

RENDICONTI
DELLA
ACCADEMIA NAZIONALE
DELLE SCIENZE
DETTA DEI XL

MEMORIE DI SCIENZE
FISICHE E NATURALI



SERIE V, VOL. XII, TOMO II, PARTE II, 1988
106° DALLA FONDAZIONE (1782)
ROMA

RENDICONTI
DELLA
ACCADEMIA NAZIONALE
DELLE SCIENZE
DETTA DEI XL

MEMORIE DI SCIENZE
FISICHE E NATURALI



SERIE V, VOL. XII, TOMO II, PARTE II, 1988

106° DALLA FONDAZIONE (1789)

ROMA

ACCADEMIA NAZIONALE DELLE SCIENZE
detta del XL

Atti del II Convegno Nazionale di

STORIA E FONDAMENTI
DELLA CHIMICA

Organizzato da:

GRUPPO NAZIONALE DI FONDAMENTI E STORIA DELLA CHIMICA

ACCADEMIA NAZIONALE DELLE SCIENZE DETTA DEI XL

a cura di

FRANCO CALASCIBETTA - EUGENIO TORRACCA



Roma, 16-19 Settembre 1987

RINGRAZIAMENTI

A nome del Comitato Organizzatore, ringraziamo sentitamente tutti quanti ci hanno aiutato a realizzare questo convegno. In particolare, ringraziamo il Direttore del Dipartimento di Chimica, Prof. Mario Beccari e il Preside di Facoltà, Prof. Giorgio Tecce, sia per il loro sostegno personale che per averci messo a disposizione il personale e i servizi di loro competenza.

Per il loro contributo finanziario, ringraziamo:

- La Montedison « Progetto Cultura », che ha reso possibile la partecipazione al Convegno di illustri studiosi stranieri;
- La Serono, che ha rinnovato un'antica tradizione, iniziata dal suo fondatore, Cesare Serono, di sostegno agli studi storici;
- La Sigma-Tau che ha dimostrato con generosità il suo interesse per questo tipo di studi;
- L'Eurobase, interessata da tempo anche in campo editoriale a contributi di tipo storico;
- L'ENEA, sempre molto sensibile ad iniziative di tipo culturale in campo chimico.

Per la stampa di questi atti e per la collaborazione prestataci per tutta la durata del Convegno, ringraziamo sentitamente l'Accademia Nazionale delle Scienze, detta dei XL.

F.C.

E.T.

grande interesse perchè sintetizza con rigore una materia che era stata precedentemente terreno di aspra contesa. Mai alcuna trattazione dell'oppio era stata così dettagliata e di ampia portata.

Il motivo per il quale sia stato scritto *Dell'oppio* è chiaro sin dalle prime righe della prefazione. L'Autore vuole combattere «...la credenza che l'oppio sia dotato di azione debilitante..., narcotica, sedativa ecc., anzichè stimolante»; questa credenza è per lo studioso napoletano, «folia maggiore di ogni altra follia». Egli si scaglia contro quei medici «vestiti non solo dell'antica spoglia dei pregiudizi, ma pur di un animo tristo dotati e di cuore malvagio», che screditano i loro colleghi che dell'oppio si servono a scopo terapeutico. Per chiarire ulteriormente i motivi del suo «ragionamento», il Calabrò Anzalone, nell'ammettere l'esistenza di «medici empirici», che talvolta usano l'oppio «a danno dell'ammalato», afferma che il suo scritto deve dimostrare che l'oppio, «bene ed opportunamente amministrato, in mano di un filosofo medico, non può riuscire dannoso alla salute degli uomini, ma bensì giovevole oltremodo», ed «il fine del... ragionamento è l'amore della salute» dei suoi «cari concittadini».

Dopo la prefazione, il libro si divide in sette capitoli:

- 1) Descrizione ed analisi dell'oppio.
- 2) Necessità di precisare l'azione dell'oppio sulla macchina umana.
- 3) L'oppio se si considera come veleno è stimolante.
- 4) L'oppio è stimolante per l'autorità dei pratici: emorragie; febbri; dolori; convulsioni.
- 5) L'oppio dimostrato stimolante per analogia.
- 6) Dilucidazioni alle obiezioni de' contrari: prima obiezione; seconda obiezione; terza obiezione.
- 7) Cagione del discredito dell'oppio. Conclusione.

