità che presenta una ben precisa qualità, percepita solo dal pensiero.

Per diventare una entità che genera le cose, che in tutte è presente invisibile e che si mantiene inalterata nella molteplicità e nel divenire, per diventare cioè l'archè, è necessario cambiare almeno uno dei suoi attributi senza che gli altri debbano variare e mantenendo la qualità dell'Essere.

Non c'è pericolo invece che operando in tal senso la concezione dell'Essere venga vanificata?

Questo in sintesi è il compito svolto dalla scuola di Abdera, il cui risultato è rappresentato dalla dottrina dell'atomo.

#### *Generazione: movimento e trasformazione.*

Il primo passo consiste quindi nell'individuare un determinato attributo dell'Essere, il cui cambiamento trasformi l'Essere stesso in generante di tutte le cose.

Generare implica pregiudizialmente il concetto di movimento.

L'acqua, ad esempio, genera l'aria e si sposta da un luogo a un altro (questo è il primo significato del concetto di spazio, inteso come posizione di un corpo tra gli altri corpi, in cui non è possibile l'esistenza del vuoto).

L'apeiron di Anassimandro e l'aria di Anassimene basano anch'essi la loro azione generante sul movimento.

L'Essere quindi deve potersi muovere; gli deve venir negata l'immobilità.

Il movimento però è una condizione necessaria ma non sufficiente. Perché ci sia generazione, oltre al movimento deve verificarsi una trasformazione. Nell'esempio di prima l'acqua che evapora si muove, ma non rimanendo tale; contemporaneamente al movimento avviene la sua trasformazione in aria.

Come può muoversi e trasformarsi l'Essere eleatico? O è tale e non può né muoversi, né trasformarsi, o non è più l'Essere eleatico.

La strada da percorrere appare senza uscita. Risolvere questa aporia, accettare e vincere una simile sfida è la caratteristica fondamentale del pensiero, come ricerca filosofica e come ricerca scientifica.

Iniziamo con una precisazione: attribuire all'Essere il movimento implica l'esistenza di uno spazio necessario al movimento stesso. I corpi naturali si

muovono spostandosi da un luogo a un altro, per reciproca sostituzione in uno stesso spazio. L'Essere è unico; un suo eventuale movimento non può che verificarsi con il suo spostamento in uno spazio privo di Essere. Lo spazio privo di Essere è il non-essere, la cui impossibilità di esistere conferisce all'Essere la sua qualità.

Come si vede l'esistenza del non-essere metterebbe in crisi quella dell'Essere.

#### *Opposizione ed armonia: pieno-vuoto.*

Per superare la difficoltà, è necessario prospettare il problema da una diversa angolazione.

Due sono i punti iniziali da esaminare.

Il primo è pregiudiziale ad ogni ricerca. Il non-essere non è, perché è il nulla e non si può né pensare, né esprimere e che quindi è indefinibile.

Se invece si configura il non-essere come spazio privo di Essere, si può allora interpretare l'opposizione Essere/non-essere in termini di pieno e vuoto. Sotto questa angolazione, lo spazio privo di pieno diventa definibile (entità necessaria al movimento dell'Essere) e la sua esistenza è giustificata, senza che la qualità dell'Essere venga meno.

In questo senso il non-essere «è».

Ciò però non è sufficiente perché non risulta applicabile, in questo caso, alla opposizione pieno/vuoto il principio di non contraddizione, che comporta una scelta e la conseguente impossibilità di risolvere il problema. I due termini della opposizione, invece, debbono conciliarsi, armonizzarsi perché il movimento dell'Essere possa verificarsi. Opposizione ed armonia quindi debbono sostituire il principio di non contraddizione.

Così il non-essere, lo spazio privo di Essere è altrettanto vero che l'Essere e ciò perché l'esistenza di entrambi viene a costituire la loro necessità di esistere, dualisticamente concepita, per conferire all'Essere una nuova qualità, quella di muoversi, premessa necessaria per generare.

Il movimento però non è una condizione sufficiente per rendere generante l'Essere. Occorre che avvenga una qualche trasformazione.

Per il movimento, in fondo, non occorre mettere in gioco gli altri attributi dell'Essere, che restano inalterati. La trasformazione invece entra, per così dire, nel suo interno, nella sua qualità, che non si può toccare, altrimenti l'Essere non è. L'omogeneità della sua struttura non può contemplare lo stabilirsi in esso di opposizioni spaziali o temporali, cioè di discontinuità in grado di causare trasformazioni e quindi di rendere possibile la generazione delle cose.

*L'Essere suddiviso: gli atomi.*

La dottrina di Leucippo e Democrito supera con una intuizione geniale la difficoltà.

L'Essere viene suddiviso in entità che mantengono sia la qualità che gli attributi dell'Essere, meno l'immobilità (\*). Sono indivisibili, invisibili, eterne, di unica qualità (l'esistenza necessaria), ingenerate, ognuna omogenea, completa in ogni sua parte; entità che si muovono eternamente nello spazio vuoto, nel non-essere: gli atomi.

Si delinea così un nuovo concetto di spazio; non più somma totale dei luoghi occupati dai corpi, ma spazio vuoto, indipendente, di estensione illimitata in cui sono contenuti gli atomi e le sostanze materiali che da essi si originano.

L'azione generante degli atomi (dell'Essere suddiviso) si compie attraverso le differenze che si verificano fra di loro, dovute ad attributi quali la grandezza, la figura, la posizione e non ad una differenza di qualità fra atomo e atomo.

Così gli atomi si uniscono secondo un determinato ordine per dar luogo a tutte le sostanze, che, una volta formate, vengono percepite dai nostri sensi e scompaiono per la loro disaggregazione. Aggregazione che si verifica quindi in base ad un ordine dovuto, ad esempio ad una «affinità» di forme, che rende possibile un aggancio puramente meccanico.

La trasformazione non si compie, quindi, nell'ambito dei singoli atomi. Questi restano inalterati perché inalterabile è la qualità dell'Essere e di conseguenza è inalterabile la medesima qualità dell'Essere suddiviso. La trasformazione, che costituisce l'atto generativo delle cose, non consiste altro che nell'aggregazione e disaggregazione degli atomi.

Così la indivisibilità dell'atomo non è la indivisibilità della parte ultima della materia quando questa viene suddivisa, ma è la indivisibilità dell'Essere unico che si mantiene tal quale nell'Essere suddiviso.

Il concetto di atomo, della struttura corpuscolare del cosmo cioè, si evince quindi in due modi: per mezzo di un processo induttivo che parte dalle proprietà delle sostanze, come, ad esempio, la possibilità di ridurle in parti sempre più piccole, cioè dalla osservazione sensoriale, e da un processo deduttivo che comporta la necessità di suddividere l'Essere unico per renderlo generante: processo deduttivo che si svolge nel solo dominio del pensiero.

(\*) La suddivisione dell'Essere-Uno fu possibile superando il paradosso di Zenone di Elea sulla divisibilità all'infinito, mediante la distinzione fra punto geometrico e punto materiale.

BIBLIOGRAFIA

- [1] ROBIN L., *Storia del pensiero greco e le origini del pensiero scientifico*, BMM, 1962.
- [2] *I presocratici*, BUL, 1986.
- [3] GALIMBERTI U., *I presocratici. Storia del pensiero occidentale*, Garzanti Editore, 1993.
- [4] ABRAGNANO N., *Dizionario di filosofia*, TEA-UTET, 1993.
- [5] JAMMER M., *Storia del concetto di spazio*, Feltrinelli, 1981.
- [6] HANSEN N.R., *I modelli della scoperta scientifica*, Feltrinelli, 1978.
- [7] DE SANTILLANA G., *Le origini del pensiero scientifico*, Sansoni, 1966.
- [8] HEISENBERG W., *Fisica e filosofia*, Il Saggiatore, 1961.
- [9] CASINI P., *Natura*, Enciclopedia Filosofica ISEDI, 1975.
- [10] SOLOV'EV J.U., *L'evoluzione del pensiero chimico*, Mondadori, 1976.
- [11] SEVERINO E., *La filosofia antica*, BUR, 1993.

R. BADIELLO (\*) - A. BRECCIA (\*) - M. ZINI (\*\*)

## La chimica italiana e la chimica inglese del '700 tra mondo accademico e sviluppo industriale (\*\*\*)

**The Italian and British Chemistry of the Eighteenth Century between the Academic World and the Industrial Development.**

**Summary** - The development of chemistry between the Academic and Industrial worlds in the 18th Century in Italy and in Britain is briefly reviewed and analyzed. Two cases of particular and authoritative interest of the Italian chemistry (Bologna and Torino), are briefly outlined and compared with the British situation. The study is focused on the understanding of the relationship between the chemical progress and processes of social and political change in a period of great transformation in chemistry and in the conditions of public life. The great difference in the evolution of the chemistry as a practical activity in the social settings in Italy and in Britain is pointed out in the light of the different historical and cultural traditions of the two countries.

### *Introduzione.*

L'esame comparato, anche se sommario, delle vicende della chimica italiana ed inglese del settecento costituisce di per sé un'ardua impresa, sia per la complessità dell'argomento, sia per le numerose implicazioni di ordine non solo scientifico che tale studio comporta. Infatti la chimica settecentesca possiede due «valenze» strettamente connesse: la prima naturalmente inserita nelle vicende legate alla storia del pensiero scientifico e la seconda che si rifà alla nascita del concetto di ricerca applicata all'industria ove la chimica ha un particolare valore indicativo. Come ricordano alcuni storici [1-3] l'industria chimica costituisce uno

(\*) Istituto di Scienze Chimiche, Università di Bologna.

(\*\*) Accademia delle Scienze dell'Istituto di Bologna.

(\*\*\*) Relazione presentata al V Convegno Nazionale di «Storia e Fondamenti della Chimica» (Perugia, 27-30 ottobre 1993).

tra i primi esempi della ricerca applicata, e cioè la nuova possibilità di trasferire le conoscenze accademiche dai laboratori ai processi produttivi. La chimica, alla fine del '700, è alla ricerca di una nuova ideologia perché, dal momento in cui si distacca dalla fisica e si costituisce come scienza autonoma, deve immediatamente pervenire ad una nuova collocazione [4].

A parte questa premessa, cercheremo di delineare dapprima alcuni casi particolarmente rappresentativi (Bologna e Torino) della chimica italiana del '700, per poi passare ad una breve confronto con la situazione inglese che certamente appare più nota. Infatti l'Italia e l'Inghilterra nel XVIII secolo colsero i frutti, in maniera assai diversa, dell'evoluzione socio-politica avvenuta nel secolo precedente [5-6]. Nel '600 si consolidò la decadenza statale ed economica degli Stati dell'Italia centro-settentrionale che fino a tutto il '500 avevano costituito una traccia ed un esempio per il loro alto livello manifatturiero, economico, mercantile, per la tecnologia, per la qualità spesso superiore delle Università e della scienza da loro insegnata.

Nel '700 la situazione è profondamente mutata, ad una crisi gravissima di rinnovamento degli Stati Italiani, alla loro economia incapace di rinnovarsi, si contrappone una forte Inghilterra, in ascesa nel settore mercantile, nelle manifatture, nella tecnologia ed anche nel settore scientifico.

Ciò nonostante andando a ritroso troviamo come l'Inghilterra di Shakespeare e di Elisabetta I guardasse ancora all'Italia come ad un luogo particolarmente ricco e rinomato scientificamente. Grande era la fama dei medici italiani delle scuole di Padova e Bologna, dei farmacisti e dei botanici, esperti nella manipolazione di vecchie e nuove piante medicinali, provenienti dall'Oriente e importate ad alti prezzi nei porti italiani, come dei complessi medicamenti galenici in cui una certa propensione alla «chimica» era indispensabile. A questa fama della scienza italiana si univa la ricchezza del sistema bancario e commerciale [7], che produceva ripercussioni positive sulle manifatture che tecnologicamente e per qualità di prodotti si ponevano, con la Fiandra, ai primi posti in Europa.

Il tessile e i filati italiani non erano i soli punti di forza anche perché in altre «industrie» italiane entrava una «chimica pratica» che per i tempi non era affatto trascurabile. Gli italiani erano maestri nell'industria delle tinte e in quella dei colori che distinsero così bene i capolavori del Rinascimento, nella fusione di bronzi per statue, nella lavorazione dell'oro e dell'argento, nell'industria armiera, dei cannoni, nella cantieristica e suoi derivati come vernici, colle, peci e catrami. Inoltre, le lavorazioni di cere e saponi, del vetro (veneziano), della ceramica e dei cotti, di ebanisteria, dei distillati, e l'industria conserviera costituivano altrettanti punti di forza. Tra '600 e '700 gran parte della supremazia italiana, che era scientifica, economica e culturale finirà per sgretolarsi, sotto la spinta di fattori complessi, che sono tuttora esaminati dagli storici: debolezza politico-istituzionale, cambiamento delle rotte commerciali, crisi economica,

debolezza militare, fattori che furono in parte precorsi già da Macchiavelli e Guicciardini ben prima che tale decadenza diventasse irreversibile [8].

Tralasciando il complesso quanto vastissimo dibattito sulla «decadenza italiana» tra il XVI e XVII secolo, è bene con queste premesse tornare al settecento e alla scienza italiana ed inglese.

#### *La chimica italiana del '700.*

Gli inizi del '700 vedono una situazione ambivalente; ottimi segni di rinnovamento nel campo accademico [9]; è il secolo ove si sviluppano alcune nuove importanti Accademie italiane come Bologna e Torino, e altre come i Lincei troveranno la loro definitiva affermazione. Ciò nonostante in Italia questo significa una grande difficoltà delle istituzioni a rinnovarsi, le accademie infatti sorgono soprattutto per l'incapacità delle Università di trovare nuovi assetti di ricerca, e difficilmente avranno un dialogo fattivo con le istituzioni.

Ci saranno grandi difficoltà di comunicazione fra gli scienziati e la società, tra il mondo della ricerca e «dell'industria». In certi casi questi ostacoli saranno superati ma l'antica struttura delle corporazioni, sopravvissuta apparentemente con poche modifiche al mondo medievale, impedirà il sorgere delle nuove figure intellettuali e scientifiche quali appunto quella del «chimico». In questo contesto, per esaminare brevemente la chimica italiana, ci avvarremo di due esempi autorevoli, l'Accademia delle Scienze di Bologna, e l'Accademia delle Scienze di Torino: istituzioni che per il loro assetto geografico appaiono ben inserite in un contesto europeo. Per Torino, dopo una certa trascuratezza da parte degli storici, gli studi di Pedrocchi [10] hanno delineato l'importante attività di G.B. Beccaria, un religioso piemontese che, formatosi prima come fisico, sarà capace di fondare la scuola torinese di chimica. Proprio con Beccaria sarà in comunicazione J.B. Beccari, il fondatore della chimica bolognese [11]. Beccaria e Beccari costituiscono i due poli rappresentativi della chimica italiana dell'epoca: una proveniente da studi matematico-fisici, l'altra, assai più antica, proveniente dal mondo medico.

Questa seconda impostazione, tipica di Beccari, merita per la sua importanza alcune considerazioni. Egli infatti è un medico che inizialmente vede nella fisica e nella chimica un mezzo di potenziamento della propria disciplina. La sua inizialmente è la chimica dei «brodi medicinali», delle acque minerali usate per «sciogliere» i calcoli, di nuovi rimedi medicinali.

Ma con il passare del tempo diverrà il mezzo per l'analisi di importanti alimenti come le farine di frumento e il latte, che lo porterà alla scoperta del glutine e all'intuizione della cascina [12]. Come motivazioni sociali Beccari sarà all'avanguardia, nel cercare fra i cereali una distinzione fra le qualità nutrizionali, in un'epoca costellata di carestie. La chimica di Beccari e i suoi complessi

rivolti hanno importanti riferimenti soprattutto in Boerhave [13] che vedeva con interesse la collaborazione tra la medicina e la chimica.

Se Beccari si occuperà anche di altri campi, come il magnetismo, l'elettricità e la luminosità dei «fosfori», l'aspetto «biomedico» delle sue ricerche è fondamentale. In Bologna, infatti, si analizzano sì le qualità diverse delle «terre» e dei minerali dei dintorni cittadini e la luminescenza di alcune sostanze come la «pietra bolognese» o di alcuni «dattili di mare», ma soprattutto si usa la chimica per scopi medici, farmaceutici, o per capire la qualità degli alimenti. In questo settore non ultimo è lo scopo di garantire l'autenticità di particolari acque minerali, (come quelle di Nocera e di Recoaro) che spesso venivano adulterate, o degli oli d'oliva, un'altra grande fonte di commercio dell'epoca, come avviene negli studi di Pozzi, il successore di Beccari [14]. Inoltre presso l'Accademia si sperimentalono sostanze come la china soprattutto per comprendere gli effetti di tale potente «febrifugo» e della complessa farmacopea atta a prevenire le «epidemie stagionali».

Se altri studi riguardanti Bologna riflettono ulteriori indirizzi come quelli sui coloranti come la cocciniglia di Monti e Marsili e la robbia di Galvani e quelli di «chimica pneumatica» di Laghi, gli studi bolognesi appaiono sostanzialmente, nell'indirizzo di Beccari, soprattutto di origine medica [14].

Il quadro degli studi torinesi, al contrario, tende a distaccarsi sensibilmente dagli indirizzi che abbiamo delineato per Bologna. Dopo inizi sostanzialmente simili, la scuola di Beccaria con gli allievi Saluzzo e Morozzo, troverà impulsi diversi, che non trascureranno contatti con il mondo produttivo locale [10, 15].

La chimica torinese è infatti molto più in sintonia con il mondo inglese, e con la nota chimica pneumatica colà praticata. Saluzzo, ispirandosi a Black, condurrà studi sui gas. La chimica torinese non sembra disdegnare, sull'esempio inglese e francese, un inizio di collaborazione fra questa disciplina e l'industria; la chimica dei coloranti, dei pellami e dei tessuti e delle polveri da sparo sono tra i settori in cui si svolge tale collaborazione.

Inoltre i torinesi saranno considerati dai chimici bolognesi un buon tramite per approfondire la chimica pneumatica di Priestley. Così il Morozzo verrà nominato accademico di Bologna nel giugno del 1784 e invitato nell'aprile dell'anno successivo a presentare una nota sulle famose scoperte di Priestley che riguardavano le piante e la loro capacità di modificare l'aria.

La chimica pneumatica inglese e l'acquisizione dei nuovi sistemi di Lavoisier sono un ulteriore punto di differenza tra Bologna e Torino.

I piemontesi, inizialmente, saranno più restii a cogliere le nuove scoperte di Lavoisier che mutavano le basi essenziali della chimica pneumatica inglese. Invece Bologna nominerà Lavoisier accademico già nel 1775, ma dopo tale nomina che dimostrava la chiara stima per le scoperte dello scienziato vi sarà difficoltà a compiere ricerche in tale direzione. Infatti da documenti del tempo dell'invasione francese (1797) (vedasi tavola) apprendiamo come gli accademici

Quar. 1112

N.º VIII. Chimica

18

Questa facoltà è fornita di tutto ciò che si richiede per insegnare un corso di chimica farmaceutica. Il Professor di ~~questo~~ ~~corso~~ è solito di dividere le sue lezioni in due anni.

Nel primo esamina chimicamente così l'istinto nel regno vegetabile, come quella del regno animale, e nel terminare le sue lezioni coll'analisi dell'acqua minerali. Nel secondo anno si occupa intorno ai fossili.

Mancano gli strumenti, che servono a porre sott'occhio la spaziosità della moderna chimica.

*Luigi Feltrino*

Tavola - Il programma del corso di Chimica dell'Istituto delle Scienze, al tempo dell'invasione francese (da Inventario di S. Canterzani, Archivio dell'Accademia delle Scienze, Antico Istituto, fasc. IX, Bologna 1797).

si sentissero inadeguati a svolgere la chimica di Lavoisier per la carenza di apparecchiature valide.

I corsi di chimica che si svolgevano a Bologna erano ritenuti insufficienti sul finire del secolo dagli stessi studiosi. Il corso di chimica era fornito di « tutto ciò che si richiede per insegnare un corso di chimica farmaceutica ». Il professore in due anni di lezioni esaminava nel primo « chimicamente » « le sostanze » dei tre regni della natura e poi chiudeva con l'analisi delle acque minerali. Il secondo anno era dedicato all'analisi dei fossili.

A parte queste considerazioni Bologna, pur carente rispetto a Torino nello sviluppo della chimica pneumatica e nelle possibili applicazioni alle manifatture di alcuni settori di ricerca, ha sicuramente un ulteriore settore che viene spesso trascurato, quello della chimica legata agli inizi della fisiologia. Se esempio ne sono gli studi di Menghini sul ferro nel sangue [14], ancora di più è l'evol-

zione legata all'elettrofisiologia che si trova in Galvani [16-17]. Galvani, infatti è di ottima formazione medica, con alcune nozioni di fisica, apprese dal Galeazzi, ma certamente in lui è più forte l'insegnamento del suo maestro Beccari, iniziatore degli studi di elettricità e di chimica in Accademia. Da questa impostazione deriveranno anche le somministrazioni di «farmaci» alle rane e la farmacologia di Galvani che cercherà di riunirsi al sistema medico di Brown. È interessante per concludere ricordare che all'epoca persino la «pila» di Volta venisse spesso definita una grande scoperta della «chimica italiana».

### *La chimica inglese del '700.*

Una breve analisi della chimica inglese, dopo questa sintetica campionatura italiana di Bologna e Torino, può dare la possibilità di delineare alcuni punti essenziali.

È noto che la chimica britannica del '6-'700 ha avuto un ruolo trainante nel contesto europeo. Boyle, Hales, Black, Cavendish, Priestley, ricoprono un ruolo fondamentale nel quadro della chimica europea prima di Lavoisier [18-19]. Infatti abbiamo visto come sia Bologna e ancora di più Torino si rifacessero ad Hales e a Black ed alla chimica pneumatica. In questo contesto è naturale come il raffronto appaia a prima vista difficile, ma non per questo meno interessante.

In questo contesto l'opera di Black [18] pone alcune considerazioni. Infatti la sua formazione e i suoi primi studi ricordano abbastanza quelli del Beccari. Black, come Beccari, è di formazione medica e come il suo collega bolognese dedica grande attenzione ai calcoli vescicali, e ai possibili mezzi di cura. Si trattava di un problema allora diffusissimo che spiegava il grande interesse per le acque minerali. Proprio per sciogliere tali calcoli Black incominciò a impiegare una sostanza come il carbonato di magnesio. Da questa sostanza Black otterrà un gas, l'anidride carbonica fondando un nuovo modo di intendere la chimica. Cavendish e Priestley approfondirono questa chimica pneumatica che avrà applicazioni mediche e che si diffonderà dall'Inghilterra al resto d'Europa. Questo filone che sarà, come abbiamo visto, praticato anche in Italia, diventerà molto diffuso ma non sarà, come tutte le nuove scuole, accettato da tutti. Cavendish e Priestley approfondiranno questi indirizzi aperti da Black con la scoperta di altri gas. Nel 1772 Priestley desterà l'entusiasmo del mondo scientifico pubblicando un articolo dove sosteneva il potere del mondo vegetale di «reintegrare» l'aria danneggiata dalla combustione. Nel 1773 questa scoperta gli varrà la medaglia Copley della «Royal Society» con la motivazione «che ogni pianta non cresce invano» e che serve a purificare la nostra atmosfera: scoperte insigni che all'epoca dominarono l'attenzione di tutti i principali luoghi della ricerca e che sono fin troppo note perché qui vi si dedichi ulteriore spazio.

Un altro approccio per comprendere il clima in cui la chimica si era svilup-

pata a quel tempo riguarda la struttura degli studi superiori e la crescita delle società scientifiche.

In Inghilterra l'Università in generale, e le due più antiche e prestigiose in particolare, rimasero relativamente isolate ed in una posizione culturale arretrata e di conservazione. Sebbene gli studenti continuassero a laurearsi a Cambridge e ad Oxford e quindi ottenessero il riconoscimento da parte del «Royal College of Physicians» a Londra, essi studiavano programmi obsoleti che puntualizzavano la classica dottrina medica con scarso insegnamento clinico e delle scienze.

In questo contesto c'è da dire che le Università scozzesi in quel tempo erano piuttosto vivaci nell'evidenziare il ruolo centrale della chimica non solo nell'educazione medica ma anche per la sua possibile utilizzazione in relazione allo sviluppo di altre attività di importanza economica. La prima cattedra di Chimica ad Edimburgo era stata creata nel 1713, occupata da J. Crawford a cui era succeduto A. Plummer. Ma fu soprattutto con W. Cullen e J. Black che la chimica assunse in Scozia a metà del '700 il profilo di scienza pubblica, non solo accademica ma con una potenzialità di applicazione in campo tecnologico ed economico. Fu proprio nel clima propizio di Edimburgo e Glasgow che Black riuscì a portare avanti le sue ricerche sui gas [18].

Tornando all'Inghilterra la tabella mostra i Professori di Chimica a Cambridge ed Oxford nel '700. Come si vede pochi sono i nomi di professori ricordati nei testi di Storia della Chimica. Sebbene Cambridge avesse avuto una cattedra di Chimica fin dal 1703 [18], l'insegnamento della materia era stato discontinuo. Il primo docente, J.F. Vigani, era stato reclutato semplicemente per la sua attività di lettore privato in città, mentre sembra che il suo successore, J. Waller, non abbia mai insegnato. Nel 1718 J. Mickelburgh, un allievo del «Corpus Christi College», fu chiamato alla cattedra e tenne cinque corsi di lezioni in un trentennio. Nel 1756 a Mickelburgh seguì J. Hadley che, dopo un breve ciclo di lezioni, lasciò per assumere una posizione meglio retribuita al «St. Thomas' Hospital» di Londra. Il docente che seguì, R. Watson, confessò di aver assunto l'incarico senza conoscere alcunché di chimica e questo sta a significare l'interesse per la materia a quel tempo a Cambridge.

La situazione era anche peggiore a Oxford [20]. Dopo la creazione della prima cattedra di Chimica nel 1683 ricoperta da R. Plat fino al 1690, il suo successore E. Harnes, di fatto si stabilì a Londra per attività più remunerative. La cattedra di Chimica, essendo venuta a mancare per difficoltà varie, il lascio per cui Ashmole l'aveva creata, decadde come nomina ufficiale e per tutto il secolo XVIII lezioni di chimica erano date solo occasionalmente. J. Freind tenne nel 1704 all'Ashmolean Museum un corso di chimica teorica e pratica con l'intenzione da introdurre una interpretazione newtoniana della chimica [21]. Dal 1708 fu attivo R. Ferwin e nel 1739 N. Alcook ebbe da affrontare l'inerzia degli accademici per i suoi corsi di chimica per gli studenti di medicina. Dopo J. Smith che lasciò nel 1766, l'insegnamento della chimica tacque ad Oxford per

TABELLA - *Professori di chimica a Cambridge ed Oxford nel '700.*


---

Cambridge	
John Francis Vigani	1703-1708
John Waller	1708
John Mickleburg	1718-56
John Hadley	1756-64
Richard Watson	1764
Oxford	
Robert Plot	1683-90
Edward Hannes	1690
John Freind	1704
Richard Frewin	1708
John Whiteside	1720
Thomas Huges	1740
Nathan Alcock	1740-58
John Smith	1758-66
Martin Wall	1781-85
Thomas Beddoes	1787-92
Robert Bourne	1793-1801

---

una quindicina d'anni, riprese con M. Wall nel 1781 e poi con T. Beddoes (già studente ad Edimburgo ed allievo di Priestley) nel 1787; il suo programma fu aggiornato con l'insegnamento della chimica pneumatica di Priestley e Cavendish e degli effetti chimici del calore di Black della Scuola Scozzese.

Pertanto nel '700 in Inghilterra, come negli altri Paesi Europei, con la sola eccezione forse della Francia, l'apporto delle Università nell'insegnamento della chimica era irregolare o addirittura inesistente.

Il posto migliore per imparare la chimica non era l'Università bensì la bottega del farmacista o i laboratori privati dei professori.

Un ruolo probabilmente più importante per lo scambio di idee e la promozione di nuovi esperimenti lo ebbero le Società filosofiche, le cosiddette «Accademie dissidenti», istituti scolastici di tipo nuovo largamente imitati altrove. Queste erano scuole per Anglicani non ortodossi, esclusi per legge dalle Università e dall'accesso alle professioni connesse alla vita politica.

Il livello di queste Accademie era generalmente buono con modernità di indirizzi didattici nelle scienze. Nelle più famose Accademie, come quella di Warrington e di Daventry, prevalevano studi di tipo superiore, mentre nelle Accademie private, che avevano un carattere laico più accentuato, gli indirizzi pratici e professionali del curriculum offrivano occasione continua di sperimentazione.

*Un breve confronto e conclusioni.*

Nel confronto fra il settecento chimico italiano e inglese è importante il rapporto che questa scienza emergente ha con il mondo dell'industria. Lo storico D.S. Landes in «Unbound Prometheus» [3] afferma come il sorgere dell'industria chimica settecentesca abbia uno speciale rilievo: il suo sviluppo più di quello di qualsiasi altra (industria) derivò dalla ricerca scientifica. Questo aspetto può delineare molto meglio la differenza tra il contesto socio-economico italiano e quello inglese. Infatti a spiegazione di ciò non è sufficiente citare la supremazia metodologica del metodo baconiano o la forza della Società Reale Inglese. Lo sviluppo dell'industria chimica britannica è solo in parte un problema accademico e di rapporti con la ricerca; la vitalità della ricerca inglese del '700 trova le sue basi nella vitalità stessa della società inglese, nella sua economia e nelle sue istituzioni [22].

Il mondo accademico italiano, pur denso di grandi nomi, appare più isolato e meno capace di comunicare tranne alcuni casi ragguardevoli (come quello torinese) con la società, e con i governi degli Stati Italiani i cui commerci e le manifatture vivono una profonda crisi. La figura del chimico non è rappresentativa: in Italia una simile figura professionale può essere difficilmente accettata non essendo né un medico, né un farmacista, né un avvocato ed esulando quindi dalle antiche professioni canoniche.

Al contrario proprio in Inghilterra si formerà, anche se faticosamente, questa unione di intenti tra mondo accademico e industria proprio attraverso la figura del chimico. Rupert Hall [2] ricorda come Black incominciasse a collaborare con l'industriale di Birmingham John Roebuck per la sintesi della soda a scopo industriale. Priestley invece si occuperà della ceramica con il più grande industriale del settore, Wedgwood. Scienziati e imprenditori inglesi, nella seconda metà del secolo XVIII, iniziarono a scambiarsi informazioni; questo è il caso della «Lunar Society» di Birmingham dove troviamo tra i soci «chimici» come Priestley, Keir, Garnett, Darwin e imprenditori come Wedgwood, Boulton, Watt e Galton [2, 18].

In questo quadro positivo della chimica inglese non dobbiamo dimenticare come il sistema teorico in cui si muovevano questi grandi innovatori industriali fosse non del tutto valido. Infatti la chimica pneumatica riconosceva ancora il misterioso flogisto, il principio occulto che poteva produrre le reazioni e modi-

ficare la materia, e Cavendish, quando scoprì l'idrogeno, cominciò a pensare di essere forse riuscito ad isolare proprio il flogisto.

Assistiamo dopo Lavoisier a una sorta di contestazione di tutto questo complesso apparato di studi inglesi settecenteschi, e gli storici fanno iniziare la chimica moderna solo con Lavoisier. Ciononostante l'Inghilterra riuscirà a trarre dalla sua chimica settecentesca non solo conoscenze teoriche ma anche importanti risultati pratici. I chimici inglesi non erano solo dei teorici ma soprattutto dei convinti sperimentalisti. Questo aspetto li porterà ad indagare sulla natura di buona parte dei materiali «organici» impiegati nelle lavorazioni chimiche di allora: l'urina, il latte acido, l'acqua di crusca, il sangue, la fuliggine, le corna di animali, le ossa, il tannino, ecc. lavorazioni e composti antichi che vennero studiati per lo sfruttamento industriale dai chimici inglesi [2].

Queste possibilità di rivisitare e perfezionare gli antichi procedimenti di chimica, come quelli che riguardavano lo zolfo, la soda, la potassa, l'acido solforico o l'allume porterà gli inglesi già nella prima metà del XIX secolo ad avere due vastissime zone industriali dedicate alla chimica; le regioni del Tyne e del Mersey che non avranno rivali in tutta Europa [3].

Nel periodo eroico che precedette la rivoluzione industriale inglese i nuovi contributi nella chimica vennero portati, tranne poche eccezioni, da uomini estranei agli antichi centri di cultura, spesso da autodidatti o da persone facoltose; Cavendish era un ricco eccentrico, Priestley un ministro del culto che si dedicava alla chimica come passatempo, Dalton un maestro elementare etc. Le scoperte vennero quasi sempre da scienziati isolati, stimolati o da semplice curiosità o dalle esigenze del progresso industriale. Nello stato di relativa inefficienza e disorganizzazione della scienza ufficiale inglese dell'epoca si assiste alla storia episodica, inseparabile dalle vicende personali di uomini di genio, una storia di scienziati più che della scienza. In Gran Bretagna furono le piccole Università Scozzesi come già detto, ad offrire ai talenti le condizioni più favorevoli [18].

Sebbene i titoli accademici fossero tenuti altrove in scarsa considerazione, i nuovi corsi di Medicina e Scienze di Edimburgo e Glasgow attirarono molti ingegni vivaci dall'Inghilterra e contribuirono a preparare il personale per i nuovi centri di studio che si andavano formando in America.

Alla fine del '700, comunque, l'industria chimica, anche se non la più importante per dimensioni e conseguenze, fu la più recente dal punto di vista del prodotto e delle possibilità economiche che apriva, ma le sue innovazioni apparentemente dovettero ben poco al lavoro teorico [23].

L'ipotesi atomistica non serviva in una tintoria o in una fabbrica di acido solforico. Nemmeno la profonda rivoluzione portata da Lavoisier nella chimica con la sua teoria della combustione, ebbe una importanza immediata per l'industria. Ciò che servì maggiormente al progresso industriale fu il crescente volume di esperienze particolari sul trattamento ed il comportamento degli elementi e dei composti. Erano il caso e la fortuna a determinare, entro certi limiti, le sorti

della giovane industria chimica. Ogni nuovo sbocco aperto ed ogni riduzione di prezzi creava una spinta che si ripercuoteva lungo tutta la concatenazione nella produzione di acidi, alcali, fertilizzanti, candeggianti, coloranti, vetri, saponi, esplosivi etc. e tutto si traduceva in sviluppo economico.

Più che una superiorità scientifica, in questo sviluppo dell'industria chimica britannica, appare decisivo il ruolo del mondo statale e la vivacità degli imprenditori [24]. Gli Stati Italiani appaiono invece preoccupati del possibile impatto sociale di una larga diffusione della manifattura con tutti i problemi connessi alla salute e all'ordine pubblico [25].

Questa collaborazione tra chimici e industriali che vedrà in altri paesi le figure di Seuvres, Baume, Guyton de Morveau, Macquer, Chaptal, persino Lavoisier [2-3], sarà una sorta di linea di separazione tra i paesi capaci di decollare sulla futura strada della rivoluzione industriale. Questa capacità che vediamo di dialogare tra scienze e industria la si scorge per la prima volta in Inghilterra nel XVIII nel modo più convincente nel settore della chimica.

In Italia abbiamo visto come questo non sia avvenuto se non in casi sporadici tra cui spicca lo scienziato imprenditore astigiano Giobert [10], e con ogni probabilità questo costituisce un grosso limite che spiega perché la chimica settecentesca italiana difficilmente riesca ad uscire dai limiti della farmacia e della medicina. Questa difficile identità della figura del chimico provocherà ben oltre il XVIII secolo profondi ritardi non solo in campo accademico ma nella creazione di un'industria nazionale di prodotti chimici.

Questa situazione incomincerà a migliorare solo dopo l'unità d'Italia quando ci si renderà conto di come fossero antiquati tali procedimenti produttivi. Ugualmente la chimica italiana accademica riuscirà solo abbastanza tardi, dopo l'unità d'Italia, a rinnovare i propri programmi di studio separandoli, dai soliti studi, di farmacia, tossicologia e scienze naturali che ne rappresentavano la prassi [26]. Lo spunto e la riflessione principale che proviene dal nostro contributo alla fine di questo breve confronto tra la chimica italiana e inglese del 700 è l'esigenza ancora attuale e valida di non isolare mai la ricerca dalla società. Ciò dimostra che lo studio accademico e in questo caso quello della chimica può essere un fattore decisivo di sviluppo economico, sociale e produttivo. Il non saper tener conto in anticipo di tali realtà cioè di come la ricerca sia indispensabile all'economia quanto lo stesso spirito imprenditoriale è la morale più significativa che possiamo trarre in conclusione del nostro studio.

NOTE BIBLIOGRAFICHE

- [1] C.M. CIPOLLA, *Storia Economica dell'Europa pre-Industriale*, Il Mulino, Bologna 1990.
- [2] A.R. HALL, *Il Metodo Scientifico e i Progressi della Tecnica*, in «Storia Economica di Cambridge», vol. 4, Einaudi, Torino 1975.
- [3] J. LANDES, *Prometeo Liberato*, Einaudi, Torino 1978.
- [4] L. CAMPANELLA, *Intervista a Ilya Prigogine*, Mondo Operaio, 11, 1986.
- [5] H. KELLENZ, *L'Organizzazione della Produzione Industriale*, in «Storia Economica di Cambridge», vol. 5° (Economia e Società nell'Età Moderna), Einaudi, Torino 1978.
- [6] C.H. WILSON, *Il Problema Storico della Crescita e del Declino Economico dell'Età Moderna*, in «Storia Economica di Cambridge», opera citata in 5.
- [7] H. PIRENNE, *Storia Economica e Sociale del Medioevo*, Garzanti, Milano 1977.
- [8] F. GILBERT, *Macchiavelli e Guicciardini*, Einaudi, Torino 1977.
- [9] Si rimanda ai testi a cura di W. Tega, *Anatomie Accademiche*, edite dal Mulino, Bologna, Anni 1984 e seguenti.
- [10] G. PEDROCCO, *Scienziati Piemontesi nell'Evoluzione della Chimica Settecentesca*, in «Scienze e Tecnologie in Europa nell'età Moderna», a cura di G.L. Calcagno, V. Pallotti, G. Pedrocco, Clueb, Bologna 1979.
- [11] M. ZUCI, *Iacopo Bartolomeo Beccari e la Prima Cattedra di Chimica nel Contesto dell'Istituto delle Scienze*, Bologna 1987.
- [12] S. TAGLIANINI, «Chymica» in *Anatomie Accademiche*, II, Il Mulino, Bologna 1987.
- [13] A.J. IDEE, *The Development of Modern Chemistry*, Dover Publications Inc., New York 1984.
- [14] *L'Accademia delle Scienze dell'Istituto di Bologna dalla sua Origine*, Zanichelli, Bologna 1881.
- [15] G. TESTI, *Storia della Chimica*, Casa Ed. Mediterranea, Roma 1940.
- [16] S. GHERARDI, *Collezione delle Opere di Luigi Galvani*, Bologna 1841.
- [17] G. PANCALDI, *Luigi Galvani. Storia Illustrata di Bologna*, 15/VI, Aisp Editrice, Repubblica San Marino 1987.
- [18] J. GOLINSKI, *Science as Public Culture. Chemistry and Enlightenment in Britain, 1760-1820*, Cambridge University Press, 1992.
- [19] F. ABBEZ, *Le Terre, l'Acqua, le Arie. La Rivoluzione Chimica del Settecento*, Il Mulino, Bologna 1984.
- [20] A.V. SIMCOCK, *The Ashmolean Museum and Oxford Science, 1683-1983*, Oxford 1984.
- [21] A. BECCEGA, G.E. ADAMS, *La Chimica Newtoniana*, «Giornale di Fisica», vol. XXX, N. 1-2, 93, 1989.
- [22] D.C. COLEMAN, *The Economy of England, 1450-1750*, University Press, Oxford 1989.
- [23] R. FOX, *An Uneasy Coexistence: Rhetoric and Reality in the Relations between Academic and Industrial Chemistry, 1770-1914*, Atti IV Convegno Nazionale di Storia e Fondamenti della Chimica, Venezia 7-9 Novembre 1991, vol. 110, «Memoria di Scienze Fisiche e Naturali. Rendiconti della Accademia Nazionale delle Scienze detta dei XL», Serie V, vol. XVI, p. II, 1992, p. 521.



NICOLETTA NICOLINI (\*)

**«La lotta per l'esistenza»  
nella legge d'azione di massa (\*\*)**

«Der Kampf um's Dasein» in the law of mass action.

**Summary** - The productive development of the industrial society in the second half of the 18th century needs a revision of the chemical processes in terms of efficiency and inspire the study of the chemical equilibrium in a dynamic conception.

In the paper a careful examination of «Guldberg and Waage law of mass action» will be taken in the three moments after its formulation (1865 - 1867 - 1879). Particularly we shall examine the second French version and the third German one, trying to emphasize the scientific and social influences that have brought the authors to an idea of mobile equilibrium among «active molecules»; closing together different cultural phenomena in different areas we shall try to detect which kind of a «strong model» could be found in thought production in these fields.

«Le teorie, finora usate, che riguardano il modo in cui agiscono le forze chimiche, sono giudicate insufficienti da tutti i chimici. E questo vale sia per le teorie elettrochimiche che per quelle termochimiche. Ancora più incerta è la possibilità di trovare la legge secondo la quale agiscono le suddette forze basandosi sullo sviluppo di elettricità e calore durante la reazione. Noi abbiamo cercato di trovare un metodo più diretto per determinare il modo d'azione di queste forze e crediamo, con una ricerca quantitativa sull'azione contrapposta di diverse sostanze, di aver imboccato una strada che ci guiderà alla meta nel modo più certo e naturale».<sup>1</sup>

Così Cato Maximilian Guldberg e Peter Waage presentarono il loro primo lavoro sugli «Studi sull'affinità» nei quaderni dell'Università di Christiania (Oslo) nel 1864, lavoro che era iniziato già nell'autunno del 1862 e portato avanti fino ad allora con 300 esperienze quantitative.

(\*) Dipartimento di Chimica, Università degli Studi di Roma «La Sapienza».

(\*\*) Relazione presentata al V Convegno Nazionale di «Storia e Fondamenti della Chimica» (Perugia, 27-30 ottobre 1993).

<sup>1</sup> *Abhandlungen aus den Verhandlungen i Videnskabs-Selskabet i Christiania 1864*, da «Ostwald's Klassiker der exakten Wissenschaften», Leipzig, V. Engelmann 1899, p. 3.

Guldberg in quel momento era insegnante di matematica e scienze alla Regia Scuola Militare (fu nominato professore di matematica applicata all'Università nel 1869) e Waage era professore di chimica e direttore del Laboratorio Chimico alla stessa università.<sup>2</sup>

Del loro lavoro sull'affinità vi sono tre versioni successive. La prima, da cui è stata tratta l'introduzione, è scritta in norvegese e risale al 1864, la seconda, pubblicata anch'essa come programma del corso semestrale sui quaderni di facoltà, è del 1867, la terza in norvegese sempre sui quaderni di facoltà e in tedesco sul *Journal für praktische Chemie*, è del 1879.

I titoli di tutti e tre i lavori si riferiscono in modo specifico a ricerche sull'affinità chimica. Di questi sono stati esaminati in dettaglio il lavoro in francese del 1867 e quello in tedesco del 1879. Per quanto riguarda il primo mi sono avvalsa della riproduzione parziale in tedesco apparsa sugli *Ostwald's Klassiker*.

La relazione viene suddivisa in tre parti che riguardano:

- 1) I contenuti disciplinari del lavoro ed in particolare come Guldberg e Waage arrivarono alla definizione della legge.
- 2) Le differenze lessicali e stilistiche tra i lavori esaminati.
- 3) Le analogie in campi diversi e la ricerca del modello forte.

## 1. I PARTE: I CONTENUTI.

### 1.1. *L'impostazione generale.*

L'impostazione generale dei lavori di Guldberg e Waage è la seguente:

*finalità:* trovare un metodo per misurare le forze chimiche;

*metodologia:* tramite reazioni «incomplete» opportunamente scelte;

*percorso:* dalla meccanica.

<sup>2</sup> Guldberg, nato a Christiania nel 1836, si laurea in matematica e scienze nel 1859. Nello stesso anno ottiene una borsa di studio per l'estero (Parigi, Zurigo) e nel 1860 diventa insegnante di matematica pura ed applicata nell'Accademia Militare Reale. Due anni dopo passa alla Scuola Superiore Militare. In questo periodo di dedica allo studio dell'affinità chimica con il cognato Waage. Nel 1869 diventa professore di matematica applicata e di tecnologia all'Università di Christiania come successore di Bjerknes. Redattore dal 1863 del «*Polyteknisk Tidsskrift*», la sua intesa attività scientifica si svolge nell'ambito della fisica molecolare e della termodinamica delle soluzioni toccando anche problemi legati all'uso della polvere da sparo e a movimenti atmosferici. Muore a Christiania nel 1902.

Waage, nato a Flekkefjord nel 1833, diventa nel 1862 professore di chimica all'Università di Christiania dove, dal 1866, insegna analisi qualitativa. Ha una produzione scientifica numerosa, ma meno importante di Guldberg, nell'ambito della chimica organica, inorganica e minerale. È socio di accademie scientifiche e letterarie nazionali ed estere e si dedica a varie attività di interesse sociale. Muore a Christiania nel 1900.

Notizie da Pogendorf, 3° e 4° vol., e da R. ASSEGG, *Untersuchungen über die chemischen Affinitäten von Guldberg und Waage*, «Ostwald's Klassiker», Leipzig 1899.

Secondo Guldberg e Waage «in chimica come in meccanica il metodo più naturale è la definizione delle forze nella loro condizione di equilibrio».<sup>3</sup> Le due strade proposte percorrono due vie, l'una statica e l'altra dinamica. Attraverso la prima si arriva ad uno stato di equilibrio in modo da avere una eguaglianza di forze contrapposte  $F = F'$ . Percorrendo la seconda, attraverso la misura della velocità  $v = dx/dt$  e tramite un'uguaglianza di velocità  $v_1 = v_2$ , si ritorna allo stato di equilibrio, cioè si prende l'equilibrio chimico come risultante delle due velocità delle reazioni contrapposte.

### 1.2. Versione francese.

Guldberg e Waage riprendono le esperienze di Regnault sull'azione del vapore d'acqua sui metalli a riprova dell'influenza della temperatura e delle masse dei corpi sull'andamento della reazione, e poiché la forza di affinità tra due sostanze deve avere caratteristiche opposte, può essere considerata proporzionale tanto all'una tanto all'altra sostanza, cioè in altri termini può essere considerata proporzionale al prodotto delle loro masse attive moltiplicato per un coefficiente di affinità. Non c'era niente di nuovo rispetto allo studio dell'esterificazione di Bertholet e Saint Gilles<sup>4</sup> ma, e questa è invece la novità, Guldberg e Waage pensavano di trovare i valori numerici per la grandezza della forza chimica, o meglio, dei numeri che esprimessero l'«affinità relativa di ogni combinazione chimica come i pesi atomici rappresentano il loro peso relativo».<sup>5</sup>

La condizione migliore per questo studio era mettersi in condizioni di equilibrio e trovare pertanto non i valori assoluti dei coefficienti di affinità ma il rapporto tra i coefficienti di affinità.

All'equilibrio corrisponde un'eguaglianza di forze e la velocità di reazione in ogni istante è proporzionale alla differenza tra la forza di affinità diretta e la forza di affinità inversa.

Guldberg e Waage non pensavano di dare una risposta conclusiva al problema dell'affinità, ma ritenevano di aver indicato una via corretta per chiarire la teoria della statica chimica.

In questa seconda versione la legge dell'azione di massa viene scritta mettendosi subito in condizioni di equilibrio:

$$T = T'$$

<sup>3</sup> GULDBERG e WAAGE, *Etudes sur les affinités chimiques*, Ed. Brøgger, Christiania 1867, p. 4.

<sup>4</sup> I lavori di Bertholet e Pean Saint Gilles sono citati anche da Guldberg e Waage, in particolare quelli apparsi su «Ann. de Chim. e Phys.» [3], t. LXV, 1862, pp. 385-422; t. LXVI, 1862, pp. 7-110 e t. LXVIII, 1863, pp. 225-368.

<sup>5</sup> GULDBERG e WAAGE, 1867, *cit.*, p. 74.

dove

$$T = Kpq$$

$$T' = K'p'q'$$

essendo  $p, q, p', q'$  le masse attive di A, B, A', B' all'equilibrio (intendendo per massa attiva il rapporto fra le quantità assolute e il volume di reazione), K e K' sono i coefficienti di affinità (tra A e B e tra A' e B' rispettivamente), T e T' sono le forze di affinità che tendono a formare A' e B' (se T) o A e B (se T').

In realtà oltre alle masse attive e ai fattori intrinseci (cioè qualitativi) espressi dai coefficienti di affinità, il comportamento del sistema è caratterizzato da altri meccanismi, espressi dalle cosiddette forze secondarie capaci di modificare le forze di affinità.

Nel lavoro precedente (in norvegese 1864) avevano già tenuto conto delle forze secondarie, attraverso le costanti, a, b, a' e b', in questo invece adottano un approccio più complicato, considerando nella definizione delle forze di affinità anche tutte le altre interazioni fra i componenti del sistema (p.es. nella formulazione di T, oltre all'interazione tra A e B, viene presa in esame l'interazione tra A e A', tra A e B', tra B e A', tra B e B').