Il volumetto *Dell'oppio* rappresenta una sintesi particolareggiata di tutto ciò che si sapeva fino a quel tempo su tale argomento; sono trattate efficacemente le notizie storiche, botaniche, chimiche diagnostiche, terapeutiche e farmacologiche, con abbondanti riferimenti ad esperimenti fatti con l'oppio da famosi studiosi; il tutto è impiantato su una visione filosofico-medica di puro stile browniano come voleva la tradizione accademica napoletana di quel periodo. Il libro, insomma, rappresenta un perfetto manuale scientifico di agevole lettura e consultazione, e ci dà la possibilità di approfondire in maniera esauriente le cognizioni che dell'oppio si avevano sino agli inizi del XIX secolo.

Per Calabrò Anzalone è falso definire l'oppio «veleno» giacchè «infinite sono quelle sostanze che per certi individui sono nocive in una maniera ignota, e che pure sono per natura loro assolutamente innocenti, anzichè veleni». Per corroborare questa affermazione, l'Autore porta una serie di esempi: veleno può essere «il vino il più puro, veleno l'acqua la più cristallina, ...veleno sarà Venere, ...la gioia, ...il pane...»; in definitiva, tutto può essere veleno quando se ne abusa. E gli stessi veleni, riconosciuti come tali, possono essere usati a scopi curativi: «Si sono curati gli idrocefali ostinati... col calometano (calomelano,

INDICE

G.B. MARINI-BETTÒLO — La Storia della Chimica in Italia . . .	Pag. 5
P. ROSSI — La storia delle idee: continuità e mutamenti . . .	» 9
R.F. BUD · G.K. ROBERTS — Chemistry and the Concepts of Pure and Applied Science in Nineteenth Century Britain . . .	» 19
R.G. WOOLLEY — The Evolution of the Molecular Conception of Matter. The Molecule in Biology, Chemistry and Physics . .	» 35
P. CARUSI · A. BARTÒLA — Un tentativo di non decodificazione del termine « sale ammoniaco »	» 53
I. ZILIO-GRANDI — Breve introduzione alla tradizione alchimistica islamica e alla sua influenza nel mondo occidentale . . .	» 63
S. TIRA — 1628: l'antimonio di Torino ed il suo Autore . . .	» 69
A. BASSANI — Il controllo di qualità del sapone nella Repubblica di Venezia	» 79
P. AMAT DI SAN FILIPPO — Unità protoindustriali nella Sardegna Sabauda. Produzione di Salnitro e Polvere da Sparo	» 89
G. INCORVATI — Rivoluzione politica contro rivoluzione chimica? In margine alle « Institutions chimiques » di J.-J. Rousseau . .	» 103
F. ABBRI — Rivoluzione chimica e scienza italiana: le ricerche di Felice Fontana sull'aria fissa	» 121
A. DI MEO — Chimica e livelli di realtà	» 133
V. GIORMANI — Effetti della percussione tra acciarino e pietra focaia nel vuoto. Una diatriba in area padana (1792-1795) tra chimici flogisticanti e seguaci della nuova chimica	» 141

M. BERETTA — La ricerca di Lavoisier da parte dei Chimici Lombardi	Pag. 149
G. LEVI — L'accesso alle fonti e la loro interpretazione: confronto tra due stesure successive di un Mémoire di Lavoisier . . .	» 159
C. FIORENTINI — Fu l'ipotesi di Prout l'ostacolo epistemologico che impedì a Dumas di arrivare alle conclusioni di Gaudin? . . .	» 175
N. NICOLINI — Le prime applicazioni tecnologiche della pila di Volta: il caso del telegrafo di S.T. Stimmering	» 183
N. GELSOMINI — Hugo Schiff e l'insegnamento della chimica a Firenze nella seconda metà dell'800	» 189
L. PAOLONI - L.T.S. PARENTE — Forma cristallina e struttura molecolare: la fase di transizione e la vicenda di William Barlow (1845-1934)	» 193
F. BEI — Il « Chemical Manipulation » nell'opera di Michael Faraday	» 215
F. CALASCIBETTA — Reazioni di ossidazione-riduzione (1880-1915). Espedienti formali e referenti materiali	» 225
G. SEMERANO — Memorie di un chimico fisico analitico ottuagenario	» 237
L. CERRUTI — Tecnici e imprenditori chimici in Italia all'inizio del secolo: analisi e proposte di politica industriale	» 251
G. BRUZZANITI — La scoperta della radioattività	» 261
N. ROBOTTI — L'elettrone di J.J. Thomson	» 267
E. TORRACCA — Proprietà elettrochimiche e prime teorie elettroniche della valenza	» 275
P. ANTONIOTTI — E. Hückel e il suo contributo alla chimica quantitativa	» 287
G. DEL RE — R. Boyle, M. Lomonosov, e la questione dei fondamenti della chimica	» 297
A. CLERICUZIO — Filosofia corpuscolare e teorie chimiche in Robert Boyle: uno studio preliminare	» 305