In definitiva la nuova scrittura di T e T' diventa:

$$T = Kpq + app' + bpq' + cqp' + dqq'$$

$$T' = K'p'q' + a'q'p + b'q'p + c'p'q + d'q'q'$$

All'equilibrio  $T = T'$  e ponendo  $\alpha = a' - a$ ,  $\beta = b' - b$ ,  $\gamma = c' - c$  e  $\delta = d' - d$ , si ottiene:

$$Kpq = K'p'q' + \alpha p'q' + \beta pq' + \gamma p'q + \delta qq'$$

Analogamente al primo lavoro la velocità netta di reazione è data da:

$$v = \Theta (T - T')$$

dove  $\Theta$  è il coefficiente di velocità. Se  $v = 0$ ,  $T = T'$ . La velocità è proporzionale alla forza totale di A e B e di A' e B'.

### 1.3. Versione tedesca.

Nel secondo lavoro rimaneva aperto il discorso degli esponenti.

Nel terzo lavoro in tedesco si recupera la «struttura» del primo lavoro con un conseguente recupero degli esponenti a, b, c, d e si cerca di interpretare il loro significato fisico sempre nel presupposto che non si prendano in considerazione le forze secondarie. «Una situazione simile potrebbe essere quella delle soluzioni diluite, dove la termochimica ha già dimostrato che ulteriori aggiunte di acqua non comportano apprezzabili sviluppi di calore».<sup>4</sup>

<sup>4</sup> GULDBERG e WAAGE, «Journal für Praktische Chemie», 19, 1879, p. 79.



supposto che A sia formato da  $\alpha + \sigma$  (particelle: atomi o molecole) che abbiano movimenti propri, potrà succedere che  $\alpha$  e  $\sigma$  si allontanino tra loro fino al punto di rottura e diventare due particelle autonome.

Situazione analoga per B formato dalle due particelle  $\beta$  e  $\delta$ .

Si otterranno altre sostanze A' e B' formate dallo scambio delle particelle originali per esempio  $\alpha$  e  $\delta$  vs  $\beta$  e  $\sigma$ . In pratica:

$$A' = \alpha + \delta \quad e \quad B' = \beta + \sigma$$

e viceversa.

Si spiega così la nuova formazione e la retroformazione di sostanze.

Allora se A e B sono le sostanze originarie, p e q il numero di molecole nell'unità di volume, la *frequenza* degli incontri tra le molecole A e B sarà = p · q.

Se ogni incontro è favorevole alla formazione di nuovi corpi, la velocità con cui procede la reazione sarà:

$$v = \emptyset p \cdot q$$

dove  $\emptyset$  è il coeff. di velocità che dipende dalla temperatura.

«Questo modo di vedere, nato dalla teoria di dissociazione dei gas, può essere esteso a tutti gli stati di aggregazione»<sup>11</sup> e allora:

tra le p molecole di A nell'unità di volume ci sarà una frazione a

tra le q » » B » » » » » » » » b

in grado di dar luogo ad una trasformazione in seguito agli urti.

Nell'unità di volume avremo:

a · p molecole della sostanza A

b · q molecole della sostanza B

che dal loro incontro daranno luogo ad una nuova sostanza.

Quindi la *frequenza* degli incontri delle molecole che sono nella condizione di trasformarsi sarà uguale a ap · bq

e la velocità:

$$v = \emptyset ap \cdot bq$$

Se si sostituisce

$$k = \emptyset ab$$

avremo

$$v = k \cdot p \cdot q$$

Più in generale:

se la reazione è una reazione di addizione formata da

$\alpha$  molecole di A

$\beta$  molecole di B

$\gamma$  molecole di C.

<sup>11</sup> GULDBERG e WAAGE, 1879, *op. cit.*, p. 77.

e cioè  $\alpha A + \beta B + \gamma C$ .

avremo per la velocità:

$$v = \ominus \underset{\text{(per un num. } \alpha \text{ di mol.)}}{ap} \cdot \underset{\text{(per un num. } \beta \text{ di mol.)}}{ap} \cdot \underset{\text{(per un numero } \gamma \text{ di molecole)}}{ap} \dots \quad bq \cdot bq \cdot bq \dots \quad cr \cdot cr \cdot cr \dots$$

$$v = \ominus a^{\alpha} p^{\alpha} \cdot b^{\beta} q^{\beta} \cdot c^{\gamma} r^{\gamma} = kp^{\alpha} q^{\beta} r^{\gamma}$$

espressione in cui compare per la prima volta (nelle tre versioni) la potenza della massa attiva che corrisponde al numero di molecole che reagiscono.

«Per ottenere le condizioni di equilibrio si scrive l'eguaglianza delle velocità di entrambe le reazioni opposte». <sup>12</sup> La velocità assoluta sarà uguale alla differenza di velocità delle due reazioni contrapposte e corrisponderà al tempo necessario per lo svolgimento della reazione.

## 2. II PARTE: LE DIFFERENZE LESSICALI

### 2.1. La presenza di concetti.

Analizziamo la presenza di alcuni concetti nella versione francese (1867) e tedesca (1879) (con X si intende la presenza del concetto nel lavoro in esame):

Dalla <i>Meccanica</i>	francese	tedesca
— equilibrio	X	X
— risultante di forze	X	—
— forze estranee (che rallentano o accel. ma non partecipano alla reazione)	X	X
— velocità	<u>X</u>	<u>X</u>
	4	3
Dalla <i>Cinetica</i>		
— frequenza	—	X
— sfera d'azione	X	X
— «urti efficaci»	<u>—</u>	<u>X</u>
	1	3

Si nota un lento passaggio della *Meccanica* alla *Cinetica*. <sup>13</sup>

<sup>12</sup> GULDBERG e WAAGE, 1879, *cit.*, p. 78.

<sup>13</sup> Dalle citazioni dei lavori, dirette e indirette, sembra che Guldberg e Waage non conoscano Wilhelmy.

## 2.2. La scansione delle parti.

Ora analizziamo la scansione delle parti internamente ai lavori.

### *Lavoro francese*

INTRODUTTIVA: — si riportano citazioni (Bergman afferma che x

Berthollet » » y

Regnault » » z

G. e W. afferma che x e z nega y).

CORPO: — dalla meccanica (con statica > dinamica).

CONCLUSIVA: — «noi abbiamo pensato che si potrebbe...»

— «noi abbiamo supposto...»

— «anche se non abbiamo risolto, crediamo di aver segnalato...»

ecc.

Vi è:

— uso del condizionale e scelta degli stilemi che appoggiano un discorso soggettivo ma senza rivendicarlo;

— stile giustificativo-dimesso;

— ritmo lento;

— grande scarto tra fabula ed intreccio.

Se prendiamo il concetto di tempo come categoria interpretativa abbiamo:

— una struttura lineare in cui lo sviluppo del testo è legato da rapporti causali;

— ordine espositivo segue l'ordine cronologico.

In simboli:

$$I = C (S > D) >> CI$$

dove I = introduzione

C = corpo

CI = conclusioni

S = statica

D = dinamica

### *Lavoro tedesco*

INTRODUTTIVA: — manca.

CORPO: — dalla meccanica (con statica < dinamica).

CONCLUSIVA: — «noi deriviamo la legge di azione di massa».

Vi è:

— maggior uso dell'impersonale;

— stile asciutto, determinato;

— dal discorso soggettivo si passa all'oggettivo fino alla certezza;

— non ci sono considerazioni di tipo filosofico/descrittivo;

— minor scarto tra fabula e intreccio;

- maggior uso dei simboli matematici;
- maggior uso dei costrutti e locuzioni verbali di movimento.

Per quanto riguarda il tempo come categoria interpretativa:

- tempo distorto/frantumato (le conclusioni sono quasi all'inizio);
- ci sono anticipazioni e recuperi che non seguono l'ordine espositivo-cronologico.

In simboli:

$$I = CI \ll C \quad (D > S)$$

In conclusione la scansione delle parti è in misura quantitativamente diversa.

### 2.3. *Le ricorrenze.*

Se analizziamo le ricorrenze (per esempio la parola *Geschwindigkeit* = velocità), questa compare nella versione

- francese, 67 volte su 116 pagine;
- tedesca, 30 volte su 46 pagine.

Riportata a 100 abbiamo una preponderanza del 10% in più nella versione tedesca. Inoltre nel lavoro tedesco compaiono altri termini «di movimento» che non compaiono nel lavoro francese (p.es. *bewegliche Gleichgewicht*, *Bewegung*, ecc.).

Vi è un passaggio da *statico* a *dinamico* anche all'interno del sistema comunicativo.

## 3. III PARTE: LE ANALOGIE.

In questa terza parte accostando sincronicamente fenomeni culturali diversi in ambiti diversi si cerca di individuare le analogie che legano i fenomeni stessi, in pratica quale modello forte si rintraccia nella produzione di pensiero in ambiti diversi.

### 3.1. *Analogie e correlazioni.*

I temi del «movimento», dell'equilibrio statico e dinamico ecc. che si trovano in numerosi settori sono coincidenze fondate sulle medesime categorie di pensiero? O altrimenti qual è il legame? Sono prestiti o travasi da altri campi o hanno un'origine indipendente? Sono categorie logiche generali che ricorrono ad esempio sia nelle scienze fisiche che nelle scienze sociali?

Il confronto che viene proposto non viene fatto con le teorie fisiche, piut-

tosto ovvio (in particolare con la teoria cinetica dei gas e la meccanica statistica sviluppatasi tra gli anni '60 e '80), ma con la altrettanto contemporanea *teoria dell'equilibrio* in campo economico, portata avanti da economisti di taglio non marxista.

In particolare mi riferisco alla scuola di Losanna ed al suo fondatore, Walras, secondo il quale il mercato era costituito da una fase dinamica di turbamento continuo dell'equilibrio per i cambiamenti dei suoi dati, ben diverso dal concetto di equilibrio analogo al lago agitato dal vento di Smith.<sup>14</sup> L'obiettivo di Walras era la definizione di un processo per mezzo del quale si stabilisse un equilibrio generale che tenesse conto dell'interdipendenza di tutte le attività economiche.<sup>15</sup>

La capacità di autoregolazione del mercato si fondava sul presupposto di un meccanismo di libera concorrenza. L'economia era al centro di un dibattito sulla staticità o meno della disciplina e non era raro il richiamo ai contributi di Malthus (con la proposta di processi dinamici come rapporto di variabili in equilibrio), naturalmente a quelli di Darwin con la lotta tra gli individui all'interno della stessa popolazione e a quelli di Spencer con il concetto di sopravvivenza del più adatto esteso alla società umana che ha aperto il filone del darwinismo sociale.

In pratica, riprendendo Walras, ora vengono studiati i processi stazionari ed evolutivi che si analizzano mediante metodi statici e dinamici «in condizioni di perfetto equilibrio e di pura concorrenza».

### 3.2. Il legame?

C'è un legame tra queste considerazioni e i lavori di Guldberg e Waage?

Dall'analisi dei riferimenti bibliografici di entrambi i lavori e dall'analisi dei riferimenti bibliografici effettuata a sua volta su ogni singolo autore citato da Guldberg e Waage, si trova nella versione tedesca la curiosa presenza di Pfaunder,<sup>16</sup> che oltre a *Beiträge zur chemischen Statik* (1867) in cui si parla di

<sup>14</sup> J. SCHUMPETER, *Storia dell'analisi economica*, v. III, Einaudi-Boringhieri 1960, p. 1227.

<sup>15</sup> L'opera fondamentale di Walras è *Éléments d'économie politique pure ou théorie de la richesse sociale*, di cui la prima parte fu pubblicata nel 1874 e la seconda nel 1877. In italiano si ha la traduzione, pubblicata nel 1878 nella «Biblioteca dell'economista» col titolo *Teoria matematica della ricchezza sociale*, di quattro memorie apparse tra il 1873 e il 1876. Si veda C. NAPOLitano, *Il pensiero economico del '900*, Einaudi, Torino 1963, pp. 1-33.

<sup>16</sup> L. Pfaunder, nato a Innsbruck nel 1839 studia chimica, fisica e matematica a Monaco, Innsbruck e a Parigi con Regnaud. Diventa professore ordinario di fisica alla Università di Innsbruck e nel 1881 Rettore. Socio di numerose accademie, è noto per i suoi studi sulla teoria del calore, sui raggi Roentgen, e sul principio Doppler. Ha costruito numerosi apparecchi dimostrativi di fisica e si è occupato della fotografia a colori. Dal 1891 al 1910 passa all'Università di Graz dove muore nel 1920.

movimenti disuguali tra molecole, di forza viva (energia) media che non varia a temperatura costante, di disuguaglianza tra molecole all'aumento della temperatura, molecole che non sono nelle medesime condizioni di movimento e quindi non sono in grado di separarsi nel medesimo istante, vi è un secondo lavoro del 1874, che riprende i concetti precedenti, dal titolo significativo *Der Kampf um's Dasein unter den Molekelen* (La lotta per l'esistenza tra le molecole). Lavoro espressamente ricondotto e paragonato ai concetti di Darwin, in cui si propone di chiamare la dissociazione di Deville e i processi conseguenti con la espressione «concorrenza delle molecole».<sup>17</sup>

Certo la tecnica della misura attraverso le citazioni, soprattutto se indirette come in questo caso, non può accertare la conoscenza del lavoro di Pfaundler da parte di Guldberg e Waage, ma questo porta ad un'ulteriore riflessione. Si parla della versione francese come sconosciuta ai contemporanei. È vero che era stata pubblicata solo sui quaderni di Facoltà che non si prestavano ad una grande diffusione, ma il lavoro era stato citato da scienziati di grande nome prima del 1879. Mi riferisco al lavoro di Thomsen del 1869, a Horstman del 1873 e a Ostwald del 1876.

È quindi la modifica delle idee dominanti che spinge ad accettare in pieno il lavoro tedesco del 1879?

### 3.3. *Quale modello forte.*

Per concludere, le relazioni sopracitate, se non sono empiriche, denotano un ulteriore esempio di influenza reciproca tra scienza e tecnica da una parte e manifestazioni di vita e di cultura dall'altra.

Queste influenze sono da ricercare nelle idee politiche, sociali ed economiche del periodo in esame, tipico di una società liberale?

In altri termini, usando le metafore, è il passaggio dall'immagine bilancia a quella del pendolo (visto come uno schema d'azione del liberismo economico) per arrivare ai meccanismi a feed-back di fine secolo, lo schema per interpretare fenomeni complessi sia politici che scientifici?<sup>18</sup>

Il raffronto tra le metafore non è solo il frutto di trasformazioni tecniche più o meno complesse ma riflettono le idee dominanti dei sistemi politici e servono come schemi generali per interpretare e strutturare i fenomeni complessi.

All'inizio del decennio 1870 l'espansione economica e il liberalismo sembravano difatto irresistibili, governati da una società borghese convinta che lo

<sup>17</sup> L. PFAUNDLER, «Pogg. Ann.», v. 50, 1874, pp. 182-198.

<sup>18</sup> Per un'analisi sulla libertà e autorità nel pensiero politico dell'Europa moderna si veda O. MAYR, *La Bilancia e l'Orologio*, Il Mulino, 1988.

sviluppo economico si poggiasse sulla concorrenza e sul successo nel comprare ogni cosa. «In quella lotta per l'esistenza che servì come metafora di base per il pensiero economico, politico, sociale e biologico del modo borghese, soltanto i più idonei sarebbero sopravvissuti e la loro idoneità sarebbe stata attestata non solo dalla loro sopravvivenza ma dalla loro dominazione».<sup>19</sup> L'ideologia di progresso pertanto si basava sulle nuove, continue e facili opportunità di mercato in grande espansione. La storia di questo periodo è «la storia della massiccia avanzata dell'economia mondiale del capitalismo industriale, dell'ordine sociale da essa rappresentato, delle idee e credenze dalle quali sembrava trarre legittimazione e ratifica: nella ragione, nella scienza, nel progresso, nel liberalismo».<sup>20</sup> Non è più quindi la vita dei campi o la fabbrica del 700 a trasmigrare nei comportamenti e nella produzione di pensiero ma «il modello forte» diventa il borghese conquistatore e trionfante.

<sup>19</sup> E.J. HOBBAWM, *Il trionfo della borghesia 1848-1875*, Laterza, Bari 1979, p. 143.

<sup>20</sup> E.J. HOBBAWM, *cit.*, p. 5.

MARIAGRAZIA PLOSSI ZAPPALÀ (\*)

## **Il cammino della carta nei secoli: dalla Cina a Fabriano (\*\*)**

**The history of the paper evolution through centuries: from China to Fabriano (Italy).**

**Summary** - In China, during the period of Chien-ch'u, A.D. 105, Ts'ai Lun announced the invention of papermaking: the paper was made from mulberry (*Broussonetia papyrifera*) and other barks, fish nets, hemp and rags.

The first paper, introduced into Japan from Korea (about A.D. 610), was made from mulberry.

From China the paper found its way into Central Asia and Persia by a route well known to the caravans which sought to open a road connecting the Pacific with the Mediterranean, and finally arriving at Samarkand, but it is thought that paper was not actually made in Samarkand after A.D. 751.

From Samarkand the craft of making paper spread to Baghdad and Damascus, Egypt and Mosocco, finally into Spain and Italy a thousand years after its invention in China.

The paper in Europe was made from macerated linen, hempen and cotton cloth, each sheet being dipped in a solution of gelatine rendered from the hoofs, hides and horns of animals.

The nature of paper dictated the methods employed in printing.

### *La fabbricazione in Oriente.*

La leggenda racconta che nel 105 d.C. in Cina, durante il periodo di Chien-ch'u, il nobile ministro cinese Ts'ai Lun annunciò al suo imperatore la scoperta della fabbricazione della carta. Sembra, sempre secondo la leggenda, che l'idea sia balenata al ministro cinese a seguito delle osservazioni fatte per

(\*) Direttore del Laboratorio di Chimica dell'Istituto Centrale per la Patologia del Libro, Ministero per i Beni Culturali ed Ambientali.

(\*\*) Relazione presentata al V Convegno Nazionale di «Storia e Fondamenti della Chimica» (Perugia, 27-30 ottobre 1993).

caso sulla riva di un corso d'acqua dove alcune lavandaie stavano lavando, battendoli, alcuni panni piuttosto logori. A seguito della battitura i panni si sfilavano e le fibre liberate, dopo aver galleggiato sull'acqua, si depositavano in un'ansa del corso d'acqua ai piedi di Ts'ai Lun che le raccolse, le lasciò filtrare ed essiccare, fabbricando così il primo foglio di carta che la storia ricordi.

Molto probabilmente Ts'ai Lun, con il prestigio e il potere che provenivano dalla sua carica, era stato in grado di effettuare molte prove e mettere quindi a punto le varie operazioni connesse con la sua scoperta. È ancora più probabile che la fabbricazione fosse già praticata artigianalmente 2 o 3 secoli prima di Ts'ai Lun: in effetti nel 1957 venne scoperta una tomba del 140-87 a.C. con alcuni frammenti di carta, dei quali uno misurava 10 cm<sup>2</sup> e nel 1974 furono trovati in una torre di guardia alcuni frammenti di carta del I sec. a.C. È di Ts'ai Lun comunque il merito di aver evidenziato l'importanza della scoperta e di aver fatto utilizzare vari tipi di materiali che vanno, come vedremo in seguito, dalle corteccie ai residui di stracci, alle reti da pesca.

La carta cinese veniva fabbricata dal gelso e altre corteccie, dalla canapa e dagli stracci. Se i cinesi usassero o no gli stracci è un argomento che ha acceso molte controversie. La carta egiziana della collezione Erzherzog di Vienna, datata 800-1388, esaminata nel 1885 mostrò contenere pasta di straccio e fu considerata la prima carta prodotta con questo materiale fino al 1907 quando l'archeologo inglese Aurel Stein scoprì carta cinese fabbricata con pasta di straccio. In altre parole fino alla scoperta del dott. Stein fu generalmente accettato che l'uso degli stracci nella fabbricazione della carta fosse stato una prerogativa degli Arabi.

L'uso della carta in Cina si sviluppò rapidamente tanto che 40 anni dopo la sua invenzione essa aveva completamente sostituito la seta, che era stata in Oriente il materiale maggiormente adoperato per la scrittura, ma decisamente molto più costoso. Anche le tavolette di bambù, non costose, ma troppo pesanti, non poterono rivaleggiare con la carta.

I Cinesi cercarono di tenere il sistema di fabbricazione della carta nel più rigoroso segreto, ma, come tutti i segreti, esso non tardò molto a trapelare. Dalla Cina infatti l'invenzione passò in Corea e quindi in Giappone, dove divenne molto fiorente.

In Cina la fabbricazione della carta rimase tutto sommato piuttosto primitiva, ed era tutta manuale. Le materie prime principali venivano ricavate dal bambù o altri vegetali, in particolare dal *gelso* (*Broussonetia Papyrifera*) che forniva una carta fine e delicata, adatta alla scrittura a pennello. Questi vegetali erano macerati e sibrati con mortai o con verghe.

In tutto l'Oriente si preparava la carta dalla corteccia di una varietà particolare di gelso mediante scortecciatura in acqua calda o a vapore. La corteccia era tagliata a fettucce che venivano lasciate a seccare in modo da far screpolare

la parte esterna, mentre il *libro*, cioè la parte fra la corteccia e l'interno, bianco e pulito, era cotto con acqua e calce per molte ore.

Le canne di bambù, dopo essere state fatte a pezzi e immerse in un bagno di acqua corrente per tre mesi, erano lasciate macerare in calce per otto giorni.

La paglia di riso era esposta all'aria, bagnata in una fossa per giorni, immersa in calce e pestata da un bue condotto avanti e indietro nella vasca.

Si otteneva in questo modo una *pasta* che veniva lavorata mediante *battitura* con verghe entro tini fino alla separazione delle fibre (il termine inglese *beating*, che nella terminologia cartaria significa lavorazione e raffinazione delle paste, ricorda ancor oggi che la prima raffinazione veniva effettuata mediante battitura).

La pasta, diluita in tini, era un po' alla volta estratta con un setaccio fatto con strisce di bambù affiancate e tenute insieme con fili di seta, lino o pelli di cavallo. Questo setaccio, in genere di forma rettangolare con i bordi rialzati, permetteva ad una certa quantità di pasta di depositarsi nell'interno del setaccio e formare, dopo lo scoglimento dell'acqua, il foglio.

I fogli, pressati senza far uso di feltri, venivano essiccati al sole o appiccicati ancora bagnati su una parete insonacata, riscaldata perché esposta al sole o mediante un fuoco acceso dietro alla parete stessa. I fogli attaccati alla parete, asciugandosi, si ritiravano leggermente, restando così ben tesi. Con questo sistema si ottenevano due superfici del foglio con caratteristiche diverse e quindi il più delle volte si scriveva da una parte sola.

Il foglio finito era collato con colle vegetali

#### *La carta degli Arabi.*

Verso la metà del V sec. d.C. la carta è conosciuta nel Turkestan dove sostituisce tutti i supporti per la scrittura precedenti.

Nel 751 d.C. veniva fabbricata a Samarcanda; sembra che a seguito della vittoria riportata dagli Arabi sui Cinesi alcuni prigionieri torturati ne abbiano rivelato il segreto.

Alla fine del VIII sec. d.C., nel 793, troviamo la prima cartiera a Bagdad per merito di Harun-al-Rashid che si servì di artigiani cinesi.

La carta si diffuse rapidamente in tutti i paesi arabi del Mediterraneo. Nell'800 si ha notizia del primo uso della carta in Egitto, probabilmente importata da Samarcanda o da Bagdad, mentre si deve aspettare circa 100 anni per avere notizia della prima cartiera. Come detto precedentemente, fino alla scoperta nel 1904 della carta cinese contenente pasta di stracci era generalmente accettato che l'uso di essi nella fabbricazione della carta fosse stato una prerogativa degli Arabi.

Mancando di piante di gelso, gli Arabi impiegarono altri materiali fibrosi:

principalmente gli *stracci di lino e canapa*. Le funi di canapa venivano aperte, pettinate e bagnate con acqua. Di notte si immergevano in calce e di giorno si stendevano al sole per imbiancarle. Si conosceva perciò già allora l'effetto sbiancante dei raggi ultravioletti sulla fibra alcalinizzata; non a caso alcuni recenti metodi di restauro di carte ingiallite prevedono l'esposizione al sole dopo decalcificazione. Del resto non sono molto lontani i tempi in cui le nostre ave facevano asciugare al sole i panni di lino, di cotone o di canapa dopo il bucato effettuato con la cenere, sostanza a reazione alcalina in quanto contenente potassa.

Ritornando alla fabbricazione della carta presso gli Arabi, dopo l'immersione nella calce le fibre venivano tagliate, lavate per una settimana e pestate in mortai di pietra con pestelli di legno. È merito degli Arabi l'aver per primi utilizzato la forza idraulica per queste operazioni di battitura; essi, a conoscenza dei mulini ad acqua inventati già dai Romani, applicarono questa tecnica trasformando, mediante l'uso della ruota dentata, il moto circolare continuo in moto alternato.

Per quanto riguarda il setaccio modificarono quello dei Cinesi sostituendo il traliccio di listerelle di bambù con uno, formato da fili di ottone, montato su telaio di legno e reso stabile mediante bacchette di legno parallele ai lati minori. Questo telaio possedeva una cornice che poteva essere asportata dopo che era scolata via l'acqua e si era formato il foglio. La forma di questo telaio per la carta a mano rimane pressoché inalterata anche successivamente in Occidente (fig. 1).