A. DRAGO — La chimica classica come esempio di teoria organizzata su un problema centrale	Pag. 315
P. MANZELLI — Energia Materia e Informazione	> 327
I. IANNACCONE — Trascrizione in caratteri cinesi della nomenclatura chimica: storia, problemi e prospettive	> 341
M. PLOSSI ZAPPALÀ — Storia dei trattamenti chimici nel restauro librario	> 353
A. ZAPPALÀ — La Chimica nella storia dei supporti per la scrittura: evoluzione nella fabbricazione e conservazione	> 365
R. BUD — Innovation at the Science Museum: Three New Galleries on Industrial Chemistry	> 377
L. BONA QUAGLIA - S. TIRA — Su un ricettario piemontese dell'undicesimo secolo (II)	> 385
A. DRAGO - O. VITIELLO — Nuovi risultati sull'opera di Sadi Carnot	> 391
I. IANNACCONE — L'uso del minio come colorante e come cosmetico nell'antica Cina: sistematizzazione della terminologia	> 403
I. IANNACCONE — Confronto tra la trattazione farmaco-chimica dell'oppio fatta da uno studioso napoletano agli inizi del XIX secolo e quella classica cinese del XVI secolo nel Bencao Gangmu	> 407
<i>Conclusioni</i>	> 415
<i>Indice dei Nomi</i>	> 417
<i>Indice Analitico</i>	> 421
<i>Lista dei Partecipanti</i>	> 425

La Storia della Chimica in Italia

Fino ad alcuni anni or sono in Italia era quasi impossibile proporre uno spazio nell'insegnamento e nella cultura dedicato alla storia della scienza e tanto meno alla storia della Chimica.

Questo rifiuto ha portato a trascurare le fonti e ad ignorare i contributi fondamentali dei chimici italiani nello sviluppo del pensiero chimico, mentre all'estero si affermavano qualificate scuole che hanno contribuito largamente a creare l'immagine dello sviluppo della scienza.

La sola importante eccezione è stato il riconoscimento ufficiale all'insegnamento nella storia della Medicina, che traeva origini lontane da una vigorosa e non interrotta tradizione.

Per quanto riguarda la Chimica, nel secolo passato ed in parte del presente, gli studi storici furono sostenuti da iniziative, soprattutto individuali, di Icilio Guareschi, Aldo Mieli, Michele Giua, Domenico Marotta e Giulio Provenzal, che si impegnarono a rivalutare talune figure di chimici italiani e anche a scrivere delle storie della Chimica.

La mancanza tuttavia di una presenza più impegnata in questo settore ha portato di conseguenza che molti dei contributi italiani più significativi del XVIII e XIX secolo siano stati per lungo tempo ignorati, a cominciare dall'opera fondamentale di Felice Fontana alla fine del '700, oppure abbiano fatto parte di un certo spirito di rivendicazione di priorità e di glorie, come la scoperta della nitroglicerina di Ascanio Sobrero, senza approfondire come queste affermazioni si siano verificate e perchè.

In Italia si è fatta soprattutto una storia dei chimici e delle scoperte e non già dell'evoluzione del pensiero chimico che poi è il vero elemento qualificante.

Questo con una sola grande eccezione, l'elaborazione della teoria atomica di Avogadro, oggetto nella lettera a De Luca, da parte di Stanislao Cannizzaro. Sono pagine bellissime di filosofia della scienza, che non restano solo come saggio di grande

(*) Presidente dell'Accademia; Dipartimento di Biologia Vegetale, Università di Roma «La Sapienza» - Roma.

valore culturale, ma come idee che guideranno l'azione dello stesso Cannizzaro in campo scientifico internazionale, per affermare i principi che hanno permesso di definire le due entità « atomo » e « molecola » già chiaramente indicate da Avogadro, molti anni prima.

Un geniale scienziato quale era Emanuele Paternò non poteva rimanere insensibile alle necessità di sviluppare in Italia una linea di storia del pensiero chimico. Egli ne indicò anche la sede, la Società Italiana delle Scienze, detta dei XL, anche per darle dei compiti che la differenziassero dalle altre Accademie italiane.

« Essa — la Società Italiana delle Scienze — scrive Paternò nel 1925, potrebbe ancora rendere un segnalato servizio alla scienza ed all'Italia qualora rivolgesse con assidua sapiente cura, le sue attività a raccogliere, coordinare, pubblicare il contributo che gli italiani hanno portato al progresso della Scienza moderna e delle sue applicazioni... » e aggiunge « mettere in valore la nostra produzione intellettuale è un dovere ed uno stimolo per le nuove generazioni ». E per concludere suggerisce « *La Società dei XL chiede soltanto che i suoi volumi, senza rinunciare all'attuale indirizzo, diventino pure l'archivio della storia della Scienza* ». E' proprio quello che l'Accademia sta da alcuni anni realizzando.