La collatura del foglio era effettuata con colle vegetali (amidi).

La carta araba, molto perfezionata rispetto a quella cinese, ebbe un'espansione enorme, particolarmente favorita dallo sviluppo culturale del mondo arabo; nella città di Fez alla fine del XII sec. vi erano installate più di quattrocento cartiere. Una prova dell'alto livello raggiunto dagli artigiani arabi è il formato stesso della carta: essi riuscivano a fabbricare fogli di cm 52x70. Alcuni tipi di carta, non di pregio, erano usati per avvolgere le merci. Inoltre, data la semplicità del processo di fabbricazione che era tutto sommato ancora artigianale, non erano infrequenti casi di preparazione domestica: alcuni scrittori ad esempio si preparavano da soli il supporto per la loro scrittura.

#### *La carta in Europa.*

La diffusione della carta in Europa non fu facile come nel mondo orientale e in quello arabo per varie ragioni, la principale era dovuta al fatto che in quei paesi sostanzialmente non vi era stata concorrenza con altri prodotti usati come supporti per la scrittura, sia dal punto di vista economico, sia per la facilità di preparazione. La carta soppianta infatti facilmente il papiro che si può considerare decisamente «finito» attorno all'anno 1000.



Fig. 1 - Il fabbricante di carta di Jost Amman.

In Europa al contrario la pergamena, estremamente fine e pregiata, prodotta da pelli provenienti da greggi molto numerosi, rivaleggiava con la carta anche per il prezzo. Già allora inoltre si era compreso che la pergamena era indubbiamente un materiale destinato ad una lunga durata e non è infrequente trovare un manoscritto cartaceo ricopiato per sicurezza su pergamena.<sup>1</sup> La pergamena rimase a lungo il supporto dei documenti pubblici; Federico II (1194-1250) ad esempio proibì l'uso della carta per i documenti, anche se non sempre la sua volontà fu rispettata.

Un'altra causa che ostacolò il diffondersi della carta nell'Europa medioevale non araba è legata al basso livello culturale del mondo occidentale: nel X sec. a Cordoba vi era una biblioteca con 400.000 volumi, numero molto superiore a quello di qualsiasi altra biblioteca dell'Occidente cristiano dove oltre tutto la carta, materiale di provenienza araba, giudaica o orientale, era guardata con sospetto.

Dall'Egitto attraverso il Marocco e la Tunisia la carta giunse in Spagna e in Italia dove «l'arte di fabbricare la carta» raggiunse il suo apice, e quindi in tutto il resto dell'Europa. Il più antico manoscritto europeo su carta pervenuto fino a noi è un documento del re Ruggero di Sicilia del 1109 scritto in arabo e greco.

Nella penisola italiana nascono fiorenti cartiere: Fabriano, Amalfi, Cividale. A Fabriano la fabbricazione della carta diventa quasi un'industria per le numerose innovazioni tecnologiche apportate dai mastri cartai dell'epoca. Notizie sicure danno la prima cartiera fabrianese nel 1283, ma probabilmente vi erano cartiere funzionanti anche prima. Nel 1310 a Fabriano si potevano contare circa trenta cartiere che costituirono un'industria fiorente fino al XVII sec.; in seguito Fabriano dovette sopportare un periodo di decadenza per poi rifiorire con Pietro Miliani (1744-1817). Le cartiere fabrianesi nel loro periodo di maggiore splendore fornivano tutta l'Europa.

Nel XIV sec. la carta viene prodotta in Francia, e nel XV sec. in Svizzera e in Germania, dove subisce un grande impulso a causa dell'invenzione della stampa che trova in essa il supporto «per eccellenza»; la carta a questo punto soppianta la pergamena la cui superficie è troppo liscia e untuosa per ricevere soddisfacentemente l'inchiostro tipografico a base grassa.

<sup>1</sup> Il monaco benedettino Joham Tritheim prevedeva per la carta una «vita» di 100-150 anni contro 1000 anni per la pergamena; fortunatamente queste previsioni piuttosto pessimistiche si sono rivelate infondate: ancor oggi parecchi incunabili allestiti con carta fabbricata verso la metà del 1400 con materiali adatti alla conservazione (impasto fibroso di pasta di straccio e collatura in *folio*), sono in ottime condizioni con la carta ancora bianca e con buone proprietà meccaniche.

*Preparazione della carta a mano in Occidente e in particolare a Fabriano.*

Nelle cartiere italiane, dette *folli* nell'Italia settentrionale, le materie prime furono costituite sempre da stracci di cotone, lino e canapa come nel mondo arabo, ma i sistemi di raffinazione subirono una notevole evoluzione.

Gli stracci, raccolti e suddivisi per colore e qualità, venivano messi a fermentare per due o tre mesi nel *marcitoio*, recipiente sotterraneo dove la temperatura era costante in modo da poter controllare i tempi della fermentazione (la fermentazione era necessaria per facilitare la separazione delle fibre le une dalle altre nel successivo processo di *raffinazione*). Dopo purificazione mediante ripetuti lavaggi, gli stracci erano tagliati a mano con coltelli fissati al piano di un tavolo.

Il processo di raffinazione veniva effettuato con *molini a magli*, azionati idraulicamente in zone ricche di acqua, oppure con molini a vento. Lo spappolamento dei tessuti si effettuava mediante battitura con magli con testa di legno (in seguito con testa di pietra) provvisti di chiodi.

Il telaio, *la forma*, detta anche *modulo*, diventò in Occidente quello che conosciamo ancor oggi per la *carta a mano*. Essa si scompone in due parti: un setaccio metallico e un bordo mobile, detto *cascio* o *casso*, che si colloca perfettamente sul setaccio e serve per dare le dimensioni e lo spessore al foglio. Il setaccio è costituito dalle *vergelle*, fili metallici di ottone, vicini gli uni agli altri e paralleli al lato più lungo del telaio, che sono tenuti in posizione ferma tramite altri fili sottili, intrecciati perpendicolarmente e distanti fra loro alcuni centimetri, chiamati *catenelle*. Il telaio è mantenuto rigido da barrette di legno, i *colonnelli*, paralleli ai suoi lati corti. Il tutto impartisce al foglio finito, visto in trasparenza, la cosiddetta *vergatura*, che è una caratteristica della carta occidentale e che può essere considerata una specie di filigrana su tutto il foglio.

Le operazioni sono praticamente rimaste inalterate nel tempo; ancora oggi *la carta a mano* viene prodotta più o meno come nei tempi passati. L'operaio detto *laurente* o *lavorante* o *tuffatore* (fig. 1) immergeva la forma nel tino contenente la pasta di straccio, raccoglieva una certa quantità di essa e la distribuiva con abile manovra su tutta la superficie del telaio. L'acqua colava mentre sulla forma restava un sottile strato di fibre. Il *laurente* levava quindi il cascio e dava il tutto al *ponitore*, che poneva il foglio così formato su un feltro di lana. Si lavorava con due telai per rendere l'operazione più veloce. I telai erano attrezzi molto preziosi e venivano tenuti con particolare cura perché da essi, oltre che dall'abilità dell'operaio, dipendeva la buona riuscita dell'operazione.

Il *ponitore* formava quindi la pila di fogli e feltri alternati, detta *posta*, che veniva pressata per eliminare l'acqua. I fogli di carta così formati, ancora bagnati, ma già con una certa resistenza meccanica, venivano presi dal *levatore* e separati dai feltri, costituendo la cosiddetta *posta bianca*, cioè la posta senza feltri, che veniva ulteriormente pressata.

I fogli venivano a questo punto collati e quindi asciugati all'aria appesi su corde di crine oppure stesi sul pavimento.

Abbiamo visto precedentemente che la collatura in Oriente era effettuata principalmente con colle di natura vegetale; è merito dei maestri fabrianesi la messa a punto della collatura «animale», cioè della collatura con la gelatina. L'uso della gelatina dava al processo una maggiore rapidità in quanto, pur essendo sempre una *collatura in folio*, permetteva l'operazione mediante l'immersione del foglio stesso invece che mediante pennellatura. La colla animale,<sup>2</sup> usata per la collatura della carta anche al giorno d'oggi, è una sostanza di natura proteica ottenuta mediante bollitura in acqua di tessuti e parti di animali (ossa, pelle, carniccio, ecc.).

L'asciugatura dopo la collatura era più o meno rapida a seconda della temperatura dell'ambiente e dello spessore dei fogli stessi: erano da preferirsi i giorni secchi e temperati anche se la bassa temperatura delle giornate fredde permetteva di ottenere carte ottime per la stampa, mentre erano logicamente da evitare le giornate particolarmente umide.

A Fabriano, oltre all'evoluzione della collatura, furono inventati e messi a punto altri sistemi decisamente innovativi, quali l'uso della forma metallica molto perfezionata e l'invenzione della filigrana nel 1287. Inoltre venne dato a tutto il processo di fabbricazione un'impronta moderna con la distribuzione razionale dei compiti agli operai durante le varie fasi della fabbricazione, la meccanizzazione della lavorazione (nei limiti delle possibilità tecnologiche dell'epoca) e l'impiego di personale femminile che risultò particolarmente prezioso per alcune operazioni come ad esempio la cernita degli stracci, la stesura dei fogli per l'asciugamento, ecc.

### *La filigrana.*

Vanto dei mastri cartai fabrianesi è l'invenzione della *filigrana*<sup>3</sup> che essi usavano come marchio della loro produzione; in seguito la filigrana qualificò non solo il fabbricante ma anche l'acquirente che in questo modo personalizzava la carta con il proprio emblema o stemma. Le filigrane «antiche», che erano

<sup>2</sup> Le sostanze animali che danno «colle» e che sono dette per questa ragione «collagene» non danno tutte lo stesso tipo di prodotto, ma si differenziano sia per la qualità che per le proprietà chimiche. In generale si possono suddividere in tre gruppi: la colla di pesce, la colla di pelle e la colla di ossa. La gelatina è la qualità più pura di colla di pelle ed è quasi incolore. Può essa stessa essere di varie qualità: la più pura spesso si può confondere con la vera colla di pesce che è invece ricavata dalla vescica natatoria di varie specie di pesci (storione e altri).

<sup>3</sup> La filigrana veniva chiamata dapprima *signum* e in seguito *marca d'acqua*, termine rimasto nell'antico francese *marque d'eau*, nello spagnolo *marca de agua*, nell'inglese *watermark* e nel tedesco *Wasserzeichen*.

sempre visibili, guardando il foglio in trasparenza, come un segno più chiaro su un fondo scuro, erano ottenute mediante l'apposizione di fili metallici, formanti un disegno, che venivano cuciti sulle forme. In corrispondenza di questi fili perciò si depositava nel feltro di fibre una minore quantità di pasta; in questi punti la carta diventava più trasparente, evidenziando il disegno.

In seguito la filigrana divenne sempre più raffinata e il procedimento per ottenerla più complicato; esso era, ed è attualmente, molto complesso in quanto dovuto all'opera di diversi specialisti (disegnatori, incisori della matrice di cera, ecc.). Senza entrare troppo nel dettaglio le filigrane «moderne» vengono prodotte da una *matrice* di cera che viene resa conduttrice mediante un rivestimento di grafite; con la *matrice*, attraverso bagni galvanici, vengono fabbricati *punzoni* e *contropunzoni* che a loro volta servono per sbalzare la tela metallica della forma a mano. Negli incavi della tela ottenuti con questo procedimento si depone più fibra con un corrispondente effetto di «scuro», mentre nei punti corrispondenti ai rilievi si depone meno fibra con l'effetto di «chiaro».

#### Conclusioni.

Dalla nascita della carta in Cina alla piccola industria fabrianese la fabbricazione della carta subisce profonde innovazioni che si possono riassumere nello schema seguente:

#### INNOVAZIONI NELLA FABBRICAZIONE

ARABI	FABRIANO
Telaio con reticolo metallico (ottone)	Perfezionamento nella raffinazione con il <i>mulino a magli</i>
Nuovi impasti fibrosi e perfezionamento della raffinazione	Collatura con <i>gelatina</i>
Utilizzo della forza idraulica nella raffinazione	Perfezionamento della <i>forma metallica</i>
	Distribuzione razionale del lavoro con l'impiego anche di personale femminile
	Meccanizzazione del processo
	Invenzione della <i>filigrana</i>

L'invenzione della stampa a caratteri mobili diede un impulso incredibile alla produzione cartaria con l'inevitabile carenza delle materie prime costituite dagli stracci. In tutto l'Occidente la carenza si fece talmente sentire che furono promulgate leggi che vietavano l'esportazione degli stracci e che facevano di questo materiale oggetto di monopolio, ripetendo ciò che successe tanti anni prima quando durante l'impero di Tiberio fu il papiro a diventare oggetto di monopolio. In Inghilterra una legge, che è rimasta in vigore dalla II metà del '600 fino all'800, vietava che si usassero per la sepoltura dei defunti tessuti diversi dalla lana, favorendo in questo modo sia lo sviluppo della locale industria laniera, sia il risparmio del preziosissimo straccio di fibre cellulose destinate all'industria cartaria. Il problema divenne gravissimo quando durante le epidemie, piuttosto frequenti nel Medioevo e nel Rinascimento, le autorità sanitarie per arginare le infezioni obbligarono i cittadini a bruciare gli indumenti: si arrivò a utilizzare perfino le bende delle mummie egiziane.

Nei secoli successivi, l'invenzione della macchina continua, l'utilizzazione del cloro per la sbianca, la ricerca di altre fibre diverse dallo straccio e la scoperta della possibilità di impiego del legno come fonte di materiale cartaceo, aumentarono moltissimo la produzione, ma a scapito della qualità, che dal punto di vista conservativo divenne sempre più scadente fino ad arrivare alle carte dei primi anni del nostro secolo che, se non si interverrà al più presto con interventi conservativi di massa, saranno destinate inesorabilmente a distruggersi.

#### BIBLIOGRAFIA ESSENZIALE

- BASANOFF A., *Itinerario della carta/Dall'Oriente all'Occidente e la sua diffusione in Europa*, Milano, Il Polifilo, 1965.
- BOTTO-MECCA G., GRANDIS E., *Estratto dall'Enciclopedia della stampa/Carta*, Torino, S.E.I., 1969.
- DE LALANDE J.J., *L'art de faire le papier*, Paris, 1961.
- GIANNI E., *Carte, cartoncini, cartoni*, Milano, U. Hoepli, 1959.
- GRANT J., *A Laboratory Handbook of Pulp and Paper manufacture*, London, Edward Arnold L.T.D., 1961.
- HUNTER D., *The History and Technique of an Ancient Craft*, London, The Cresset Press, 1957.
- Osservazioni intorno all'arte di fabbricare la carta*, copia anastatica dell'ediz. del XVIII sec. della Biblioteca Palatina di Parma, Milano, Il Polifilo, 1962.

FRANCESCO CARDONE (\*)

## La storia della chimica come strumento metodologico di apprendimento di tale disciplina (\*\*)

**The history of chemistry as methodological instrument to learn such a subject.**

**Summary** - We have, in five paragraphs, tried to bring into forms the ancient problems covering the still-existing separation between the humanistic-literary world and the scientific-technological one in the field of chemistry. We hope it is clear that the renewal of methodologies for the teaching of scientific matters should come from colleges and universities; such a renewal should base the history of chemistry as a subject on the comprehension of the historical advances in chemistry to become as it is today, as well as including the comprehension of the relationship between such advances and the cultural, philosophical and economic changes in the world at large. Within this context the role of the history of a branch of learning is also to catalyze the interest of learners in such a way that the learner becomes himself an active part of his own learning. The article also makes a proposal: the laws of Lavoisier, Proust and Dalton should be studied within their historical contexts, to reaquire their value together with the real meaning of Lavoisier's methodology in approaching chemistry.

In view of this, it is now necessary to add an exam — the history of chemistry — to go alongside laboratory practice and execution of classic experiments in the programme of all those taking a degree in chemistry. Of great importance will be the correlation of chemistry to other branches of learning. In this way the history of chemistry, and more precisely that of chemistry thought, will become a highly synergistic force connecting historical and scientific events. Providing several illustrations of the point the article stresses the cultural importance of pure «scientific datun», and, more specifically, the importance the latter gain when considered within a wider interpretative framework.

### 1. *Realtà epistemologica.*

Ogni contesto di conoscenza, scientifica e non, necessita del riconoscimento della validità del substrato su cui poggia quel particolare «discorso» sulla natura (e con la natura) che ne è il riferimento. Ciò potrebbe apparire di un'ovvietà

(\*) Chimico Industriale.

(\*\*) Relazione presentata al V Convegno Nazionale di «Storia e Fondamenti della Chimica» (Perugia, 27-30 ottobre 1993).

disarmante ma dati di fatto dimostrano come ciò non sia. Non è raro imbattersi in giovani studenti che non sanno spiegarsi alcuni (più comuni) fenomeni naturali, nemmeno dandone una rappresentazione in forma semplice e stringata. Ciò mette in chiara evidenza alcune lacunosità che sono proprie non già solo dello studente in argomento ma bensì di un sistema scolastico ed universitario che andrebbe rivisitato e riformato al fine di determinare una reale svolta in chiave di acculturamento ed elevazione sociale.

Della necessità di tale svolta si rendono conto sfortunatamente in pochi, soprattutto nell'ambito del corpo docente e delle organizzazioni a ciò preposte. Il riferimento all'epistemologia è intenzionalmente sottolineato al fine di far valutare quanto sia deleterio, nel trattare di scienza, dar per scontati concetti che invece andrebbero scaverati nella loro più semplice significazione e pregnanza logico-conoscitiva. Il progresso conoscitivo (non nozionistico) nell'iter scolastico di un allievo presuppone la trattazione di argomentazioni più o meno complesse che non possono prescindere da una preparazione psicologica e multidisciplinare dell'allievo stesso.

Una metodologia d'introduzione del concetto di scienza si deve basare necessariamente su un condizionamento (in positivo) da attuarsi nel far confrontare di continuo il discente con realtà operative ben attagliate a necessità di comune interesse. Tanto da suscitare sempre un coinvolgimento personale con una realtà fisica che, prima di essere acquisizione di dati, formule e teoremi, sia soprattutto momento di conoscenza di fatti che in un certo modo l'allievo deve radicalizzare, personalizzandoli.

Solo così si potrà pervenire alla formazione di soggetti sociali pronti per collocarsi in un determinato contesto e capaci di operare dentro la società in termini socio-culturali, in maniera completa. Bisogna, in definitiva, dotare lo studente di un bagaglio di conoscenze interattive che, mettendolo nelle condizioni di ragionare ed autodeterminarsi, lo dispongano alla crescita in quanto essere sociale e gli consentano di scambiare altre conoscenze ed altri concetti con i suoi interlocutori più prossimi. In questo contesto, non si può evitare di valutare quello che è uno degli ostacoli più forti alla riforma della scuola e della didattica e che consiste nel momento di cesura tra universo umanistico-letterario ed universo scientifico-tecnologico. Le ragioni che stanno alla base di questa cesura vanno ritrovate nella corrente filosofica positivista che sconfessando ogni valutazione assolutistica e dogmatica, privilegia tutto ciò che trova conforto nell'esperienza. La «rivoluzione industriale segna un'ulteriore rafforzamento di questa filosofia e determina una crescente specializzazione degli ambiti scientifici che si vanno via via differenziando in maniera non interdisciplinare. Questi due mondi andrebbero avvicinati proprio perché da questa loro separazione nasce la difficoltà di dialettizzazione tra contesti che, invece, nella loro interezza, dovrebbero investire l'uomo sociale come una pioggia cosmica che tutto permea e vitalizza. La distinzione tra uomo tecnologico ed uomo social-culturale provoca la

negazione di orizzonti comuni tra gli individui di una società civile che meriti di fregiarsi di questo nome. Ed il cambiamento deve necessariamente partire dal mondo della scuola e dell'università, laddove queste possono, svecchiandosi, gettare le basi per la formazione graduale di nuovi soggetti sociali.

## 2. *Il dato scientifico.*

Il concetto di «dato scientifico» appartiene alla scienza alla stessa stregua di quanto la «parola» appartenga alla letteratura, ma questa appartenenza che potrebbe apparire naturale e scontata va necessariamente rivisitata nel contesto di un discorso più coerente e tangibile. Quando lo studente è chiamato a risolvere un problema, egli si trova davanti a dei «dati» senza i quali non potrebbe procedere, mancandogli l'indispensabile dotazione logico-numerica atta a quella specifica risoluzione. Per lui il dato è una quantità (spesso acriticamente accettata) dalla quale partire per ottenere altri dati, quest'ultimi non necessariamente certi (in quanto soggetti a derivazione logico-matematica, non necessariamente esatta). Questo modo di quantificare e concepire il «dato» offre pochi stimoli all'interesse del discente che, nella migliore delle ipotesi, si limita a curarsi dell'esattezza del risultato ottenuto. Egli in quel particolare momento non lega il suo lavoro ad una realtà scientifica operativa e prescinde da ogni coiteressenza del dato con il contesto fisico in cui si trova ad operare. Ciò deriva dal livello di coinvolgimento che il docente ha saputo determinare nel mondo personale del discente e che si può verificare non già nel valutare l'esercizio svolto in termini di esattezza formale bensì in termini del grado di coinvolgimento mentale che ha consentito di maturare una determinata scelta procedurale. Dall'analisi delle scelte si può quindi arrivare ad una corretta valutazione dell'esercitazione non fine a se stessa e, soprattutto congrua alla struttura intellettiva dello studente. Il paragone sopra riportato, tra dato scientifico e parola, è tutt'altro che fuorviante, avendo riguardo in particolare ad un'itinerario conoscitivo interdisciplinare che abbia come obiettivo finale, la formazione di soggetti culturali che sappiano operare scelte in tutti i campi della realtà civile. Il linguaggio della letteratura non è distante da quello della scienza se non nella volontà di coloro che si reputano depositari di verità inoppugnabili e tenute ben protette da occhi indiscreti. Un po' alla maniera degli alchimisti che, trincerandosi dietro termini mistico-magici e procedure segrete, si rendevano volutamente incomprensibili ai più allo scopo di rimanere unici depositari delle formule magiche e del loro significato. La scienza è conoscenza e dialettizzazione e tale dovrebbe essere in special modo negli ambiti degli istituti scolastico-universitari, per vocazione laboratori di esperimenti da condurre non solo sul bancone ma da realizzare nell'analisi concettuale di fatti e contesti scientifici e non. Nelle grandi università la base sperimentale di ogni discussione, passa necessariamente attraverso una disquisi-

zione storico-critica, consapevole o meno, dei precedenti più pregnanti relativi a quel determinato argomento e ciò al fine di coniugare scienza e cultura in un tutt'uno con il fine didattico previsto.

### 3. *Valenza culturale del discorso scientifico.*

Ogni contesto culturale ha sempre bisogno di confrontarsi con l'ambiente esterno, in uno con l'indirizzo epistemologico che gli è proprio e senza tralasciare il rapporto significato-significante. Tale rapporto che ha riguardo ad un fatto ed alla sua estrinsecazione in un costrutto formale, va posto in chiave interpretativa al fine di riconoscere ad ogni dato e concetto scientifico la sua reale dimensione di parte di un tutto più generale. Non è casuale che in gran parte i lettori di testi di storia della scienza siano gli studiosi di filosofia o di materie ad essa connesse e non già i chimici, i fisici od i matematici. Questa realtà, che spesso viene denunciata puntualmente nell'introduzione dei vari saggi di storia della scienza, è un dato incontrovertibile ed altrettanto allarmante. Se gli studiosi di chimica non si curano affatto dell'approfondimento del proprio background, molto probabilmente bisogna pensare che anziché «scienza», tali personaggi abbiano studiato «scienza applicata», termine questo in rapporto dicotomico con «tecnologia» di cui oggi si fa largo abuso da più parti. Se lo studio della chimica non ha ingenerato nel soggetto una giusta dose di curiosità, di empirismo e di capacità di dialettizzare, è evidentemente possibile giustificare come ai chimici nulla interessi capire (o solo conoscere) perché e come, un certo A.L. Lavoisier, arrivò a pronunciarsi in termini conservativi, riguardo alla massa. E Boyle (ai più noto solo per via di una «certa» sua legge generale dei gas) perché scrisse «The Sceptical Chymist» (Il chimico scettico)? Cosa ha a che fare con la scienza chimica tale saggio? È bene lasciare queste «storielle» ai filosofi ed agli storici! Di qui discendono intere plètores di laureati in chimica che non sanno ben discernere tra le varie teorie atomiche e che non conoscono di un «tale» S. Cannizzaro se non la reazione di disproporzione che porta il suo nome. Nulla si dice di colui che con sole otto lezioni, rivalutò e ripropose la teoria atomica, base per la stesura del sistema periodico degli elementi di un non meno oscuro Mendeleév. Va pertanto plaudita la sensibilità di quanti lavorano in opposizione a questa tendenza del mondo accademico, al fine di ricucire in termini fattivi, la cesura profonda oggi esistente di cui in argomento.