L'appello in quell'epoca cadde quasi nel vuoto, se si escludono le iniziative di Domenico Marotta e di Giulio Provenzal. Ma l'impostazione di Paternò era corretta, e l'Accademia Nazionale delle Scienze, nuova denominazione dei XL, non poteva cinquant'anni dopo fare a meno di riprendere la linea della storia delle scienze soprattutto per valorizzare lo straordinario patrimonio archivistico, preziosissima fonte di dati e scritti inediti di scienziati italiani, conservato presso l'Accademia.

Per iniziativa di alcuni volenterosi docenti di chimica tra cui ricordo Luigi Cerruti, Giuseppe Del Re, Antonio Di Meo, Gianlorenzo Marino, Leonello Paoloni, Giovanni Semerano, Eugenio Tarracca e il sottoscritto fu presa nel 1985 l'iniziativa di organizzare a Torino presso l'Università, un Convegno di Storia della Chimica.

Con non poca mia sorpresa mi resi conto della larga partecipazione di chimici universitari, dell'industria e dell'insegnamento, il che mostrava quanto era sentita questa problematica.

A questo proposito va sottolineato l'importanza che ha questo approfondimento culturale tra i docenti delle scuole secondarie superiori quale strumento per la formazione dei giovani.

Gli Atti del Convegno di Torino hanno fatto oggetto di un'apprizzata pubblicazione (*) che ha anche varcato i nostri confini.

Sull'onda di questo successo, si è poi costituito in Roma in modo formale, il Gruppo Nazionale di Storia e Fondamenti della Chimica, GNFSG, per valorizzare non solo gli studi sull'evoluzione del pensiero chimico in Italia, ma anche per approfondire lo studio dei fondamenti della Chimica, cioè stabilire quell'identità culturale caratteristica della Chimica che troppe volte è stata dalle altre discipline, nel qua-

(*) Atti del I Convegno di Storia della Chimica, Università, Torino (1986).

dro della ricerca, considerata solamente strumentale o ancillare rispetto alle altre scienze.

Il Gruppo ha preso in questi ultimi mesi contatti con gruppi operanti nello stesso settore in altri Paesi per uno scambio d'informazioni e di esperienze su nuovi indirizzi.

Nel 1987 il Gruppo, insieme all'Accademia, ha tenuto un secondo Convegno a Roma, anche con l'intervento di invitati stranieri.

L'interesse del materiale raccolto in questa occasione, ha indotto ora l'Accademia, ripetendo l'iniziativa già presa ad occasione del Convegno del Gruppo per la Storia della Fisica, tenutosi nel 1986, a pubblicarne gli atti — curati dal Prof. Eugenio Torracca e dal Dott. Franco Calascibetta — che costituiscono una importante testimonianza dell'interesse che oggi presentano le questioni epistemologiche, scientifiche e filosofiche, legate allo sviluppo del pensiero scientifico e chimico in particolare ed anche a quelle didattiche, in un tentativo di riunire le esperienze del passato con le prospettive del futuro.

PAOLO ROSSI (*)

La storia delle idee: continuità e mutamenti (**)

1. - Rigore e precisione (ma anche su questo non proprio tutti sono d'accordo) appartengono al mondo della matematica e della logica simbolica. Sulle idee davvero importanti per tutti e per ciascuno (vita, amore, morte, progresso, decadenza, valori da perseguire) abbiamo idee confuse e disponiamo di definizioni approssimative. Termini come « uomo », « natura », « bisogni », o anche « mutamento », « tradizione », con i quali diamo corpo ad alcune fondamentali idee che orientano la nostra vita non sono denotativi di oggetti facilmente determinabili o rigorosamente definibili. Quei termini si caricano quasi sempre di significati emotivi. Le visioni generali del mondo entro le quali essi inevitabilmente si collocano sono attraversate da un pathos metafisico, da tonalità religiose, da motivazioni psicologiche inconscie. Proprio questa indeterminatezza dei significati, questa sorta di « alone » che accompagna molte parole consentono agli storici e agli studiosi della società di collegare la storia delle idee con la storia, assai più ambigua e sfuggente, delle mentalità, dei modi di sentire e di percepire il mondo.