### 4. *Il problema chimico.*

Nel campo della formazione dei chimici va decisamente riaffermata l'esigenza di valorizzare la didattica, quale momento fondamentale di ogni itine-

rario sperimentale e conoscitivo. Prioritario questo, laddove l'obiettivo dell'insegnante superiore od universitario sia quello di concretizzare la formazione culturale dell'allievo nel senso più ampio del termine. È ovvio che per registrare risultati concreti, l'insegnante deve aver ben presente che ogni momento di esplicitazione concettuale va messo in stretta relazione con fatti sperimentali, pur non essendo ciò strettamente necessario in tutte le situazioni soprattutto quando il livello della spiegazione fenomenica comporterebbe troppe complicazioni teorico-sperimentali. Il compito dell'insegnante quindi non deve limitarsi alla semplice enunciazione di fatti ed eventi ma deve tendere a privilegiare l'osservazione di questi fatti nel loro «luogo naturale». Ciò si può attuare solo se non si pretende di considerare lo studente quale semplice soggetto passivo del processo logico-cognitivo; al contrario lo si deve porre al centro di un contesto multidisciplinare nel quale rendere possibile un dinamico confronto con tutti i referenti storico-scientifici propri di quel contesto. Uno dei principi fondamentali della chimica (e non solo) è, come ben noto, quello della conservazione della massa formulato da Lavoisier; principio che viene soltanto enunciato (in alcuni ambiti addirittura dato per scontato) senza renderne appieno il reale spessore sotto gli aspetti chimici e fisici. Questo atteggiamento contraddice l'essenza stessa della metodologia lavoisieriana che, eminentemente analitico-quantitativa, presuppone in ogni valutazione interpretativa di fatti sperimentali la necessità di entrare all'interno degli stessi con la lente d'ingrandimento al fine di coglierne la reale consistenza fenomenica. Prendiamo come esempio, appunto, la legge di Lavoisier; l'affermazione «nulla si crea, nulla si distrugge ma tutto si trasforma» di altissimo valore concettuale e pratico-quantitativo, non può non essere oggetto di analisi semantica da parte di coloro che più sono vicini all'universo concettuale cui essa fa riferimento: i chimici. Sorprenderà, invece, che, addirittura in taluni corsi di laurea in chimica, leggi come quella di Proust, Dalton e Lavoisier non vengano neppure citate. I docenti reputano evidentemente che far ricorso a certe «storiette» non serva, anzi, che faccia perdere tempo agli studenti che possono usufruire invece delle loro interessantissime lezioni. Cosa quanto mai erronea se posta a confronto con la realtà effettuale di una pur non lunghissima digressione semantica quale l'analisi storica del contenuto e significato della legge in oggetto, che si ponga quale momento di comprensione di fatti scientifici molto spesso sottovalutati nella loro valenza conoscitiva. E qui potrebbe sollevarsi, da parte di qualche docente, la critica ad un metodo che vedesse prioritaria la collocazione di ogni legge o procedimento scientifico nel suo contesto originario. Così facendo, direbbe il docente, non basterebbero 20 ore al giorno per portare a termine un programma di lavoro. A tale critica bisogna rispondere che è meglio acquisire qualche formula chimica in meno che tralasciare le basi di una scienza che tra l'altro gode dei contributi che altre discipline le hanno tributato e che quindi è di per se stessa interdisciplinare; bisogna altresì rispondere che l'analisi di un procedimento, quale quello attuato da Lavoisier, abitua il discente ad

acquisire la metodologia quantitativa che ne è stata alla base e che diviene momento di separazione tra due modi di fare chimica: quello degli alchimisti e quello dei chimici moderni. La comprensione, infatti, dell'universo chimico non può prescindere da una conoscenza (non superficiale) dei grandi pensatori che con i loro errori ma talvolta anche con i loro successi hanno aperto la strada di una nuova scienza.

### 5. Conclusioni.

In un quadro così variegato, come è quello dell'ambito disciplinare scientifico, dove la negazione di una metodologia didattica aperta agli aspetti storico-culturali, è prassi quotidiana, non si può fare a meno di ribadire con forza la necessità di riformare pragmaticamente la scuola e l'università. Tale processo di ammodernamento è oggi misconosciuto e si manifesta nella proterva quanto improduttiva manifestazione formale di molti docenti che, nulla togliendo alla loro preparazione culturale, non riescono a comunicare col discente in maniera integrata e biunivoca, facendo sì, che anziché causare il suo coinvolgimento, determinano invece un atteggiamento di semplice ascolto (univoco) e perciò improduttivo. Nei piani di studio di alcuni anni fa, esisteva, nei corsi di laurea in chimica, un'esame (complementare) di storia della chimica, oggi disattivato. Sulle cause che hanno portato alla cancellazione di tale esame, personalmente posso fare delle ipotesi e precisamente: a) lo studente non veniva incoraggiato a scegliere tale materia perché non ben stimolato dal docente; b) la materia veniva sottovalutata già al momento stesso del suo essere inserita nei piani di studio come complementare; c) non veniva svolta in maniera da creare un interscambio fattuale tra questa e ad es. chimica generale. Comunque sia, ribadisco che tra i meriti del V Convegno di storia della chimica, cui partecipo con la presente relazione, sicuramente rientrerà l'esigenza improcrastinabile di riproporre l'inserimento della materia «storia della chimica» (ed aggiungerci con elementi di laboratorio) in tutti i corsi di laurea in chimica e chimica industriale, dando a tale esame effetto propedeutico per sostenere l'esame di chimica generale I e seguenti. Spero che questa mia proposta trovi ampi ed autorevoli consensi tra quanti, con amore per la propria disciplina e per la scienza in generale, vogliono rendersi suoi reali vettori negli ambienti di appartenenza di ciascuno (scuola, università) al fine di consentire ad ognuno che si avvicini alla disciplina, la comprensione reale (non solo teorica) dei fenomeni che questa contempla e spiega.

## TAVOLA ROTONDA

su:

*Le storie disciplinari.*

Modelli **LE STORIE DISCIPLINARI.**

**MODELLI DI SCRITTURA E ISTRUZIONI PER L'USO**

*Summary: The fourth year of discipline records is compared with the first year's record to determine changes in behavior. The discipline records of students in the second and third years are also compared with the first year's records. The results indicate that the majority of students who were disciplined in the first year were disciplined again in the second and third years. The majority of students who were disciplined in the first year were disciplined again in the second and third years.*

*The records of the fourth year of discipline records of students in the first year of the study are compared with the records of the second and third years. The results indicate that the majority of students who were disciplined in the first year were disciplined again in the second and third years. The majority of students who were disciplined in the first year were disciplined again in the second and third years.*

*The records of the fourth year of discipline records of students in the first year of the study are compared with the records of the second and third years. The results indicate that the majority of students who were disciplined in the first year were disciplined again in the second and third years. The majority of students who were disciplined in the first year were disciplined again in the second and third years.*

*Discipline records of students in the first year of the study are compared with the records of the second and third years. The results indicate that the majority of students who were disciplined in the first year were disciplined again in the second and third years. The majority of students who were disciplined in the first year were disciplined again in the second and third years.*

GIANNI BATTIMELLI (\*) - LUIGI CERRUTI (\*\*)

## Le storie disciplinari. Modelli di scrittura e istruzioni per l'uso

**Summary** - The healthy state of disciplinary histories is contrasted with the disappearance of the «general» history of science from the academic interest of historians. In this context a simplified classification of the writings about disciplinary topics is proposed, and attention is focused on the regional epistemologies and ontologies that «support» the disciplines themselves, and on the (mobile) hierarchies among sciences, disciplines, specialties. After discussing readers' rights to be informed about historians' choices, several questions are raised about the epistemological hierarchies and on their influence on historians' attitude and on their writing styles.

In occasione del quinto Convegno del gruppo Nazionale di Fondamenti e Storia della Chimica ci è parso utile organizzare una tavola rotonda sul senso stesso di scrivere una storia disciplinare come la nostra, ponendo a noi e ai tre relatori che hanno raccolto il nostro invito<sup>1</sup> degli interrogativi per così dire differenziali, proprio perché si ha un immediato cambiamento di prospettiva quando non si parla più della storia della chimica presa a sé ma la si colloca accanto (o meglio assieme) alla storia della fisica e alla storia della matematica.

Per fornire a tutti i partecipanti al Convegno, e ai nostri invitati, una base comune di riflessione abbiamo deciso di proporre qualche tema specifico, in grado — forse — di fornire un primo orientamento al dibattito.

(\*) Dipartimento di Fisica, Università degli Studi di Roma «La Sapienza».

(\*\*) Dipartimento di Chimica Generale ed Organica Applicata, Università di Torino.

<sup>1</sup> Per meglio approfondire i temi che stiamo per proporre abbiamo invitato a partecipare al nostro dibattito i professori F. Abbi, A. Rossi e M. Galazzi, i cui interventi sono pubblicati di seguito a questa nostra introduzione. Li ringraziamo per aver accettato di mettere a nostra disposizione le loro importanti esperienze professionali anche da questo punto di vista.

### Modelli di scrittura

La storiografia delle singole discipline scientifiche sembra essere diventata l'unica plausibile, o praticabile, nel campo della storia della scienza. Nella tavola rotonda non metteremo in discussione direttamente questo dato di fatto, quanto piuttosto vorremmo esaminare i vantaggi e i limiti dei diversi modelli di scrittura presenti nell'immenso campo delle «storie disciplinari», ovvero centrate su argomenti pertinenti alle vicende di scienze intere (la biologia), di loro discipline (la genetica), di loro sotto-discipline (la genetica delle popolazioni), di uomini e idee per loro rilevanti, ecc.

Una semplice tipologia delle storie già scritte dovrebbe considerare almeno questi approcci: *biografico*,<sup>2</sup> *istituzionale*,<sup>3</sup> *sociologico*,<sup>4</sup> *conoscitivo*,<sup>5</sup> *totale I*,<sup>6</sup> *totale II*.<sup>7</sup> Abbiamo distinto fra i due tipi di storia totale in questo modo: la *storia totale I* utilizza tutti gli approcci precedenti, con una ibridazione dipendente dai gusti degli autori, per trattare un tema disciplinare specifico, la *storia totale II* si presenta come totale essenzialmente dal punto di vista temporale (storie di lunghi periodi).

Ovviamente ogni relatore può (forse deve) ignorare del tutto i termini della nostra «classificazione»; potrebbe invece essere interessante se tenesse conto delle opportunità e dei vincoli intrinseci ai diversi approcci. Il *biografico* ha una solida unità tematica, che permette di «addensare» molti aspetti degli altri approcci; tuttavia la storia di una disciplina — per non parlare della storia della scienza — non è la somma delle vite dei loro protagonisti (un esempio: la storia della chimica analitica, fondamento di tutte le «chimiche», non presenta fra il 1800 e il 1950 singole personalità di grande interesse storiografico), inoltre questo approccio è forse il più prono ai dettati dei «tormentoni storiografici» (v. oltre). L'*istituzionale* ha vantaggi di unità tematica analoghi al precedente, a cui si può aggiungere la necessità di esplicitare le interazioni con la società in generale; il limite più evidente è quello di non poter considerare in profondità gli aspetti conoscitivi. Questa stessa difficoltà è presente nell'approccio *sociologico*; è evidente che qui si parla di sociologia della conoscenza, e non stretta-

<sup>2</sup> Il genere è talmente diffuso e differenziato al suo interno che ci è sembrato superfluo indicare dei testi «identificativi» del genere stesso.

<sup>3</sup> A. BRIGAGLIA, G. MASOTTO, *Il Circolo matematico di Palermo*, Bari 1982.

<sup>4</sup> R.E. KOHLER, *From medical chemistry to biochemistry. The making of a biomedical discipline*, Cambridge 1982.

<sup>5</sup> G. TAGLIAPFERI, *Storia della fisica quantistica. Dalle origini alla meccanica ondulatoria*, Milano 1985.

<sup>6</sup> C. JUNGNIKKEL, R. MCCORMACK, *Intellectual Mastery of Nature. Theoretical Physics from Ohm to Einstein*, Chicago 1986, 2 voll.

<sup>7</sup> U. BOTTAZZINI, *Il flauto di Hilbert. Storia della matematica moderna*, Torino 1990.

mente e solo di cattedre e di finanziamenti, ma anche nel caso di lavori molto approfonditi<sup>8</sup> ci sembra che questo tipo di argomentazione-documentazione sia quello che maggiormente «appiattisce» le differenze disciplinari, e che quindi maggiormente «tradisce» alcune finalità delle storie disciplinari (quelle epistemologiche in particolare). Ed eccoci all'approccio *conoscitivo*, quello che maggiormente mette in luce alcuni problemi critici dello scrivere storia della scienza.

Intendiamo riferirci alla *questione epistemologica*. Nel nostro scrivere di storia della scienza sono in gioco molte e diverse epistemologie. In primo luogo quella che potremmo chiamare *epistemologia esterna*, legata alla filosofia della scienza adottata dallo storico — non sempre in modo consapevole. Poiché le filosofie della scienza finora dominanti sono state inesorabilmente fiscaliste (nel senso di costruite sul modello di scienza offerto dalla fisica), l'epistemologia esterna «importa» nella trattazione disciplinare degli andamenti riduzionistici (di una scienza all'altra, o fra livelli ontologici) spesso estranei al divenire degli eventi storici che si vogliono narrare. Per quanto riguarda l'*epistemologia interna* alla disciplina su cui intendiamo scrivere sorgono diversi problemi. Intanto va posta in discussione l'esistenza o meno di *epistemologie regionali*. Esse, probabilmente, si sono organizzate intorno alle singole *ontologie regionali* che caratterizzano molte discipline; gli *oggetti* possono essere di volta in volta una «specie», in senso biologico; una «reazione» chimica; un «gruppo», in senso matematico; un «campo», in senso fisico; più laicamente possiamo pensare alle *procedure conoscitive* così diverse fra le differenti discipline (criteri di verità, pratica sperimentale, formalizzazione linguistica, iconografica, matematica, ecc.). Per di più nelle nostre fonti sono depositate almeno due epistemologie. Quella che gli Autori invocano nei loro discorsi sul metodo (così frequenti, per la perenne incertezza della vera ricerca), e quella che gli stessi Autori effettivamente praticano, utilizzando le più svariate gerarchie fra i principi teorici, fra gli esiti sperimentali, e fra i primi e i secondi.

La *questione epistemologica* ci pare essenziale anche per altri aspetti rilevanti delle storie disciplinari, aspetti che riguardano il livello di (reciproca) *autonomia* delle discipline e le *gerarchie* (mobili, per fortuna) che si consolidano nell'ambito accademico, nell'opinione pubblica, nel favore del potere politico. Chimica e biologia sono state addirittura «schiacciate» dalle spinte riduzionistiche della fisica; gli attuali tentativi di «riscatto» della biologia sono legati al crescente potere sociale delle tecnologie del DNA e dintorni, più che alla ricerca di una effettiva autonomia epistemologica. Ma un luogo da privilegiare nel nostro dibattito ci sembra essere quello dei rapporti fra matematica e fisica. Il divorzio

<sup>8</sup> Pensiamo in particolare ad opere come quella di M. BLISS, *The Discovery of Insulin*, Chicago 1982.

voluta da molti matematici degli ultimi decenni dell'Ottocento fino a che punto si è realizzata? La collocazione di certe tematiche (sistemi non lineari), il senso stesso di molte teorie del secondo dopoguerra (GUTS), ci sembra dipendere in modo radicale dalla nostra comprensione delle gerarchie disciplinari all'interno della matematica, della fisica, e fra le due grandi scienze.

### Istruzioni per l'uso

La storia della scienza ha un carattere inesorabilmente giustificativo. Essa sembra destinata a celebrare l'ideologia della scienza che meglio riflette, al momento della scrittura, gli interessi di legittimazione degli scienziati.<sup>9</sup> Che si sia pro o contro le «sorti progressive» esistono dei selettori sociali che vincolano strettissimamente gli storici: tradizioni culturali, politiche editoriali, attese dei lettori, e altre amenità «congiurano» a perpetuare la selezione di temi e di modi di scrivere. Mentre sul primo tema del nostro dibattito abbiamo creduto di poter dare qualche spunto, su questo secondo nodo le idee (non solo le nostre) sono molto meno chiare.

Le *tradizioni interne* alle singole discipline sono indubbiamente tra i vincoli più rigidi che lo storico deve affrontare. È ovvio che ci riferiamo in particolare a chi vuole avvicinarsi ai «nostri» tempi. Mentre si può parlar male di Garibaldi (anche «grazie» ai recenti «sviluppi» politici del nostro Paese), è difficile parlare veramente male di Maxwell; ancora più difficile è parlare — essendo ascoltati — di W. Weber. La storia della chimica colloidale non potrebbe essere altro che una storia dell'errore; il fatto che la biologia molecolare fino a metà degli anni '70 non sia stata altro che una biochimica-fisica travestita viene o taciuto o sottovalutato. Anche se siamo coscienti che questa è la strada maestra verso la *storia dei vincitori* è assai difficile cercare un cammino diverso. In parte perché la nostra stessa attrezzatura conoscitiva è plasmata dalla scienza che ha vinto.<sup>10</sup> In parte perché noi stessi siamo dubbiosi della validità storiografica di un'esplorazione dei vicoli (sperimentali) ciechi o delle casamatte (teoriche) abbandonate. Eppure alcuni temi si sono legittimati nel tempo (tipicamente: i fluidi imponderabili, la meccanica newtoniana); forse è solo questione di attendere un secolo o due.

Ma il vincolo che ci sembra più difficile da rimuovere, proprio per il suo carattere esterno alla nostra comunità professionale, è costituito dalle *attese del pubblico*. A meno che si scelga di leggerci soltanto fra di noi — come se non

<sup>9</sup> I. GRAHAM, W. LEPENIES, P. WEGARD, *Functions and Uses of Disciplinary Histories*, Dordrecht 1983.

<sup>10</sup> Qui gli storici della cultura sarebbero inizialmente più adeguati.

bastasse il fatto che quasi sempre è già così — si è portati a prefigurarsi un lettore non solo colto, ma anche interessato a vicende che riguardano «entità» alquanto aliene. Si potrebbe confrontare il diverso pubblico (come ampiezza e qualità) di storie della genetica scritte nel 1950 e nel 1980; in questi trenta anni l'*appeal* di parole come «gene» è mutato completamente. Così, eccetto i luoghi tipici dei *tormontoni*, il pubblico delle storie disciplinari è dato dai cultori della disciplina, con tutto quanto ne consegue sul piano delle scelte tematiche, della filigrana epistemologica, del livello di scrittura.<sup>11</sup> E allora scriveremo e riscriveremo di Darwin in Italia, del pio Cauchy (per i lettori di La Pivetti), della fisica delle alte energie o della relatività, di Cannizzaro e del suo *Sunto*.

Raramente si trovano esplicitate nelle storie disciplinari le relative *istruzioni per l'uso*, quasi che fosse scontata la possibilità di isolare — ad esempio — una storia della teoria cinetica dei gas dal coevo discorso dei chimici sulla realtà molecolare, o che fosse accettabile da chiunque «leggere» la storia della biologia degli ultimi cinquanta anni come la storia della biologia molecolare, nascente o trionfante che fosse. Così scelte quasi obbligate per i motivi che abbiamo accennato, e indubbiamente per altri ancora, queste scelte non sono né dichiarate né tantomeno discusse. Un'obbiettivo del nostro dibattito potrebbe essere proprio un primo chiarimento in questa direzione, quasi deontologica (verso i lettori).

Altrove uno di noi ha invocato come adatto alle nostre necessità un tipo di storia già condannato da Nietzsche, e cioè la *storia monumentale*, non nel senso di monumenti (a Lenin o a Newton) da contemplare, ma nel senso di ampie costruzioni (narrative) in cui il lettore possa *abitare* per qualche tempo, accettando per curiosità e interesse i costumi di quanti in quei luoghi hanno vissuto.<sup>12</sup> La metafora potrebbe essere ampliata fino a diventare pesante, se non ridicola; quello che intendiamo dire è che dobbiamo criticare — in primo luogo — il nostro modo di scrivere. Detto radicalmente: *la storia è narrazione*, con quanto di emozione ed avventura implica il termine narrazione. Purtroppo ciò che noi storici della scienza riteniamo un'avventura emozionante raramente riesce ad essere tale *nella nostra scrittura*. E con questo il nostro circolo argomentativo si chiude, rinviando ai modelli da cui abbiamo preso le mosse.

<sup>11</sup> Da una parte ci potremmo chiedere quanti chimici apprezzano Heidegger, o quanti fisici sono interessati ai giochi linguistici di Wittgenstein, o quanti matematici hanno letto Habermas. Dall'altra potremmo avanzare dubbi di segno diverso (sulle due culture) a proposito dei lettori «umanisti».

<sup>12</sup> L. CERRETTI, *Procedere conoscitive e culture disciplinari. Un'analisi storiografica*, in G. Battimelli, E. Gagliasso (a cura di), *Le Comunità scientifiche tra storia e sociologia della scienza*, Quaderni della Rivista di Storia della Scienza, n. 2 (1992), pp. 83-122.

## Domande

Sicuramente non mancano. La storia della chimica è «sostanzialmente» altra cosa dalla storia, poniamo, della matematica? C'è qualche ragione forte, non riducibile semplicemente alle competenze specifiche dei singoli cultori, che giustifichi l'esistenza di storie disciplinari? E dunque occuparsi (e scrivere di) storia della chimica o della matematica porta ad affrontare situazioni problematiche intrinsecamente differenti? Con quali conseguenze sui prodotti finali della ricerca («modelli di scrittura»)? E rendendo opportune quali specifiche cautele («istruzioni per l'uso»: per il lettore, ma anche per chi scrive)?

La nostra tavola rotonda «Le storie disciplinari. Modelli di scrittura e istruzioni per l'uso» dovrebbe affrontare e mettere a fuoco questo tipo di problemi, ponendo a confronto alcuni storici della scienza di diversa formazione scientifica e collocazione disciplinare; dando per scontata l'esistenza di comparti disciplinari all'interno della storia della scienza, senza tuttavia accettare questa divisione come un dato «naturale». È fin troppo ovvio infatti che, se già le linee di demarcazione tra differenti discipline sono mobili e disegnano confini che variano nel tempo (e con le tradizioni culturali e le geografie politico-istituzionali), a maggior ragione la rigidità degli incasellamenti per discipline può essere legittimamente messa in discussione se parliamo di storia. Troppo spesso novità conoscitive degne di rilievo si sono realizzate all'intersezione di aree disciplinari contigue, e il loro sviluppo è stato frenato o esaltato dalla assenza o dalla presenza di una efficace interazione transdisciplinare.

Restano comunque interessanti specificità tutte da esaminare. Come ogni disciplina, ogni storia disciplinare possiede una propria tradizione culturale che agisce come retroterra ponendo forti condizioni al contorno, vincolanti l'operare dello storico. In qualche misura, come abbiamo detto, ogni storia (disciplinare) ha un carattere giustificativo; ora, se è chiaro come questo possa tradursi per lo storico nella accettazione più o meno implicita di particolari occhiali interpretativi con cui guardare al passato, è anche vero che i criteri di (auto)legittimazione invocati e accettati da differenti gruppi di scienziati possono variare su un ampio spettro, e proporre alle storie delle rispettive discipline di enfatizzare in conseguenza aspetti diversi delle pratiche e delle ideologie. Una scienza «debole» costruirà la propria legittimazione mostrando di adeguarsi agli imperativi procedurali, epistemologici etc. di una disciplina «forte», e così via. E gli storici spesso seguono, mutuando talvolta senza rendersene conto, comportamenti gerarchizzati secondo codici la cui origine essi dovrebbero invece rendere esplicita e comprensibile.

Siamo così naturalmente condotti a prendere per le corna la *vexata quaestio* delle gerarchie disciplinari, soprattutto per i riflessi che esse producono nelle pratiche storiografiche (la storia della tecnologia che si sente «meno nobile» della storia della scienza, al cui interno gli storici delle scienze della terra —

esistono? — hanno i loro complessi di inferiorità nei confronti della «più nobile» storia della fisica eccetera). Connessa a questo ordine di problemi è la questione — su cui vogliamo insistere — della esistenza, e della esplicitazione nelle scritture degli storici, di *epistemologie locali* associate alle procedure conoscitive delle varie discipline: cosa che, come conduce a definire in modo differente gli «oggetti» intorno a cui operano gli scienziati, porta a caratterizzare in modo diverso gli «oggetti» dell'indagine storiografica. Seguendo questa strada, non è irragionevole pensare di giungere ad una sorta di ribaltamento della struttura gerarchica canonizzata, restituendo dignità intrinseca e ragion d'essere specifica alle singole storie disciplinari. Ponendo però, il non semplice problema di dove sia situato il livello intorno a cui ricomporre un quadro unitario — in cui, diciamo, si risalga *tout court* alla storia della scienza.

Quanto di tutto questo groviglio di questioni risulta chiaro a chi usufruisce del prodotto finale del prodotto degli storici? E quanto gli storici scrivono per un pubblico che non sia la propria comunità di appartenenza, dando così per scontati parametri di valutazione e criteri interpretativi che andrebbero al contrario resi espliciti?

FERDINANDO ABBRI (\*)

## Le storie disciplinari: il caso della storia della chimica

### 1. La situazione della storiografia.

Nella *Apologia* che apre il suo fortunato volume su *Atoms and Powers* (Cambridge Mass., 1970) Arnold Thackray scriveva che pochi avrebbero negato il «Cinderella-like status» occupato dalla storia della chimica nel più vasto ambito della storia della scienza in quanto disciplina. Thackray individuava varie cause di questa situazione e la sua diagnosi era perfettamente condivisibile e confermata proprio dalla condizione delle ricerche storiche sul pensiero chimico.

Nell'ambito della storiografia della chimica spiccano alcune opere, pubblicate sin dal tardo Settecento, che sono rivolte a delineare, in maniera minuziosa, l'evoluzione del pensiero chimico dall'antichità all'età moderna. *Le storie della chimica* di J.F. Gmelin (1797-1799), di H. Kopp (1843-1847) e di J.R. Partington (1961-1964) costituiscono veri e propri monumenti di erudizione e rappresentano, ancora oggi, opere preziose di riferimento e consultazione.

Nel secondo dopoguerra non sono mancati lavori meno impegnativi e di lettura più agevole che presentano profili sintetici dell'evoluzione della chimica. Basterà ricordare *The Historical Background of Chemistry* (1956) di H.M. Leicester e *The Development of Modern Chemistry* (1964) di A.J. Ihde. D'altra parte, sono apparsi anche pregevoli lavori su capitoli specifici della storia della chimica come la *Geschichte der Organischen Chemie seit 1880* di P. Walden (Berlino, 1941; ristampa 1990).

Nella generale fioritura della storiografia della scienza, tipica del Novecento, la storia della chimica, come segnalava Thackray, ha tuttavia occupato una posizione marginale. All'espansione formidabile delle ricerche nel settore della storia della biologia e della fisica ha corrisposto solo uno sviluppo limitato della storia della chimica. Non è certo un caso che gli studi su chimici di rilievo, quali

(\*) Dipartimento di studi storico-sociali e filosofici, Università di Siena.

Lavoisier, Berzelius, Avogadro ecc., non siano così avanzati come quelli su altre grandi figure della storia della scienza (ad es. Galileo, Newton, Darwin, Freud).

È da segnalare, con sorpresa, la pubblicazione recentissima di quattro nuove storie generali, che sono un segno di una lenta ma sicura crescita delle indagini di storia della chimica. È opportuno soffermarsi brevemente su queste pubblicazioni.

Nel 1988 F. Aftalion ha pubblicato una *Histoire de la chimie* (Paris, Masson): il titolo non è centrato poiché si tratta in realtà di una storia della tecnologia chimica, delle applicazioni delle conoscenze alla produzione industriale.

Nel 1992 è uscita a Londra (Macmillan) *The History of Chemistry* di John Hudson: opera di impianto tradizionale che copre tutta l'evoluzione storica del pensiero chimico dall'antichità ad oggi.

Il volume di Hudson rivela le difficoltà, a livello storiografico, di una storia generale della chimica. Se si scorre l'indice non si tarda a scoprire che la trattazione è organizzata secondo una periodizzazione classica («Early processes and Theories», con gli inevitabili riferimenti alla teoria della materia di Aristotele; «Alchemy»; e «From Alchemy to Chemistry», ecc.).

In verità siamo ancora agli schemi cari a Aldo Mieli e da lui delineati nel suo saggio su *I periodi della storia della chimica*, pubblicato nel 1914. La divisione della storia della chimica per epoche o periodi è un'eredità ottocentesca, è stata articolata in maniera specifica da Mieli e continua ad esercitare un'influenza determinante sul modo attuale di scrivere la storia della chimica. È abbastanza singolare (e a mio avviso sorprendente) che le indicazioni innovatrici di quella grandissima storica che era Hélène Metzger (1889-1944) stentino ancora a trovare udienza tra gli storici della chimica.

Problemi di periodizzazione del tutto simili a quelli evidenziati nel volume di Hudson si ritrovano nella massiccia e analitica *The Fontana History of Chemistry* (London, 1992) di William F. Brock. L'impostazione di Brock è tradizionale anche se rivisitata alla luce della produzione storiografica più recente.

Novità di un qualche rilievo sono rintracciabili invece nella *Histoire de la chimie* (Paris, Editions La Découverte 1993) di Bernadette Bensaude-Vincent e Isabelle Stengers e in *Ideas in Chemistry. A History of the Science* (London, The Athlone Press 1992) di David Knight.

Bensaude-Vincent e Stengers si mostrano assai attente alla questione della definizione del campo della chimica, mentre Knight fa cominciare la sua storia a partire dal Rinascimento e si sofferma su varie dimensioni del sapere chimico.

La scelta di Knight è quanto mai appropriata perché taglia, finalmente, la questione del rapporto tra alchimia e chimica e evita il falso problema della «trasmutazione» dell'alchimia in chimica. Questo problema rinvia ad una questione cruciale attinente al dominio della chimica.

## 2. Il territorio della chimica.

H. Metzger ha ricordato, a più riprese, che gli argomenti della storia della scienza non coincidono con gli oggetti di ciò che noi chiamiamo oggi scienza: l'oggetto di un sapere specifico è una conquista, un risultato storico, non un dato a priori.

Queste affermazioni risultano di rilievo cruciale nel caso della chimica.

La redazione di una storia della chimica è impresa piena di difficoltà che nascono dal fatto che la chimica, per riprendere delle espressioni di R.P. Multhauf, «is peculiar among the sciences in being a modern invention; to put it succinctly the Greeks did not even have a word for it». Ancora oggi non vi è pieno accordo tra storici, filologi sulla origine e radice del termine «chimica». L'approntamento di una storia complessiva della chimica implica la necessità di fronteggiare ambiguità e di sciogliere nodi metodologici.

La chimica, come disciplina, nacque in Età moderna, tramite un processo lento e intricato che inizia nel Cinquecento e trova un suo primo punto di approdo nel tardo Settecento. La «modernità» vide dunque l'emergere faticoso di un settore specifico della conoscenza, il delinearsi di un campo problematico autonomo e definito che assunse il nome di chimica. Le ambiguità che avvolgono termini come «alchimia», «spagirica», «iatrochimica», «chimica» nel Seicento sono espressione delle difficoltà incontrate proprio dalla chimica, emerse da un terreno eterogeneo, ad affermarsi come disciplina autonoma.

Sorge spontanea una domanda: se la chimica è una scienza moderna, come si devono allora considerare le tecniche «chimiche» antiche, la filosofia naturale greca, l'alchimia ellenistica, araba, cinese e latino-medievale?

La risposta comune a questa domanda è stata quella di considerare l'alchimia come protochimica, una sorta di preludio alla chimica moderna, ovvero di utilizzare l'impostazione cara alla tradizione storiografica illuministica e positivista (le idee di M. Berthelot esercitano ancora un'influenza decisiva come pure la indicazione di Mieli che la storia della chimica ha il suo inizio in un periodo filosofico e in due periodi «alchimici»).

Questa impostazione solleva però non poche perplessità perché ad esempio un settore di grande rilievo filosofico come l'alchimia medievale latina finisce per essere visto solo come un lunghissimo preludio — una contraddizione in termini — e le sue specificità risultano sacrificate sull'altare della nascita della chimica moderna.

A me pare che una risposta più adeguata debba basarsi su premesse socio-culturali, che guardino alle tradizioni alchemiche come a qualcosa di radicalmente peculiare, a qualcosa d'altro rispetto alla chimica, quindi degno di essere studiato per sé, senza preoccuparsi troppo dell'eventuale contenuto chimico moderno. In un testo alchemico antico o medievale è possibile individuare, in

termini linguistico-concettuali attuali, processi e reazioni chimici, ma al prezzo di un artificioso isolamento dal loro contesto tematico ed ideologico.

Un approccio attento ai contesti culturali («immagini della chimica», ovvero sue definizioni e contenuti), istituzionali (opportunità pubbliche per la ricerca) e sociali (interazione del sapere chimico con la società) impone di far cominciare la storia «della chimica» a partire dal Rinascimento. Tale approccio non esclude il problema delle influenze alchemiche sul primo pensiero chimico, al contrario rafforza proprio l'idea che l'alchimia debba essere, come merita, studiata di per sé, in quanto fenomeno culturale specifico, senza un'inutile ricerca di precorriti.

Il problema metodologico cruciale per lo storico della prima chimica moderna è quello della individuazione dei meccanismi culturali che consentirono la possibilità di affermazione di un territorio specifico di sapere, quello della chimica come scienza. Proprio la contestualizzazione delle tematiche oggetto di indagine storica consente di risolvere i dilemmi relativi alle vicende storiche della chimica, in particolare alla sua periodizzazione.

Questa questione del territorio di un sapere specifico si lega al problema degli «oggetti» della chimica.

### 3. *Gli oggetti della chimica e della storia.*

È assai forte per lo storico delle scienze (e della chimica in particolare) la tentazione di individuare precorriti, continuità, analogie e identità. Il problema della identità diventa cruciale quando si ha a che fare con gli «oggetti» della indagine chimica.

Sono noti i problemi epistemologici sollevati da T. Kuhn allorché ha affrontato il celebre esempio della scoperta dell'ossigeno nel tardo Settecento (Scheele, Priestley o Lavoisier?), problemi che hanno attinenza anche con le scoperte delle principali sostanze chimiche.

Ovviamente le soluzioni hanno a che fare con opzioni filosofiche (convenzionalismo versus realismo) o con credi epistemologici.

Si è detto prima che gli oggetti della chimica non coincidono con quelli della storia della chimica; in caso contrario la storia sarebbe solo un processo di esclusioni alla ricerca del nucleo della «verità scientifica».

A me pare che un approccio culturale, contestuale sia utile anche in questo caso: gli oggetti di un sapere mutano perché mutano le loro definizioni e sono diversi i contesti teorici nei quali sono inseriti. Questo approccio appare irrinunciabile per la storia della chimica. Mi sia consentito un breve esempio.

Prima del 1770 molti naturalisti, impegnati nella ricerca sperimentale sulle arie, avevano liberato l'ossigeno da varie sostanze. Ciò risulta ai nostri occhi di lettori attuali di un resoconto sperimentale del Settecento, ma era inesistente alla

loro percezione. Allorché osserviamo che tre naturalisti (Scheele, Priestley, Lavoisier) avevano preparato (in tempi ravvicinati) quella sostanza che noi chiamiamo ossigeno è innegabile la tentazione di indicare priorità e continuità. Ma Scheele, Priestley e Lavoisier caratterizzano il nostro ossigeno in modi e con nomi diversi, a seconda dei loro parametri teorici di riferimento. È legittimo ammettere una identità dove i protagonisti settecenteschi della nostra storia ammettevano invece differenze? Credo proprio di no. A mio avviso, è il contesto teorico nell'ambito del quale avviene una «scoperta» a definire la scoperta stessa. Dunque, i medesimi (per noi) oggetti chimici risultano diversi perché furono percepiti e caratterizzati in modi specifici e la storia rende conto di queste differenze.

Le scoperte, le controversie scientifiche (e gli oggetti al centro di tali controversie) non sono spiegabili in termini di continuità e di evidenza razionali perché le regole della evidenza sono storicamente, socialmente e culturalmente condizionate. La storia della chimica dimostra, in maniera straordinariamente efficace, la complessità dei fattori che interagiscono nella storia del progresso scientifico. Il consenso intorno ad una teoria radicalmente nuova non nasce perché gli oggetti di tale teoria stanno in continuità con le teorie precedenti o coeve (un flogista non si converte a Lavoisier perché vede la continuità dell'ossigeno di quest'ultimo con l'aria deflogisticata di Priestley o l'aria del fuoco di Scheele) bensì perché la teoria (i cui oggetti sono diversamente definiti) risponde ai criteri adottati dalla gran parte della comunità scientifica (che si organizza diversamente nel tempo).

La storia della chimica è una storia di definizioni mutevoli di oggetti solo apparentemente (o se si preferisce, per noi) uguali.

#### 4. *Uso della storia.*

È mia convinzione che la storia della chimica, come la storia generale della scienza o le storie speciali delle scienze, abbia validità in sé e per sé in quanto semplicemente storia, cioè attività intellettuale di ricostruzione di vicende del passato. Non si tratta per nulla di scrivere storia al fine di ..., ma di illuminare capitoli fondamentali della storia dei progressi umani nell'uso della ragione.

Purtuttavia la storia della chimica, nella sua piena autonomia, può svolgere un ruolo culturale importante.

La chimica come scienza e tecnologia non gode di grande fortuna nella percezione pubblica, sociale e richiama, in genere, l'attenzione solo per i suoi aspetti negativi patologici, che sono indubbiamente reali, i quali finiscono per oscurare del tutto quelli innegabilmente positivi. Si assiste in genere alla messa sotto accusa della conoscenza chimica *tout court* e non del suo uso o dei fini della ricerca scientifica.

Questa situazione ha contribuito alla marginalizzazione della storia della chimica, alla sua scarsa fortuna.

Una storia integrale, ovvero problematica, della chimica può essere uno strumento di grande utilità per richiamare l'attenzione sull'importanza cruciale e sociale della chimica, sulla sua irrinunciabilità.

Una comunità scientifica non può trascurare il valore culturale attribuito alla sua attività di incremento del patrimonio della conoscenza. Quando il profilo culturale di una scienza è basso, si impongono correttivi. La storia non risolve certo i problemi, ma può portare un suo non trascurabile contributo.

ARCANGELO ROSSI (\*)

### Le storie disciplinari: il caso della storia della fisica

Posto che la professionalizzazione della fisica risale solo al secolo scorso, essendo prima intrecciata, come del resto la chimica, alla filosofia naturale (l'uso stesso dei termini fisica, fisico prima dell'ottocento era assai incerto, spesso alternato e confuso con quello di filosofia naturale, filosofo naturale), è tuttavia ovviamente possibile e necessario individuare l'oggetto della storia della fisica anche prima di tale epoca come un nucleo di interessi conoscitivi, di tecniche e di linguaggi.

Naturalmente, la non perfetta identità terminologica dell'oggetto complica le cose per una scrittura della storia disciplinare della fisica prima di quell'epoca, pur essendone già allora comunque identificabile, sia pure con maggiore difficoltà, l'oggetto. Allo scopo, sarà dunque necessario puntare direttamente alla storia concettuale, che assume appunto l'identità specifica dell'oggetto, delle procedure e dei linguaggi anche prima del loro avvenuto riconoscimento professionale, istituzionale e sociologico. Penso alle grandi compilazioni di M. Jammer, *Storia del concetto di ...*, cui segue l'indicazione di una grandezza come *massa, forza, spazio*, o all'*Histoire de la mécanique* di R. Dugas, o ad *Early Electricity* di J. Heilbron, o alla scelta di aspetti specifici degli scienziati del passato, come ad esempio in *Leibniz et la dynamique* di P. Costabel, o come in *Galileo e la sua legge d'inerzia* negli *Studi galileiani* di A. Koyré, o ancora come nell'analisi delle diverse formulazioni della gravitazione da parte dei vari autori, Copernico, Kepler, Newton, negli *Studi newtoniani* dello stesso. È perfino possibile, in questa stessa chiave, fare la storia di una legge fisico-matematica come  $F = M \cdot a$ , come nel libro di G. Maltese sulla scia degli studi di C. Truesdell sulla storia della meccanica.

Si tratta appunto di individuare un contenuto concettuale, un metodo, un linguaggio, una procedura attraverso le memorie, le lettere, i trattati, essendo

(\*) Dipartimento di Fisica, Università di Lecce.

però già preventivamente convinti della realtà, per così dire ontologica, di un oggetto, la fisica, con sue caratteristiche proprie, sia pure embrionali, rispetto all'intreccio culturale e sociale in cui esso era allora strettamente implicato. Tanto da rendere impossibile scrivere invece ad esempio una storia disciplinare relativa alla fisica prima di una certa epoca utilizzando approcci non conoscitivi, ma ad esempio biografici, sociologici, istituzionali, totali (secondo la suggestiva classificazione dei modi di scrittura propostaci da Battimelli e Cerruti), perché appunto allora, non essendoci ancora il fisico come figura professionale, o la fisica come luogo istituzionale, per parlare ad esempio di Galilei o Newton in toto (A. Koyrè), oppure dell'Accademia delle Scienze di Parigi (R. Hahn), o perfino della più recente Société d'Arcueil (M. Crosland), inevitabilmente si parlerà anche di altre scienze, come di chimica e scienze naturali e di matematica pura, e di discussioni teologiche e metafisiche, o di istituzioni la cui attività non appare né esclusiva né strettamente compartimentata nell'ambito della filosofia naturale del tempo.

Naturalmente, questi sono aspetti che pesano anche sul piano della storia conoscitivamente orientata della fisica, definita epistemologicamente e quindi ontologicamente nei termini di oggetti già specifici ma certo non ancora ben separati. Ma su questo piano esiste sicuramente almeno un filo rosso che consente di discriminare sufficientemente l'oggetto fisica, nelle sue varie branche, dai contesti e dibattiti di contorno in cui esso si inserisce, ed è, mi pare, o l'aspetto matematico, essendo la fisica allora, prima di Lavoisier che inaugura la chimica moderna, praticamente l'unica forma di matematica applicata, o di metodo sperimentale basato in modo essenziale su strumenti e misurazioni quantitative, tant'è che quando si parla di applicazione di tali metodi e procedure matematiche o sperimentali attraverso misure ad oggetti non fisici in senso stretto o tradizionale, si parla allora ad esempio di fisica animale in un'accezione chiaramente riduzionistica. Su questa base Kant si trovò anzi, a fine '700, a dover distinguere una fisica generale vera e propria, delle leggi matematiche generali della natura, da una fisica speciale in cui queste stesse leggi si applicano a nuovi oggetti specifici, cui non era stata ancora applicata fino ad allora una trattazione matematica sistematica, come soprattutto la chimica appunto, ma non solo.

Il problema è dunque che questo filo rosso della matematizzazione non è più sicuramente utilizzabile per identificare la fisica dopo di allora, dato che altri campi oltre la chimica stessa assumono forma matematica e sperimentale esatta, in particolare l'economia, la biologia specie in forma statistica, la tecnologia. Ma, almeno per quanto riguarda la storia della fisica, da un certo punto in poi non c'è più bisogno di individuare un filo rosso interno per definire l'oggetto, e i confini delle storie conoscitive tendono a coincidere, per effetto della professionalizzazione sempre più stretta della disciplina, con quelli delle storie biografiche, istituzionali, sociologiche, totali. Dire che tendono a coincidere non signi-

fica però dire che coincidono. Basti pensare alla biografia di Faraday di Pearce Williams, o a quella di Kelvin di Crosbie Smith e Norton Wise per rendersi conto che anche dopo il primo ottocento studiare uno scienziato come Faraday o come Kelvin in termini più ravvicinati e personali, come un individuo scientificamente creativo e attivo, costringe ancora ad approfondire aspetti diversi dalla fisica in senso stretto, come ad esempio nei casi citati, la chimica per Faraday e la tecnologia per Kelvin. E si tratta di aspetti che emergono anche dalle biografie e autobiografie di fisici appartenenti ad epoche più recenti, come ad esempio i Curie, L. Pauling, W. Nernst per quanto riguarda i nessi con la chimica, o Siemens, von Kármán, Edison, Marconi, per quanto riguarda i nessi con la tecnologia. Dal punto di vista istituzionale e sociologico poi, come fare a distinguere nettamente la posizione dei fisici da quella di altri scienziati, matematici, chimici e biologi in particolare, nello studio di L. Graham sull'Accademia delle Scienze dell'URSS o in quello di Beyerchen sugli scienziati sotto Hitler? Per non dire della storia più culturale della fisica, come quella di L. Caneva sugli sviluppi dell'elettrodinamica nel primo ottocento in Germania o quella di B. Giusti Doran sul coevo sviluppo dell'elettromagnetismo in Inghilterra, che chiamano in causa esplicitamente il peso, tutt'altro che esaurito, delle correnti più propriamente culturali e filosofiche dei rispettivi paesi sugli sviluppi anche più interni della fisica.

Detto questo, l'identità della fisica appare ormai acquisita in generale attraverso una sua netta demarcazione e professionalizzazione rispetto alle altre discipline, con i suoi ruoli accademici e laboratori specifici, società professionali e riviste specializzate (nel corso dell'ottocento spariscono ad esempio gli annali di fisica e chimica presenti all'inizio del secolo) con una sola, vistosa eccezione, la fisica matematica. Sembra una specie di scotto che la matematica pretende sia pagato dalla fisica per averne sostenuto in precedenza l'identità rispetto alla filosofia naturale in generale, quando proprio il linguaggio matematico costituiva una specie di filo rosso che ne salvaguardava appunto l'identità. Negli ultimi due secoli dunque, in contraccambio, la matematica sembra esigere da parte della fisica che essa accetti di continuare ad essere la matematica applicata per eccellenza, rientrando così, almeno in parte, a volte più a volte meno, sotto l'egemonia della matematica stessa. I momenti di massima egemonia sono anzi proprio quelli di svolta, quando, per così dire, i fisici preferiscono affidarsi alle risorse, alla potenza degli sviluppi matematici per uscire dalle difficoltà. Così, all'inizio dell'ottocento il peso dell'analisi nella fisica diventa letteralmente schiacciante. Definita da Fourier come il linguaggio stesso della natura, riceve da parte dei grandi fisici matematici come appunto Fourier, ma anche Gauss, Cauchy, Poisson, apporti creativi decisivi. Nel secondo ottocento a ciò si aggiunge con Maxwell e Boltzmann il peso della statistica matematica, sempre come via di uscita da impasse e difficoltà della fisica. Infine, approcci di tipo algebrico, insieme con lo sviluppo ulteriore di quelli analitici (Poincaré, Levi-Civita) e stati-

stico-probabilistici (Einstein, Gibbs, Ehrenfest) presenti soprattutto nella relatività e nella meccanica statistica, prendono piede a partire dal primo novecento soprattutto con lo sviluppo della teoria dei quanti (Hilbert, von Neumann), con un ritorno infine della geometria, in particolare la geometria differenziale per lo sviluppo della relatività generale (Weyl) e i frattali per la fisica non lineare (Mandelbrot). Si tratta sì di sviluppi creativi della fisica, ma al tempo stesso anche della matematica, che anzi proprio per questo riescono a staccarsi di volta in volta dalla tradizione fisica dominante e riescono ad innovare. È il caso di un fecondo apporto alla fisica per ibridazione dall'esterno che si ritrova anche in altri settori, in termini di sviluppo indipendente di metodi matematici, ad esempio nella meccanica applicata diventata ormai, da branca della fisica classica, un settore tipicamente ingegneristico, ma che con von Kármán, Taylor, Onsager anticipa sviluppi successivi della fisica non lineare, dei sistemi dinamici complessi e caotici (turbolenza).

Bisogna dire che tuttavia la fisica, almeno a partire da metà ottocento, ha cercato di sviluppare anticorpi per evitare la sua riduzione a fisica matematica, a pura applicazione della matematica, generando a tale scopo addirittura un settore di ricerca specifico, la fisica teorica distinta appunto dalla fisica matematica. Si tratta quindi di individuare anche storicamente gli sforzi di definizione di un contenuto teorico della fisica irriducibile al formalismo matematico e al puro trattamento matematico dei dati sperimentali. In questa chiave si devono leggere a mio parere i tentativi, a volte anche esplicitamente filosofici, di grandi fisici dell'ottocento e del primo novecento come Maxwell, Helmholtz, Hertz, Boltzmann, Kirchhoff, Kelvin, Mach, Einstein, Planck, Bohr, Heisenberg, Pauli, de Broglie, Schrödinger, Dirac, tentativi diversissimi e talora conflittuali tra loro, ma tutti volti a precisare una dimensione teorica e metodologica della fisica non identificabile con la fisica matematica intesa come mera matematica applicata. Questo sforzo di interpretazione fisica del formalismo, in direzioni anche divergenti, dal realismo di Boltzmann al criticismo di Hertz al fenomenismo di Mach all'operazionismo di Heisenberg, punta dunque ad evidenziare l'autonomia del discorso fisico rispetto alla pura matematica, donde la particolare tendenza ad elaborare discorsi filosofici e metodologici che possano dare forza a tale autonomia in termini di teoria della conoscenza.

L'assiomatica di conseguenza sviluppata, ad esempio con l'interpretazione ortodossa della Meccanica Quantistica, ha da allora in poi reso superfluo agli occhi di molti fisici, anzi della maggioranza di essi, lo sforzo di ogni ulteriore discussione del genere, ma non impedisce che ancora si avverta da parte di altri l'esigenza invece di ridiscutere ancora i termini invocando ulteriori e diverse giustificazioni teoriche per la fisica, ad esempio di tipo neorealistico, in particolare con la ripresa e lo sviluppo delle posizioni di Einstein.