Parlare delle idee (soprattutto di quelle che hanno una portata molto generale) implica, per questo, una preliminare rinuncia alla pretesa di una separazione rigida fra il linguaggio impreciso della cultura diffusa e il vocabolario tecnico delle scienze e della filosofia. Le idee, com'è noto, nascono dalla vita, ma finiscono per distaccarsi da essa acquistando una loro propria e autonoma vita. Crescono su se stesse, si moltiplicano generando altre idee, si diffondono. Sono soggette a mutazioni e si inseriscono nei processi evolutivi della cultura. Attraverso questi processi incidono sulla vita, la orientano e la modificano. Hanno una loro forza: diventano modi di pensare, generano comportamenti. Dapprima nuove o addirittura « eversive », molte idee diventano, con il trascorrere del tempo, senso comune. Si trasformano anche in *luoghi comuni*, che, come tali, non vengono più discussi, ma sempre pacificamente accettati.

(*) Dipartimento di Filosofia, Università di Firenze.

(**) Relazione presentata al II Congresso Nazionale di « Storia e Fondamenti della Chimica » (Roma, 16-19 settembre 1987).

Abbiamo infatti la invincibile tendenza a inserire ciò che è nuovo in quadri mentali familiari e codificati. Facciamo anche molta fatica a individuare le novità, a distinguere le molte novità apparenti dalle poche novità reali. I quadri mentali rigidi ci offrono soluzioni facili: pensando sulla base di dicotomie (natura o cultura, magia o scienza, continuità o discontinuità, uomo o natura e così via) riusciamo a semplificare i problemi. Ma la semplificazione va quasi sempre a scapito della comprensione. Ci chiudiamo allora alle « avventure di idee », facciamo subentrare la intolleranza alla disponibilità e giungiamo ad eliminare la varietà delle voci del presente, a cancellare le molteplici e varie tradizioni che costituiscono il nostro passato. Ciò dipende anche dal fatto che molte idee suscitano ondate emotive, ci fanno trascorrere dall'entusiasmo alla trepidazione o all'angoscia. Siamo, in questi casi, poco disponibili verso le posizioni più fortemente analitiche. Ci sembra irresistibilmente prosaico, indegno di attenzione, o addirittura falso ciò che contrasta con tali nostre emozioni.

Il conformismo delle idee — quando sono diventate luoghi comuni — ha una vischiosità che è paragonabile a quella presente nelle istituzioni (e nella burocrazia che è la più vischiosa delle istituzioni). Le argomentazioni che si contrappongono alle idee alla moda non vengono prese in considerazione. Vengono respinte con un moto di fastidio. E' già pronta un'etichetta negativa o offensiva per chi si discosti dai luoghi comuni. L'appartenenza delle idee al settore delle idee cosiddette « progressive » o al settore dei cosiddetti « luoghi comuni » non è stabilito a priori né dalla forma delle idee, né, tantomeno, dal loro contenuto: dipende invece dal rapporto che si stabilisce fra le idee e le situazioni storiche nelle quali essi si trovano ad operare. Il che vuol anche dire che non è affatto escluso che, prima di diventare luoghi comuni, determinate idee non possano aver esercitato una funzione storicamente progressiva.

La distorsione delle idee, il loro trasformarsi in dogmi non criticabili e in affermazioni non discutibili si realizzano attraverso processi complicati. Tesi che sono state avanzate in funzione polemica di fronte a situazioni giudicate inaccettabili (od obiettivamente tali) vengono successivamente assunte come verità assolute. Affermazioni che tendevano a rendere problematiche situazioni troppo stabili, si trasformano in certezze dogmatiche e in pregiudizi.

Il tema « continuità e mutamenti nella storia delle idee » appare, almeno a prima vista, fondato su un'alternativa. E quest'ultima si configura come analoga o equivalente a quelle che concernono la persistenza e la discontinuità, i mutamenti graduali e i passaggi bruschi, i lenti cambiamenti e le catastrofi, le tradizioni e le rivoluzioni. Come tutti i modi di pensare fondati su grandi disgiunzioni, anche questo modo di concepire i termini che ho elencato tradisce la sua appartenenza ad una tradizione molto antica e assai dura a morire. Questa tradizione è principalmente fondata (come è stato giustamente rilevato) sull'ideale di una possibile conoscenza completa o di una possibile onniscienza. Quest'ultima si trova sempre davanti ad alternative radicali e a scelte decisive. Ma se qualcosa è emerso con chiarezza dagli sviluppi della scienza e della filosofia contemporanea,

questo è il carattere *strutturalmente* incerto e parziale di ogni specifica forma del sapere e del sapere in genere.