Va da sé che questa forte motivazione epistemologica (rivendicazione dell'autonomia della fisica come conoscenza della realtà in sé o come strumento

operativo ed organizzativo dei dati sperimentali indipendente rispetto al puro formalismo matematico), con la sua controparte ontologica (esistenza di una vera e propria oggettività indipendente della fisica in termini di oggetti, procedure e linguaggi specifici, che può peraltro perfino contraddire l'epistemologia cosciente dei fisici), ispira oggi, oltre che i modi di scrittura della storia della fisica, anche i suoi usi e le sue finalità. In particolare, caduta sempre più la tendenza puramente apologetica e agiografica, pur se portatrice di informazioni preziose, di immediata autogiustificazione secondo un disegno di sviluppo automatico e progressivo, portata avanti dagli stessi fisici attivi (penso a *I trent'anni che sconvolsero la fisica* di G. Gamow o a *Personaggi e scoperte della fisica moderna* o all'*Enrico Fermi fisico* di E. Segrè o all'autobiografia di Max Born, opere che hanno comunque il merito non disprezzabile della vivacità narrativa e della «monumentalità» intesa come gusto personale di condivisione, magari ingenua ma viva, di un'alta esperienza creativa), ed essendo oggi d'altra parte gli storici della fisica vaccinati, data la loro ideologia per lo più cosmopolita, rispetto a tentazioni di tipo nazionalista o razzista, mi sembra di poter appunto evidenziare piuttosto, come motivazione e finalità dello scrivere storia, l'affermazione di un'identità forte (identità che per altro diviene a volte pretesa di ridurre a sé tutte le scienze della natura, dalla biologia alla stessa cosiddetta fisica della mente), comunque sia essa definita, biograficamente (come nel Planck di Heilbron e nell'Einstein di Fine e Pais), istituzionalmente (come nella Storia del CERN), conoscitivamente (come nello studio di Kuhn sulla radiazione di corpo nero e la discontinuità quantica o in quelli di Jammer sullo sviluppo concettuale della meccanica quantistica), totalmente (come nella *Storia della fisica del XX secolo* a cura di C. Weiner o in *The Restructuring of the Physical Sciences in Europe and the United States 1945-1960* a cura di M. De Maria, M. Grilli e F. Sebastiani), in cui la pur forte presenza della ricerca matematica nella fisica è inquadrata nelle finalità conoscitive, istituzionali, professionali della fisica stessa, ferma restando la diversità anche netta delle definizioni possibili di tale autonomia ed identità.

Francamente si può però dire che, come sempre avviene in fasi di svolta come l'attuale, il peso della matematizzazione come forza innovativa per lo sviluppo della fisica a volte appare ancora oggi prevalente, e così i capitoli più recenti della fisica, la non linearità, la complessità, il caos, sembrano rimettere in discussione distinzioni disciplinari forti tra fisica e ricerca matematica, con conseguente ripensamento degli stessi fondamenti epistemologici ed ontologici di tali distinzioni, e quindi della stessa storia della fisica, e con una notevole apertura verso esiti incerti (un esempio efficace, sia pure di taglio giornalistico, di quanto dico è il volume *Caos* di J. Gleick).

Resta comunque per la storia della fisica come per la storia della scienza in generale il compito di far percepire il presente stesso come storia e gli aspetti di apertura anche imprevisi ed imprevedibili che il presente contiene, per cui

anche oggi l'esigenza giusta di un assetto disciplinare ben definito deve e può convivere con l'interazione dinamica con le altre discipline e con i contesti e i linguaggi più diversi, se la fisica come tale nella sua specificità, così come la scienza in generale, vuole continuare ad essere qualcosa di vivo e fecondo, capace di continuare a dare un effettivo apporto conoscitivo ed operativo alla cultura umana. E se si vuole che essa sia sentita come tale dal più grande pubblico, è anche ovvio allora che, senza nascondere le difficoltà, la sua storia funzioni anche come strumento di divulgazione ed apprendimento, facendo sentire anche attraverso la narrazione biografica e ambientale, con la sua forza suggestiva, senza appiattirla in puri algoritmi matematici e meri elenchi fattuali di invenzioni e scoperte, la vitalità della fisica, come parte integrante del processo di umanizzazione della realtà anche attraverso la conoscenza oltre che attraverso la produzione materiale e l'azione pragmatica, con cui peraltro la stessa conoscenza fisica è intrecciata e deve conservare un legame vitale. In termini storiografici ciò in particolare significa un nesso forte anche con la storia della tecnologia, specie laddove, come nello sviluppo della Big Science dal Progetto Manhattan in poi, le condizioni materiali, economiche e strumentali della fisica appaiono almeno altrettanto importanti per il suo sviluppo delle condizioni intellettuali, che sono in primo luogo appunto quelle metodologiche e matematiche (esempi di tale nesso forte mi sembrano *Constructing Quarks* di A. Pickering o le ricerche in atto sulla storia dell'ESA).

MASSIMO GALUZZI (\*)

### Le storie disciplinari: il caso della storia della matematica

Nelle pagine che seguono ho espresso alcune idee sulle recenti linee di tendenza della ricerca nel campo della storia della matematica. Ho cercato, in queste pagine, di essere il più possibile oggettivo, ma la recente lettura di un articolo di Ivor Grattan-Guinness<sup>1</sup> sullo stesso argomento mi ha convinto che possono esservi notevoli divergenze di opinione. È possibile che molte diversità tra le considerazioni di Grattan-Guinness e le mie corrispondano però ad un diverso metodo di confronto con l'argomento: mentre Grattan-Guinness considera soprattutto il problema del rilievo istituzionale della storia della matematica e, subordinatamente ad esso, quello dei valori culturali che questa disciplina oggi esprime, io ho considerato essenzialmente questo secondo aspetto.

Mi pare innegabile il fatto che vi sia oggi un notevole fenomeno di integrazione della storia della matematica all'interno della comunità dei matematici.<sup>2</sup> Molti aspetti per così dire «quantitativi» potrebbero mostrarlo con chiarezza. La semplice considerazione dello spazio e del rilievo che la storia della matematica va acquistando all'interno della *Mathematical Review*, la più importante rivista di recensioni di lavori di carattere matematico, mi pare una sorta di dimostrazione «oggettiva».

Credo che il ruolo (positivo e negativo) di un «personaggio», che sino a pochi anni or sono dominava la scena matematica mondiale, intendo dire il gruppo di matematici riuniti sotto il nome collettivo di Bourbaki, debba essere

(\*) Dipartimento di Matematica «F. Enriques», Università di Milano.

<sup>1</sup> I. GRATTAN-GUINNESS, *A residual Category: Some reflections on the History of Mathematics and its status*, «The Mathematical Intelligencer», vol. 15, n. 4 (1993), pp. 4-6.

<sup>2</sup> Dal punto di vista culturale, intendo. A livello istituzionale la situazione varia da nazione a nazione. È assai deprimente in Inghilterra (di qui forse l'origine delle proteste di Grattan-Guinness) ove accanto a ricercatori di assoluto valore, come D.T. Whiteside o lo stesso Grattan-Guinness, vi è una fondamentale carenza istituzionale, mentre è complessivamente soddisfacente in Italia.

chiamato in causa per due motivi all'apparenza semplicemente contrastanti, ma in realtà complementari, per comprendere alcuni aspetti delle attuali linee di tendenza della storia della matematica.

Assistiamo oggi ad una poderosa reazione ad (almeno) alcuni eccessi della matematica degli anni Cinquanta e Sessanta, caratterizzata appunto dal massiccio affermarsi del punto di vista bourbakista. Bourbaki sembra anzi conoscere oggi un veloce declino, e, come talvolta accade in queste circostanze, la fine «empirica» del fenomeno reca con sé anche il disinteresse per una riflessione approfondita e spinge a giudizi sommari.<sup>3</sup>

Giustamente Alberto Conte ha parlato per gli anni del dominio bourbakista di «delirio astrattivo».<sup>4</sup> Erano anni, quelli, in cui l'impostazione assiomatica bourbakista era identificata (dagli epigoni soprattutto, in genere più zelanti dei maestri) con la «matematica moderna» tout court. Le tre strutture caratteristiche di quella matematica (strutture topologiche, strutture d'ordine, strutture algebriche) erano assunte come elementi del patrimonio genetico dell'essere umano. Erano, insomma, anni di varie tipologie di atteggiamenti estremi.

La storia, nella sua accezione più facile ed immediata, la storia come ricerca delle «radici», come tentativo di comprendere almeno la genesi e le motivazioni di una matematica che sembrava chiudersi in un'impenetrabilità assoluta non poteva che apparire a molti un rifugio ed un antidoto necessari. In quegli anni, o piuttosto negli anni immediatamente successivi, prende così corpo una storia della matematica che programmaticamente oppone un'altra matematica a quella bourbakista.<sup>5</sup>

Ma agli stessi esponenti del gruppo Bourbaki si doveva tuttavia un forte impulso verso la storia della matematica, sia pur, com'è ovvio, diversamente motivata. Nessuno dei «maestri» del movimento bourbakista ha mai presentato le strutture matematiche ed il metodo assiomatico come assoluti dello spirito. Anzi, fin dal celebre manifesto bourbakista,<sup>6</sup> si è sottolineato il carattere provvisorio, storicamente determinato, delle strutture, il loro possibile mutare, od esau-

<sup>3</sup> Mi sembrano invece molto equilibrate le considerazioni di HOUZEL in C. HOUZEL, *L'influenza di Bourbaki*, in A. Guerraggio (ed.), *La matematica italiana tra le due guerre mondiali*, Bologna 1987.

<sup>4</sup> Cfr. la sua *Presentazione* al volume M. KLINE, *Storia del pensiero matematico*, trad. it., 2 voll., Torino 1991.

<sup>5</sup> Il libro di Kline citato nella nota precedente ne è del resto un esempio. Più radicale nell'opposizione è invece un suo altro libro: M. KLINE, *Matematica. La perdita della certezza*, trad. it., Milano 1985. È indubbiamente un libro interessante, anche se talvolta di sconcertante ingenuità, come ad esempio nella schematica e semplicistica opposizione tra matematica «pura» ed «applicata» del cap. XIII.

<sup>6</sup> N. BOURBAKI, *The architecture of mathematics*, «American Mathematical Monthly», vol. 57 (1950), pp. 221-232. [Traduzione, rivista dall'autore, di un capitolo di F. Le Lionnais (ed.), *Les grands courants de la pensée mathématique*, Cahiers du Sud, 1948].

rirsi e, soprattutto il loro essere intelligibili solo come causa finale di un *processo storico*.

Proprio a Bourbaki si deve l'idea della identità profonda tra matematica e storia della matematica:<sup>7</sup> un'identità che si potrebbe definire hegeliana. Taluni eccessi polemici (di Dieudonné, soprattutto) hanno talvolta oscurato quest'idea e causato fraintendimenti. Ma un esame attento della produzione bourbakista rivela facilmente la profonda rilevanza della storia della matematica all'interno di essa.

In corrispondenza a Bourbaki si sono posti dunque due modi di essere della storia della matematica, che potremmo per semplicità qualificare come «reazione a» od «azione di» Bourbaki.

Spesso la storia intesa nella prima forma, come reazione ad un eccesso di astrazione, ha assunto le caratteristiche di storia economica, sociale, politica, di storia «esterna», volta a ricercare al di fuori della matematica le cause della sua evoluzione, giudicata, questa, incomprensibile se considerata autonomamente.

La storia di Bourbaki, è senz'altro, invece, nella sua affermata identità con la matematica, storia «interna». I tempi nei quali a questi nomi si connetevano passioni politiche accese sembrano lontani, ma mi sembra che ancora vive ed operose siano due tradizioni storiografiche che, con le dovute cautele, si possono riconnettere a queste due matrici ideali.

Il crescere dell'attenzione verso la storia nei due sensi precedenti ha avuto come conseguenza indiretta, aumentando lo spazio possibile per la storia in generale, anche quella di rivitalizzare alcuni filoni di ricerca tradizionali, offrendo ad essi possibilità fino a poco fa inimmaginabili.

La storia erudita,<sup>8</sup> in ombra negli anni dell'influenza bourbakista, conosce oggi nuovo interesse. Il potenziamento delle tecniche di riproduzione e l'ausilio dei potenti mezzi informatici hanno reso possibile, e con ciò implicitamente sollecitato, le riedizioni di testi classici, la creazione di repertori bibliografici, ecc. Si tratta di un'attività viva ed interessante che, naturalmente, interagisce significativamente con gli altri tipi di storia descritti.

Un impulso ad un tipo di ricerca più difficile da qualificare, ma che ha almeno alcuni caratteri della ricerca storica, viene da quei settori del mondo matematico che confinano con l'informatica. Mi servirò di un esempio che per altro mi pare paradigmatico.

Il recente libro *Matematica discreta*, di Graham, Knuth e Patashnik<sup>9</sup> ha, nell'edizione originale inglese, una dedica ad Eulero. Il lettore che giunga al

<sup>7</sup> Si veda, in particolare A. WEIL, *History of mathematics: why and how*, «Proceedings of the International Congress of Mathematicians», Helsinki 1978.

<sup>8</sup> Intesa naturalmente nel suo senso migliore, non come vuoto sfoggio di nozioni bio-bibliografiche.

<sup>9</sup> R.L. GRAHAM, D.E. KNUTH, O. PATASHNIK, *Concrete Mathematics*, Reading, Massachusetts & C., 1989. Trad. it., Milano 1993.

«cuore» del volume, il capitolo settimo, quello sulle funzioni generatrici, non tarderà a capirne il perché. Credo non vi sia lettura preliminare più indicata di quella dei capitoli XIII-XVIII della *Introductio in Analysin* di Eulero. La diversità dell'approccio moderno pare non già in contrasto con le tematiche di Eulero, ma indispensabile per coglierne il *reale* significato.

La storia della matematica (se si vuole in una concezione molto debole: la semplice *rilettura* critica di testi del passato) e le linee di sviluppo della attuale ricerca sembrano intersecarsi, in modo significativo, secondo una sorta di «armonia prestabilita».

Mi servirò di un paragone tratto dalla letteratura. Milan Kundera, in un suo affascinante romanzo, *L'immortalità*,<sup>10</sup> descrive, con ironia malinconica, l'udienza, concessa da Napoleone a Goethe, a Erfurt. Questo incontro, a giudizio di Kundera, possedeva molti dei caratteri delle corrispondenti manifestazioni attuali dello stesso genere. Esso non poteva svolgersi tra i lampi dei flash dei fotografi, per la ragione banale e contingente che la strumentazione tecnica occorrente non era ancora stata inventata. In effetti: «*Intorno a Goethe non si agitava alcuna folla di fotografi, però si agitavano le ombre dei fotografi, proiettate su di lui dalle profondità del futuro*».

E, alcune righe in precedenza: «... l'obiettivo fotografico c'era già molto prima di essere inventato; c'era la sua essenza non materializzata. Anche senza un obiettivo puntato addosso, gli uomini già si comportavano come davanti ad una macchina fotografica».

Mi pare che Kundera abbia espresso con un'immagine suggestiva una caratteristica importante della realtà storica: anche i presupposti possono avere una forma precisa di oggettività.

Sulla scrivania di Eulero, non possiamo immaginare concretamente (al di là della finzione letteraria) un moderno PC. Ma possiamo vedere (mi sia permesso l'uso dell'immagine di Kundera) l'ombra di esso proiettata dalle profondità del futuro.<sup>11</sup>

E possiamo, complementariamente, immaginare l'*Introductio* di Eulero sulla scrivania di Knuth. Non come oggetto di curiosità erudita, ma come concreto strumento di lavoro.

Volevo limitarmi ad un esempio. Ma forse può giovare che amplifichi un

<sup>10</sup> Trad. it., Milano 1990. Ma io utilizzo la riedizione del 1993.

<sup>11</sup> L'immagine utilizzata da Kundera non esprime certo un concetto particolarmente originale. Si potrebbero citare molti esempi, tratti dalla storia della scienza, ove è manifesta la stessa idea. Ma ciò che rende l'immagine preziosa ed inimitabile è il suo *valore poetico*. La scena si imprime nella memoria con irresistibile forza chiarificatrice. Un'osservazione analoga si potrebbe fare per molti passi dei due romanzi di Pirsig. Il loro contenuto filosofico è piuttosto ovvio. Ma in nessun altro luogo ho trovato espresso con più forza il significato concettuale della distinzione tra hardware e software.

po' il mio pensiero e ne aggiungerò un secondo. Claude Brezinski è un analista numerico che da molti anni lavora su questioni di approssimazioni di funzioni in un contesto che, sbrigativamente, potremmo definire quello delle «approssimanti di Padé». Ebbene, a Brezinski si deve anche un libro notevole sulla storia delle frazioni continue e delle stesse approssimanti di Padé<sup>12</sup> il quale ha proprio la sua genesi in un collegamento continuo tra temi della ricerca attuale e quelli, soprattutto, della matematica settecentesca. La storia, forse una storia un po' maldestra secondo certi canoni paludati, nasce come corollario di una attività di ricerca che quasi annulla le distinzioni temporali.

Sarà questa forse una storia poco rigorosa, ma a me pare utile e stimolante.

<sup>12</sup> C. BREZINSKI, *History of continued fractions and Padé approximants*, Berlino, ecc., 1991.

GIANNI BATTIMELLI (\*) - LUIGI CERRUTI (\*\*)

### Le storie disciplinari.

#### Attenzione al *filo rosso*, ed altri consigli

**Summary** - The invited speeches on the disciplinary histories and the contributions (here summarized) by the audience have prompted a few remarks: (a) the same leitmotiv by which a discipline is recognized (e.g. the use of mathematics in physics) may be a projection in the past of the present situation; (b) many features of our interpretation of the past are biased by the present epistemological hierarchies; (c) interesting results are obtained when the genres of the historical literature are mixed; (d) the problems of the relationships between the reading public and the technicalities of the history of science are completely unsolved; (e) some hints may come from a hermeneutical attitude in our work.

Quando il Comitato scientifico del Convegno ha accettato la nostra proposta di una tavola rotonda interdisciplinare sui modi e le finalità di fare storia della scienza il nostro obiettivo principale non era quello di «assemblare» un trattatello di storiografia scientifica, bensì quello di coinvolgere gli intervenuti al *meeting* di Perugia in una discussione che desse a tutti — e non solo agli storici professionisti — una visione «differenziale» dello statuto disciplinare della storia della chimica, e dei suoi problemi di contenuto e di pubblico. Come è ovvio, trattandosi di un inizio, sono molte le domande rimaste senza risposta, ed anzi altre ne sono nate durante il dibattito. Così in questa nota abbiamo voluto raccogliere le *osservazioni* che abbiamo fatto dopo gli interventi dei relatori,<sup>1</sup> un breve resoconto degli *interventi* che hanno animato la

(\*) Dipartimento di Fisica, Università degli Studi di Roma «La Sapienza».

(\*\*) Dipartimento di Chimica Generale ed Organica Applicata, Università di Torino.

<sup>1</sup> F. ARRU, *Le storie disciplinari: il caso della storia della chimica*, v. sopra, pp. 497-502; A. ROSSI, *Le storie disciplinari: il caso della storia della fisica*, v. sopra, pp. 503-508; M. GALUZZI, *Le storie disciplinari: il caso della storia della matematica*, v. sopra, pp. 509-513.

discussione, ed infine le (nostre) *conclusioni*, rimaste inespresse a Perugia per questioni di tempo e che, tuttavia, possono avere il senso di proposte tematiche per i nostri prossimi incontri.

### Osservazioni

Le riflessioni dei relatori suggeriscono alcune osservazioni, attraverso cui possiamo forse rendere più esplicite parte delle questioni sollevate nella nostra introduzione.<sup>2</sup> Per un verso, il fatto stesso di aver organizzato la discussione intorno a relazioni «di settore» (uno storico della chimica, uno storico della fisica, uno storico della matematica) indica come si dia per scontata una ben definita partizione disciplinare. Sappiamo però, d'altra parte, che questa partizione è assai meno «naturale» di come essa si presenta spontaneamente, che le linee di demarcazione si agitano e si ridefiniscono (nel tempo, come è abbastanza ovvio, ma anche da luogo a luogo, in funzione di differenti tradizioni culturali e assetti istituzionali); e sappiamo anche che spesso le situazioni conoscitive interessanti si sono poste proprio a cavallo delle divisioni di confine. Non è però semplice articolare questa consapevolezza in operazioni storiografiche convincenti: in larga misura l'origine delle difficoltà risiede nel fatto che le discipline strutturate mostrano una spiccata tendenza (tanto più forte, in genere, quanto più in alto esse si collocano nella gerarchia conoscitiva/epistemologica) a proiettare retroattivamente sul passato l'immagine di se stesse che offrono al presente, contribuendo così pesantemente a ridisegnare i contorni delle vicende con cui lo storico è chiamato a confrontarsi. E non va dimenticato che spesso lo storico in questione è passato attraverso un iter formativo all'interno di una disciplina specifica, così che il rischio di ritrovare inavvertitamente iscritti nei propri cromosomi intellettuali quei filtri interpretativi è tutt'altro che trascurabile. Liberarsene, o anche più semplicemente renderli espliciti, non è facile. Insomma, il processo di rafforzamento, crescita e stabilizzazione di un settore disciplinare si accompagna ad una contestuale definizione di identità che, quando si volge verso il passato, assume le forme di quello che potremmo chiamare «imperialismo storiografico». Nel suo intervento Arcangelo Rossi ha evidenziato la presenza di un «filo rosso» che permette di identificare, attraverso i mutamenti conoscitivi e istituzionali, una entità dai contorni sufficientemente definiti da permetterci di assegnare un significato non ambiguo al qualcosa che chiamiamo «fisica». Il punto è che proprio il «filo rosso» è il problema, dal punto di vista dello storico. Accettarlo come naturale, seguendo a ritroso nel tempo per ripercorrere le tappe di uno sviluppo conoscitivo, può facilmente

<sup>2</sup> G. BATTIMELLI, L. CERRUTI, *Le storie disciplinari. Modelli di scrittura e istruzioni per l'uso*, n. sopra pp. 489-495.

portare a non vedere diramazioni laterali di quella che è piuttosto una rete che un filo, e ad assegnare alla «storia della fisica» cose che «fisica» non erano. La questione non è puramente nominalistica. Uno di noi ha mostrato su un caso specifico<sup>3</sup> gli abbagli di natura storiografica che si possono prendere quando si sovrappongono senza le dovute accortezze gli occhiali della «storia della fisica» ad episodi di frontiera, dove appunto vanno in crisi le partizioni disciplinari costituite.

Bisogna allora mantenere le distinzioni significative, e riconoscere le specificità, senza però dimenticare che può tornare opportuno mischiare le carte. Qui si pone naturalmente il delicato problema del rapporto tra epistemologie locali e unità del processo conoscitivo, problema che si intreccia strettamente con quello, che sistematicamente tende a riproporsi, della struttura gerarchica delle discipline (e dei differenti settori all'interno di una disciplina). Qui nuovamente l'introspezione di una particolare dipendenza, l'accettazione implicita di debiti conoscitivi e di sudditanze epistemologiche può costituire un formidabile ostacolo al lavoro dello storico. L'idea che l'innovazione tecnologica, a partire dalla seconda rivoluzione industriale, si dia essenzialmente come ricaduta dei risultati della ricerca fondamentale, imponendo di orientare la ricostruzione del processo conoscitivo secondo la successione gerarchica ricerca fondamentale → ricerca applicata → risultato tecnologico, è stata solo recentemente rivisitata andando ad indagare alcuni casi particolari, con risultati sorprendenti.<sup>4</sup> Mentre la inconfessata adesione ad una scala di priorità gerarchiche inter-disciplinare, entrando in conflitto con il riconoscimento di epistemologie locali, può portare a singolari dimenticanze, come uno di noi ha rilevato recentemente<sup>5</sup> a proposito di un lavoro peraltro molto attento alle dinamiche interne di uno specifico settore.

Questi che sono problemi per chi scrive di storia rischiano poi di tradursi in enigmi per chi la storia la legge. Il nodo non risolto della legittimità/opposizione di epistemologie locali si presenta, a chi approda ai risultati del rovello dello storico, sotto la forma dell'amletico dubbio tra «atomo fisico» e «atomo chimico». Siamo d'accordo che questa è poco più di una battuta, ma ci pare che non vada sottostimata l'importanza degli effetti che queste difficoltà del mestiere producono quando si «scende» dal cielo degli addetti ai lavori al vile terreno della divulgazione. E comunque, anche restando al livello delle incur-

<sup>3</sup> G. BATTIMELLI, *I Congressi Internazionali di Meccanica Applicata*, in *Le Comunità Scientifiche tra storia e sociologia della scienza*, «Quaderni della Rivista di Storia della Scienza», n. 2 (1992), pp. 269-284.

<sup>4</sup> Vedi per esempio l'analisi del caso dello sviluppo del maser in P. FORMAN, *Inventing the Maser in Postwar America*, «Osiris», 1992, pp. 105-134.

<sup>5</sup> L. CERRETTI, recensione di J. SERVOS, *Physical Chemistry from Ostwald to Pauling. The Making of a Science in America*, «Rivista di Storia della Scienza», II serie, vol. 1 (1993), pp. 212-216.

sioni accademiche, è fin troppo facile rilevare che su alcuni momenti centrali della storia della conoscenza disponiamo di versioni discordanti, se non conflittuali, che risentono in modo determinante della matrice disciplinare da cui sono state generate. Per restare ad un caso di cui si è discusso anche in questa sede,<sup>6</sup> a proposito della tormentata vicenda che si svolge intorno agli sviluppi della teoria cinetica verso la fine dell'Ottocento è difficile sfuggire alla sensazione di ascoltare storie diverse (di vivere situazioni conoscitive differenti) a seconda del pulpito storiografico/disciplinare da cui viene la predica.

Se queste osservazioni non fanno altro che esplicitare le nostre «istruzioni per l'uso», sotto forma di avvertenze per chi scrive e per chi legge, ci pare che in ogni caso una buona strada da tenere aperta, come peraltro è suggerito anche dalla varietà di indicazioni emerse nelle relazioni, sia quella della pluralità e difformità dei modi di scrittura. Al proposito, è opportuno riconoscere che la nostra classificazione di partenza dei «modelli di scrittura» era insieme troppo limitata e troppo rigida. Alcuni dei contributi più stimolanti alla storia della moderna fisica delle alte tecnologie sono venuti da autori che hanno intrecciato approccio conoscitivo ed approccio istituzionale,<sup>7</sup> realizzando una ibridazione in qualche modo richiesta dall'assetto che la disciplina in esame è venuta ad assumere; e bisogna almeno aggiungere all'elenco il genere «fiction», apparso sulla scena in tempi recenti con un'opera di gradevole lettura poggiata su una solida documentazione.<sup>8</sup> Vale la pena riprendere rapidamente a questo punto un rilievo già emerso nelle relazioni, sull'importanza di realizzare soddisfacenti traduzioni, sia per quanto attiene alla gradevolezza della lettura che per quanto si riferisce allo spessore concettuale del testo originale. «Representing and Intervening», per fare un esempio,<sup>9</sup> implica una modalità della conoscenza e una intenzionalità della pratica che vanno del tutto smarrite nell'anonimo «conoscere e sperimentare» della traduzione.

Una ultima osservazione. Abbiamo esordito accettando come un dato l'inevitabilità delle storie disciplinari, il che significa riconoscere l'esistenza di sottoinsiemi professionali all'interno del generale contenitore «storia della scienza»; non diversamente da quanto accade altrove, assistiamo ad un processo di specializzazione delle competenze. Sembra però che nel caso della storia della scienza la divisione in comparti professionali mostri una caratteristica particolare. Mentre la specializzazione sempre più spinta dei diversi settori scientifici si

<sup>6</sup> P. MIBONE, *La teoria energetica di Ostwald*, v. sopra, pp. 259-267.

<sup>7</sup> Pensiamo in particolare a lavori come quelli di A. PICKERING e P. GALSON: A. PICKERING, *Constructing Quarks: A Sociological History of Particle Physics*, Edinburgh 1984; P. GALSON, *How Experiments End*, Chicago 1988.

<sup>8</sup> R. MCCORMACK, *Night Thoughts of a Classical Physicist*, Harvard 1982.

<sup>9</sup> I. HACKING, *Representing and Intervening*, Cambridge 1983; Id., *Conoscere e sperimentare*, Bari 1987.

traduce in una proliferazione e differenziazione della letteratura, per cui ad ogni nuovo campo che acquista autonomia specifica si accompagna rapidamente una rivista specializzata su cui si pubblicano i risultati di punta, la storia della scienza mostra una singolare resistenza a questa dinamica. Uno sguardo al panorama della letteratura del settore (parliamo delle riviste e dei giornali professionali) permette di rilevare chiaramente che le pubblicazioni specializzate sulle singole discipline non contendono il terreno a quelle di respiro più generale: apparentemente gli storici della matematica, o della chimica, continuano a pubblicare soprattutto in sedi trans-disciplinari, su riviste che sono *tout court* di storia della scienza.<sup>10</sup> Possiamo leggere questo dato come indicazione a conforto di quanto uno di noi ha qui sostenuto, cioè che il nostro «senso di appartenenza» fa sì che ci consideriamo, a dispetto della specifica formazione, prima storici, poi storici della scienza, e solo in fondo storici di una disciplina particolare?

### Gli interventi

Se, da una parte, gli interventi del pubblico hanno dato parecchie indicazioni su come superare certe difficoltà poste nella relazione introduttiva alla tavola rotonda,<sup>11</sup> dall'altra hanno anche arricchito lo spettro dei problemi che andrebbero affrontati — non solo a livello storiografico. Per quanto riguarda questi ultimi sono stati i docenti della scuola secondaria a porre le questioni più nette. Gabrieli, docente di Scienze naturali, ha affermato che il lavoro degli storici della scienza potrebbe assumere un triplice valore all'interno dell'insegnamento secondario: in primo luogo in relazione alle strutture concettuali tipiche di ogni scienza, poste nel contesto del loro sviluppo storico, in secondo luogo per quanto riguarda la sintassi delle singole discipline, ed infine per ciò che concerne il valore culturale generale della scienza. È ovvio, ha concluso Gabrieli, che nessun insegnante può costruirsi da solo un patrimonio di questo tipo. Ancora più strettamente orientata sulle difficoltà reali l'osservazione di Laura Bigi, docente di chimica, che difficilmente i ragazzi della futura scuola secondaria riformata potranno affrontare i laboratori posti prematuramente nel biennio, e che sarebbe stato meglio impostare l'insegnamento della chimica e della fisica sul piano storico.

Ancora sul piano delle esigenze, e con tesi vivacemente contrastanti, si sono posti Gianlorenzo Marino e Paolo Amat di San Filippo. Dopo aver ripreso il tema — avanzato da Galuzzi — della immensa vastità della letteratura scienti-

<sup>10</sup> Si può consultare al riguardo la *Guide to the History of Science 1992* della americana History of Science Society, sez. Journals and Newsletters.

<sup>11</sup> G. BATTIMILLE, L. CERBUTI, *op. cit.*, rif. 2.

fica, di cui fa parte la produzione storiografica, Marino<sup>12</sup> richiama con forza il bisogno del mondo della cultura di opere fondamentali di sintesi nel campo della storia della scienza, opere che solo gruppi di ricercatori, posti in grado di lavorare insieme, potranno effettivamente produrre. La stessa storia dell'umanità non può più essere scritta senza che la storia della scienza vi abbia il suo spazio. Senza di per sé contrapporsi a Marino, Amat di San Filippo ritiene che non sia affatto utile seguire la strada che porta dalla storia disciplinare alla storia della scienza e alla storia generale, perché è una strada che è invasa immediatamente da termini filosofici, poco comprensibili per le comunità scientifiche a cui apparteniamo. Per di più ci si distacca subito da una storia dei fatti e delle tecniche sperimentali, una storia su cui dobbiamo impegnarci in quanto è l'unica che non abbia a che fare con fronzoli non verificabili.

Secondo Leonello Paoloni, uno dei relatori invitati al Convegno, una via d'uscita dalla semplice storia disciplinare verso la maggiore complessità della storia generale è data proprio dalla biografia,<sup>13</sup> che attraverso le vicende vissute dallo scienziato a livello politico e sociale impone — per la sua stessa natura totalizzante — la conoscenza e la descrizione di un contesto molto ampio. Questo ad esempio è il caso di Matteucci, scienziato e uomo politico, non solo scopritore (indipendentemente da Faraday) delle leggi dell'elettrolisi, ma anche uno dei fondatori della fisiologia contemporanea. La sua biografia, scritta da Nicomede Bianchi, andrebbe ristampata. Con eguale interesse ci si potrebbe avvicinare alle biografie di Brioschi o di Selmi. Per Paoloni i nostri limiti professionali potrebbero essere superati anche individuando temi specifici, su cui articolare una possibile collaborazione fra storici di diverse discipline: quando i chimici furono in grado di superare la barriera del percettivo attraverso la teoria della struttura, matematici come Silvester e Cayley si dimostrarono estremamente interessati.

L'intervento di Michelangelo De Maria, prende spunto dal contributo di Maltese sulla vicenda del Teflon<sup>14</sup> per sottolineare come un particolare oggetto della storia della chimica diventi una scoperta scientifica rilevante quando è «riscoperto» all'interno del Progetto Manhattan. Analogamente la storia della fisica delle alte energie sarebbe ben povera, e distorta, se non si tenesse conto del quadro istituzionale in cui si è andata collocando. Più in generale occorre tener presente che i mutamenti nelle strutture istituzionali portano con sé — spesso — dei cambiamenti nelle regole del gioco, regole che non sono affatto meta-storiche ma condizionate dal contesto del gioco stesso (la stessa metafisica

<sup>12</sup> G. Marino ha curato l'organizzazione del nostro V Convegno, e questo è il luogo adatto per ringraziarlo della perfetta ospitalità offerta a tutti i partecipanti.

<sup>13</sup> La biografia rappresenta il primo degli «approcci» citati da noi nella relazione introduttiva alla tavola rotonda.

<sup>14</sup> V. sopra: P. MALTÈSE, *Storia del politetrafluoroetilene*, pp. 279-289.

influyente è instabile). Così, per quanto riguarda la storia della fisica nella seconda metà del novecento un approccio puramente «conoscitivo» non è più pertinente in senso stretto, né può essere semplicemente contrapposto ad un approccio «istituzionale». Con la seconda guerra mondiale cambia il modo stesso di «fare scienza»: prima si poteva andare a caccia dei raggi cosmici con una camera a nebbia, dopo solo con l'uso dei grandi acceleratori può avvenire la scoperta dell'antiprotone, con tutto ciò che la *big science* comporta. Per brevità De Maria ricorda soltanto che, fra i molti temi emersi durante i lavori del Convegno, quello del rapporto fra centro scientifico e periferia della ricerca, posto da Knight,<sup>15</sup> andrebbe ripreso e trattato più ampiamente sotto la voce «imperialismo culturale» e che quello della «leggibilità» della narrazione storiografica, proposto nella relazione introduttiva,<sup>16</sup> va visto comunque nell'alternativa fra una scrittura critica ed una scrittura meramente celebrativa.

Il dibattito si è chiuso con alcune annotazioni assai concrete. Andrea Turchi ha notato che diversamente dalle storie disciplinari le storie specializzate possono costituirsi degli oggetti di ricerca che, per la loro natura, impongono la trattazione di argomenti di carattere politico, economico e sociale che altrimenti rimarrebbero esclusi dal nostro racconto. Un caso specifico ed interessante è stato quello della storia del sale,<sup>17</sup> ma, aggiunge Turchi, per formare questi nuovi oggetti di indagine occorre vincere la paura — non del tutto infondata — di abbandonare la propria comunità d'origine. Ed è proprio a partire da questa «paura del vuoto» (professionale!) che vogliamo proporre alcune riflessioni conclusive.

## Conclusioni

Se confrontiamo quanto hanno detto i tre relatori con questo comprensibilissimo timore dell'isolamento professionale, e con il richiamo di Amat di San Filippo, non si può non fare una «deduzione» piuttosto inquietante. Gli storici della matematica sono quelli maggiormente integrati nella comunità scientifica intesa in senso stretto, al punto che talvolta è difficile distinguere un lavoro storico da uno matematico. Questa particolare comunità di storici è anche quella che ha accantonato (per ora) parecchi problemi storiografici classici e che meno tende (in questi anni) a produrre opere di carattere molto generale. Gli storici della fisica, che, come sappiamo, sono in una posizione più delicata nei

<sup>15</sup> V. sopra: D. KNIGHT, *What is the History of Chemistry*, pp. 79-80.

<sup>16</sup> G. BATTIMELLI, L. CERRETTI, *op. cit.*, rif. 2.

<sup>17</sup> A questo punto Paoloni ha richiamato l'interesse e l'aspirazione che potrebbe avere una storia del sapone, ed uno di noi ha ricordato il bellissimo volume di A. COHEN, *Storia sociale degli odori*, Milano, Mondadori, 1983.

confronti dei colleghi «militanti», sono già più attratti degli storici della matematica dalla riflessione complessiva sulla loro disciplina, sia dal punto di vista della rivendicazione di autonomia epistemologica nei confronti della matematica, sia per quanto concerne i grandi temi disciplinari, i periodi o le scuole nazionali.<sup>18</sup> E gli storici della chimica, che sono i più marginali rispetto alla loro comunità «naturale», sono proprio quelli che negli ultimi tempi hanno prodotto il maggior numero di storie generali della loro disciplina. Questo «andamento», che ancora una volta ripropone le aborrite «gerarchie disciplinari», fa venire un duplice sospetto: la via «in salita» dalle storie disciplinari alla storia della scienza, e di qui alla storia generale, potrebbe essere null'altro che una via di fuga rispetto al problema dell'integrazione della storia (professionale) delle singole scienze con le rispettive comunità, e il modello apparentemente ottimale della ricerca storiografica in matematica deriva la sua particolare efficacia accademica dalla natura stessa della disciplina, ovvero dall'ontologia regionale che sottende la matematica, e la sua storia. Se quest'ultima osservazione fosse vera il «modello» sarebbe di difficile esportazione. Ma dall'andamento del dibattito e dalle relazioni emerge con forza un problema di fondo, un nodo attualmente insolubile, su cui occorrerà tornare ripetutamente in futuro. Si tratta del rapporto della storia della scienza<sup>19</sup> con il suo pubblico.

Innanzitutto il pubblico, pur nella sua ristrettezza numerica, è assai differenziato: esso va dagli addetti stessi alla ricerca storiografica ai docenti (inclusi quelli universitari), ai membri delle diverse comunità scientifiche, alle persone *so genanten* colte. Anche limitandoci a questi quattro segmenti ci accorgiamo subito che i loro interessi di lettura sono diversi, se non addirittura divergenti. Se confrontiamo, ad esempio, il nostro sguardo professionale con quello del lettore colto, vediamo subito che ciò che ci delizia è molte volte ciò che annoia o mette in difficoltà l'altro lettore: la descrizione minuta del «fatto», l'uso di terminologie insolite per evitare anacronismi, la precisione cronologica talvolta necessariamente ossessiva, il riferimento preciso alle fonti primarie, la critica delle fonti stesse, l'analisi comparata della storiografia, la puntigliosità letterale delle traduzioni, le sottigliezze epistemologiche, la messa in evidenza degli impegni ontologici e la ricerca dei fondamenti metafisici. Abbiamo elencato dieci «luoghi comuni» del nostro mestiere (l'elenco potrebbe essere esteso) che non sono facilmente abitabili da chiunque, e in cui i nostri stessi colleghi «militanti» si

<sup>18</sup> Fra le imprese ben riuscite ricordiamo quella di C. JUNGCKEL e E. MCGORMACK, *Intellectual Mastery of Nature*, 2 voll., Chicago, University of Chicago Press, 1986; per quella storiograficamente fallita di Mehra e Rechenberg, sulla storia della fisica quantistica, rimandiamo alla recensione di P. FORMAN, *A Venture in Writing History*, «Science», 220 (1983), 824-827.

<sup>19</sup> Da qui in poi sotto il termine «storia della scienza» intendiamo includere — diversamente dai raggruppamenti concorsuali — tutte le varie storie disciplinari, quelle di cui si è discusso e quelle lasciate sullo sfondo.

possono trovare scomodi. Molti di loro sono invece interessati proprio a ciò che (almeno a parole) cerchiamo di evitare: le genealogie legate con quel filo rosso di cui si parlava all'inizio. Forse gli insegnanti sono la parte di pubblico che meglio potrebbe utilizzare i nostri prodotti, se questi fossero minimamente più mirati a livello di scrittura e diversamente articolati a livello editoriale. È evidente che in questo pubblico di docenti includiamo anche quei colleghi universitari che volessero non solo comprendere meglio l'evoluzione delle scienze che praticano, ma che intendessero impostare in modo storico-critico una parte del loro insegnamento. È altrettanto evidente che dietro questo pubblico privilegiato — per i suoi compiti istituzionali — intravediamo quello degli studenti, e che questo fatto, ovvio, carica di richiami deontologici il nostro lavoro.<sup>20</sup>

Siamo ora giunti al problema della narrazione, sollevato da noi nell'introduzione e ripreso da più parti. Abbi in particolare, dopo aver citato il monito di un Maestro («storie, non storielle») ha affermato che la storia, come mestiere critico, è un «fatto ermeneutico». Questo richiamo giustissimo ci ha gettato nello sconforto, perché ci sono tornati in mente un paio di quei principi metodologici che a partire (almeno) dalle lezioni di Schleiermacher sono entrati a far parte del catechismo di ogni ermeneuta apprendista. Ci riferiamo (α) al rapporto fra il tutto e le parti e (β) alla questione del dizionario.<sup>21</sup> Il punto (α) impone che ogni dettaglio sia esaminato nelle sue funzioni rispetto alla totalità cui appartiene, mentre questa viene conosciuta in prima approssimazione quando conosciamo tutti i suoi dettagli. Ogni qual volta completiamo la lettura di un testo e ritorniamo su un passo specifico abbiamo completato un giro del modesto circolo ermeneutico che sempre ci accompagna; più ambiziosa è la ricerca e più complesso diventa il circolo ermeneutico. «Lo storico degno di questo nome deve esporre ogni avvenimento come parte di un tutto oppure, il che è lo stesso, far risaltare in ognuno la forma della storia in generale».<sup>22</sup> Esaminando sotto questa luce le proposte di nuovi oggetti storiografici vediamo subito la formidabile maestria necessaria per scrivere, ad esempio, una storia del sapone. Per il punto (β) possiamo solo dire che siamo un po' tutti ai primi passi,<sup>23</sup> e che talvolta è proprio la reciproca ignoranza del lessico storico, specifico delle singole discipline, a rendere difficile il dialogo fra gli stessi studiosi specializzati

<sup>20</sup> È ben noto che un errore contenuto in un manuale può perpetuarsi per generazioni.

<sup>21</sup> Nel suo *Compendio del 1819* Schleiermacher ha presentato congiuntamente i due problemi; v. K. MUELLER-VOLLMER (a cura di), *The Hermeneutic Reader. Texts of the German Tradition from the Enlightenment to the Present*, Oxford, Blackwell, 1986.

<sup>22</sup> Questa frase è tratta da un saggio di Wilhelm von Humboldt, uno dei fondatori dell'ermeneutica contemporanea. Nel saggio lo storico è *Geschichtschreiber*, scrittore di storia. Cit. da W. HUMBOLDT, *Il compito dello storico*, Napoli, Edizioni scientifiche italiane, 1980, p. 124.

<sup>23</sup> Ma, in questo stesso nostro Convegno, v. N. NICOLINI, *La «lotta per l'esistenza» nella legge dell'azione di massa*, pp. 459-470.

nella storiografia di scienze diverse. La connessione fra (α) e (β) è espressa in modo esemplare da Schleiermacher: «Il vocabolario e la storia dell'epoca di un autore — insieme — formano un tutto di cui i suoi scritti devono essere compresi come una parte, e viceversa». <sup>24</sup> Potremo quindi cominciare a raccontare solo quando avremo compiuto almeno un «giro» dall'opera all'(epoca + dizionario) e viceversa (futile consolazione quando leggiamo che «Solamente nel caso di testi insignificanti siamo soddisfatti di ciò che comprendiamo alla prima lettura»), <sup>25</sup> e tuttavia riteniamo che proprio la durezza del compito di *comprendere* un testo dia allo studioso che la affronta un'immensa dovizia di dati, tale da permettere, al termine del cammino, qualsiasi *stile di scrittura* l'autore sia in grado di sostenere, da quello erudito a quello epico. Nel frattempo potremmo dedicarci ai diversi segmenti del nostro pubblico, con variazioni sullo stesso tema: *scrivere di storia*.

<sup>24</sup> P. SCHLEIERMACHER, in *Mueller-Vollmer*, op. cit., p. 84.

<sup>25</sup> SCHLEIERMACHER, *loc. cit.*

## INDICE

Lista dei partecipanti . . . . .	Pag. 5
Ringraziamenti . . . . .	» 6
Programma del Convegno . . . . .	» 7
Cronaca della seduta inaugurale . . . . .	» 11
Saluto del prof. P.E. TODESCO . . . . .	» 13
Intervento del prof. G. MARINO . . . . .	» 17
PAOLONI L. - I dieci anni di Cannizzaro a Palermo: progetti e realizzazioni 1862-1871 . . . . .	» 21
MEINEL C. - Structural Changes in International Scientific Communication: The Case of Chemistry . . . . .	» 47
AQUILANTI V. - La chimica al confine tra meccanica classica e quantistica . . . . .	» 63
KNIGHT D. - What is the History of Chemistry? . . . . .	» 79
GIARDI M. - La chimica? Una teoria particolare. Berthollet e la rivoluzione lavoisieriana . . . . .	» 91
TIRA S. - Un alchimista di sorta militare alla corte di Carlo Emanuele I di Savoia (1580-1630) . . . . .	» 101
DI MEO A. - La natura come sistema di cicli chimici . . . . .	» 109
CARUSI P. - Filosofia alchemica e rappresentazione: il diagramma delle nature e la ruota della fortuna . . . . .	» 121
ABBRI F. - «Antichità» e «novità» del sapere chimico nel tardo Seicento . . . . .	» 137
CURI E. - Lettere sull'acqua (1783-1785) . . . . .	» 153
AMAT DI SAN FILIPPO P. - La chimica applicata nella Sardegna della metà del '700 e sue connessioni con la Germania . . . . .	» 163
CAPUANO F., CAVALCHI B. e DIVOLI V. - La misura della respirabilità dell'aria alla fine del '700: le esperienze di Lazzaro Spallanzani e dei contemporanei . . . . .	» 175

ROBOTTI N. - Ai confini tra chimica e fisica: le radici della radioattività . . . . .	Pag. 189
FOCHI G. - Il ricorso agli aspetti storici nella divulgazione della chimica . . . . .	» 199
DRAGO A. - Una caratterizzazione della rivoluzione di Lavoisier . . . . .	» 205
CALASCIBETTA F. - Il ruolo delle ricerche crioscopiche di F.M. Raoult nella nascita della moderna Chimica Fisica (1878-1897) . . . . .	» 217
BASSANI A. - Temi e figure della ricerca chimica nel Veneto austriaco (1815-1866) . . . . .	» 235
MIRONE P. - La <i>teoria energetica</i> di Ostwald . . . . .	» 259
NUNZIANTE CESARO S. e TORRACCA E. - Considerazioni di tipo chimico e fisico all'origine dell'idea di conformazione molecolare . . . . .	» 269
MALTESE P. - Storia del politetrafluoroetilene . . . . .	» 279
MANZELLI P. e COSTA M. - Il tempo come coordinata: gli studi di Giorgio Piccardi (1895-1972) . . . . .	» 291
BIOGHIERI M. - La stampa e i suoi inchiostri . . . . .	» 299
CERRUTI L. - Situazione conoscitiva e insegnamento della chimica. La <i>Chemical Philosophy</i> di W.A. Tilden . . . . .	» 311
BONATI F. (†) e PIGHETTI C. - La «cerca dell'oro» nel mondo di Robert Boyle . . . . .	» 329
DECET F. e MOSELLO R. - Le indagini chimiche sulle piogge tra '700 e '800 . . . . .	» 341
DRAGO A. e PIROLO A. - Simmetrie in chimica classica: una rifondazione . . . . .	» 359
GAUDIANO A. e COLAPINTO L. - Storia del Nobile Collegio Chimico Farmaceutico di Roma . . . . .	» 371
GELSOMINI N., COSTA M. e MANZELLI P. - I «luoghi» della chimica nella Firenze dell'800 . . . . .	» 383
DALL'OLIO G. - La commissione per la monografia delle acque minerali del Veneto (1856-1878) . . . . .	» 389
RAMBALDI G. - Gli «Istrumenti» del Laboratorio di Chimica: documenti e testimonianze dell'attività didattica e di ricerca condotta nell'800 dall'Ateneo Genovese . . . . .	» 407

SELIGARDI R. - Il laboratorio di Giacomo Ciamician all'Università di Bologna (1890-1921) . . . . .	Pag. 417
CORRADINI G. e VOLPE R. - Le origini del concetto di atomo . . . . .	» 433
BADIELLO R., BRECCIA A. e ZINI M. - La chimica italiana e la chimica inglese del 700 tra mondo accademico e sviluppo industriale . . . . .	» 445
NICOLINI N. - «La lotta per l'esistenza» nella legge d'azione di massa . . . . .	» 459
PLOSSI ZAPPALÀ M. - Il cammino della carta nei secoli: dalla Cina a Fabriano . . . . .	» 471
CARDONE F. - La storia della chimica come strumento metodologico di apprendimento di tale disciplina . . . . .	» 481

*Tavola rotonda*

BATTIMELLI G. e CERBUTI L. - Le storie disciplinari. Modelli di scrit- tura e istruzioni per l'uso . . . . .	» 489
ABBRI F. - Le storie disciplinari: il caso della storia della chimica . . . . .	» 497
ROSSI A. - Le storie disciplinari: il caso della storia della fisica . . . . .	» 503
GALUZZI M. - Le storie disciplinari: il caso della storia della matema- tica . . . . .	» 509
BATTIMELLI G. e CERBUTI L. - Le storie disciplinari. Attenzione al <i>filo rosso</i> , ed altri consigli . . . . .	» 515