L'immagine necessitante e monolitica della scienza è stata sottoposta dagli scienziati, dai filosofi, dagli storici della scienza a un processo di decostruzione. Sono state in qualche modo abbandonate « razionalmente » le pretese all'assolutismo e all'unicità. Se alcuni filosofi contemporanei (Willard Quine o Nelson Goodman o Hilary Putnam) ci hanno insegnato qualcosa, questo è che non esistono accessi immediati o « diretti » alla realtà; che si accede alla realtà solo mediante la costruzione di modelli; che alcuni modelli sono più affidabili di altri, ma che non esiste un modello più vero di *qualsiasi altro* modello. Il che vuol dire che non esiste una base elementare alla quale tutto il complesso mondo dei fenomeni possa essere ricondotto e vuol dire anche che qualunque insieme finito di dati è compatibile con un'infinità di ipotesi alcune delle quali possono anche essere mutuamente contraddittorie. Non c'è quindi *una* riduzione o *un* riduzionismo, ma ci sono molte riduzioni e molti riduzionismi, in qualche modo tutti legittimi, anche se più o meno fecondi.

Sulla impossibilità di principio di una strategia vincente sempre e comunque, sul carattere non omogeneo dell'universo categoriale della scienza, sull'esistenza di una pluralità di livelli, sulla impossibilità (e inutilità) di costruire gerarchie rigide dei punti di vista, sulla necessaria connessione fra aumento della conoscenza e corrispondente aumento dell'ignoranza, sulla necessità di conoscenze in condizioni di incertezza hanno insistito, in questi ultimi vent'anni, moltissimi autori.

Dato che, come vi dicevo all'inizio, sono portato a rifiutare come semplicistica l'alternativa forte tra continuità e discontinuità tenterò di fare tre cose: 1) cercare di chiarire in che senso si parla oggi di tradizioni e di rivoluzioni relativamente alla scienza e allo sviluppo storico della medesima; 2) mostrare il carattere storicamente variabile delle nozioni di tradizione e di rivoluzione scientifica.

Questo secondo punto mi pare importante perché è indubbio che nel pensiero del secondo Ottocento e del primo Novecento è presente nella cultura europea una sorta di *retorica della rivoluzione* che è fondata su alcune non dimostrate (e credo non dimostrabili) asserzioni di principio. Sulla base di tali asserzioni bisognerebbe per esempio credere: 1) che riconoscere la continuità è in qualche modo più facile e più ovvio che riconoscere la discontinuità; 2) che solo il riconoscimento della discontinuità coincide con un atteggiamento libero e spregiudicato della mente; 3) che la percezione o il riconoscimento della continuità sia espressione di un atteggiamento da conservatori e che invece ogni teoria anti-gradualistica, che accentui la presenza dei salti o delle discontinuità nella natura e nella società, sia per definizione una teoria progressista. Credo certamente alla centralità della discussione continuo-discontinuo nel sapere contemporaneo e la considero assai rilevante, ma non credo affatto che solo « la massima valorizzazione della discontinuità » costituisca la necessaria premessa di ogni discorso tendente ad « assecondare lo sviluppo economico, civile e culturale ».

2. - C'è un'altra coppia di termini sui quali vorrei richiamare la vostra attenzione. Anche questi due termini hanno a che fare con la continuità e con i mutamenti. Si tratta della *ricerca* e della *trasmissione*. Che cos'altro sono le scienze se non, insieme, queste due cose? Ma in che rapporto esse stanno fra loro?

Abbiamo la tendenza a privilegiare uno dei due termini? Sentiamo che si tratta, in tutti e due i casi, di cose rilevanti. Sentiamo anche che privilegiando uno dei due termini rischiamo di perdere qualcosa di importante. Un sapere in cui la ricerca è fiorente e la trasmissione insufficiente è un sapere che ha perso i contatti con la cultura e con la vita. Un sapere in cui la trasmissione è ben organizzata e la ricerca debole ha la tendenza a cristallizzarsi, è incapace di rinnovarsi e di crescere.

Vorrei invece cominciare con uno scheletrico elenco, con la piena consapevolezza che si tratta di qualcosa di molto approssimativo.

Dalla parte di ciò che intendiamo con il termine *trasmissione* sembrano stare cose e attività del tipo seguente:

- i libri di testo e i manuali;
- la didattica;
- la cosiddetta « divulgazione scientifica »;
- l'accettazione di metodi e di principi comuni che è alla radice del costituirsi delle cosiddette « tradizioni scientifiche »;
- l'esistenza di linguaggi specifici e comuni a gruppi di individui;
- l'esistenza di comunità scientifiche, più o meno saldamente costituite, con le loro terminologie, riviste, libri, istituzioni, accademie, cattedre universitarie ecc.

Dalla parte di ciò che indichiamo con il termine *ricerca* sembrano stare:

- studi sofisticati che si rivolgono a un numero ristretto (a volte ristrettissimo) di specialisti e i cui risultati non entrano (o non entrano ancora) a far parte del patrimonio coerente delle scuole o di una comunità scientifica più ampia, anche se l'ambizione principale dei ricercatori è di far diventare i risultati delle loro ricerche parte integrante e costitutiva di quel patrimonio;
- indagini che tendono (come si dice comunemente) a diminuire la distanza esistente fra le teorie note e le osservazioni e gli esperimenti: le indagini, cioè, che tendono a risolvere problemi all'interno di una tradizione scientifica data;
- indagini che tendono ad allargare il campo di applicabilità delle teorie a terreni non ancora coperti da quelle teorie.

Con il termine *ricerca*, quando siamo in presenza, di foeti novità e di risultati inattesi, intendiamo però anche riferirci:

- al cosiddetto « pensiero divergente », cioè alla messa in discussione dei principi e dei metodi delle tradizioni scientifiche consolidate;
- alle divisioni o alle spaccature delle comunità scientifiche con tutto quanto ciò comporta anche sul piano delle istituzioni accademiche e non solo accademiche;

— alla messa in crisi delle tradizioni scientifiche, alla sottolineatura di alternative, al costituirsi (quando le cose vanno bene) di tradizioni nuove che sostituiscono quelle più antiche.

I cristalli costituiscono l'« oggetto » della cristallografia, i fossili della geologia, l'inconscio della psicoanalisi: oggi sappiamo bene che l'esistenza stessa dell'oggetto di una scienza presuppone definizioni e teorie. Sappiamo cioè che gli oggetti specifici di una determinata scienza (molecole, geni, atomi, ma anche classi sociali o sistema sociale) non sono né le entità del senso comune né le cose che incontriamo nella vita quotidiana, ma sono entità « costruite » sulla base di definizioni-teorie, spesso non facilmente accessibili. Ogni forma di sapere scientifico presuppone, di conseguenza, un accordo su certe cose o un « terreno comune », presuppone cioè il consenso di un gruppo di uomini, di una (più o meno vasta) comunità. Divergenze, programmi in conflitto, alternative, punti di vista diversi si presentano spesso, nel sapere scientifico, come *interni ad un terreno riconosciuto comune*, alla cui conoscenza si è giunti attraverso ciò che chiamiamo educazione scientifica e professionalità scientifica.

Thomas Kuhn ha usato, per descrivere questo tipo di fenomeni, il termine di « pensiero convergente ». Con la consapevolezza che il consenso o il terreno comune o il pensiero convergente non è un dato né un presupposto, ma qualcosa che è stato costruito (a volte molto faticosamente) in tempi e in luoghi diversi. Troviamo presente quel consenso da tempi molto remoti per quanto riguarda la matematica e l'astronomia; per l'ottica, la geometria e parte della fisiologia lo facciamo risalire al mondo classico; sappiamo che è più recente per quanto attiene alla chimica, all'elettricità e al calore; dobbiamo giungere in pieno Ottocento per la geologia e per i settori non tassonomici della biologia. Sentiamo quel consenso recentissimo relativamente alle più giovani scienze che hanno a che fare con la mente e con i comportamenti umani ed animali. Per altre forme di conoscenza ce lo prospettiamo come una meta da raggiungere e ci domandiamo per esempio: la psicoanalisi è o non è una scienza? avremo mai una scienza politica?

Come tutti gli storici sanno bene, la scienza non ha un cammino uniforme né globale. Non ha per esempio alcun senso mettere sullo stesso piano l'astronomia del Seicento con la chimica dello stesso periodo. La prima possiede già da molto tempo una struttura teorica altamente organizzata e fa uso di tecniche raffinate; la seconda non ha, in quel secolo, la struttura di una scienza organizzata. Non esiste una comunità degli studiosi degli elementi o delle particelle o dei principi che si riconosca o venga riconosciuta come una comunità di « chimici ». Quella chimica non possiede teorie coerenti dei mutamenti e delle reazioni e non ha alle spalle una tradizione definita. In essa le conoscenze di cui dispongono tecnici della tintura e alchimisti e artigiani e farmacisti è enormemente più ampia di quelle di cui dispongono i filosofi naturali.

Kuhn ha insistito molto sulla *compresenza*, in quell'impresa che chiamiamo scienza, di pensiero convergente e di pensiero divergente. Ed ha insistito anche sulla *tensione* fra queste due componenti. Uno dei suoi libri è intitolato *The*

Essential Tension: per gli individui come per le società la capacità di sopportare quella tensione è un fondamentale requisito della scientificità. L'educazione scientifica, egli sottolinea, ha caratteristiche singolari: entro limiti del tutto sconosciuti ad altri campi creativi essa è condotta attraverso *manuali* o libri appositamente scritti per studenti attraverso i quali questi ultimi acquisiscono la sostanza del loro sapere. Più che di problemi da risolvere i libri di testo parlano di problemi che già sono stati risolti. Meglio: presentano come da risolvere problemi risolti e insegnano a risolverli non in modi nuovi, ma così come essi sono stati risolti. In essi la scienza viene presentata come una tradizione già consolidata e stabilita, appare nei suoi aspetti di tradizione rigida. Quella tradizione viene « assunta » (questo è ciò che Kuhn chiama l'elemento « dogmatico ») e solo all'interno di quella tradizione i problemi acquistano senso e si determinano problemi sempre più difficili da risolvere.

I manuali, vale a dire le forme di un sapere codificato e trasmesso come tale, non sono qualcosa di provvisorio e di marginale, ma qualcosa di costitutivo ed essenziale a quelle particolari forme di conoscenza creativa a cui diamo il nome di « scientifiche ». Questo tipo di trasmissione di conoscenze codificate che si appoggiano a tradizioni presentate come « rigide » è stato infatti ed è tuttora immensamente produttivo di « innovazioni ». I manuali vengono infatti continuamente riscritti e invecchiano rapidamente. In essi, in molti casi, ciò che è vecchio e superato viene spiegato da nuovi punti di vista. Ma — questo è il punto — vengono continuamente riscritti e continuano ad essere l'unica via di accesso ad un sapere scientifico di base.

Le novità, i cambiamenti, le stesse rivoluzioni scientifiche vengono, per così dire, riassorbite entro i testi. Un'educazione che presenta la tradizione come non-equivoca è la via di accesso ad un lavoro che sistematicamente conduce a cambiare quella tradizione, a modificarla, in qualche caso ad abbandonarla. In termini più semplici: si lavora sempre all'interno di una tradizione e la si modifica. Lo scienziato creativo — conclude Kuhn — « è un tradizionalista a cui piace giocare giochi difficili con regole già stabilite al fine di essere un innovatore capace di scoprire nuove regole e nuovi pezzi con cui giocare i suoi giochi ».

Scienza normale e rivoluzioni scientifiche, manuali e creatività della ricerca, tradizioni e rottura delle tradizioni: questi i concetti sui quali molti hanno in questi anni insistito. Un punto, credo, va sottolineato: è vero che non c'è sapere scientifico senza innovazione continua e senza mutamenti e alternative; ma è anche vero che non c'è scienza finché non c'è (in una qualche forma) un sapere convergente, cioè un sapere codificato e codificabile. Nel momento in cui forme di sapere appaiono codificabili, in quel momento inizia storicamente il decollo di una scienza e inizia un progresso rapido e sistematico. Non c'è chimica, come scienza, prima di Lavoisier; non c'è ottica, come scienza, prima di Newton; non c'è geologia, come scienza, prima di Hutton e di Lyell; non c'è, prima di Darwin, una teoria dell'evoluzione. *Prima* ci sono indubbiamente teorie o abbozzi di teorie o osservazioni o discorsi che riguardano in realtà « oggetti » diversi e che non sono collegabili tra loro. *Prima* non c'è terreno comune, non ci sono tradizioni

codificabili, non c'è una terminologia sufficientemente « rigida », non ci sono stabili comunità scientifiche. Anche per questo non hanno molto senso le cosiddette « storie speciali » delle singole scienze che consistono nel mettere assieme, in una sorta di immaginaria tavola rotonda, Aristotele, Lucrezio, Alberto Magno, Darwin e il professor Meyr che dovrebbero discutere insieme di « biologia ». Ma, per le stesse ragioni non ha neppure molto senso una generica polemica contro i manuali.

3. - Le costruzioni teoriche più ampie o generali che fanno da sfondo al lavoro svolto dagli scienziati sono state variamente denominate. Su di esse, negli ultimi decenni, si è con forza richiamata l'attenzione. Thomas Kuhn ha chiamato le teorie del secondo tipo *paradigmi* e, successivamente, *matrici disciplinari*; Imre Lakatos ha parlato di *programmi di ricerca*; Yehuda Elkana e altri di *immagini della scienza*; lo stesso Laudan di *tradizioni di ricerca*. E' ovvio: le differenze non sono solo terminologiche e hanno anche dato luogo a molte discussioni. Ci sono, fra l'uno e l'altro termine molti slittamenti di significato.

Le tradizioni di ricerca, le immagini della scienza, i programmi di ricerca non rappresentano delle parentesi nell'attività degli scienziati: esercitano un peso determinante sulle teorie scientifiche. Le tradizioni di ricerca (che hanno una storia più lunga di quella delle specifiche teorie) sono caratterizzate da una serie di *impegni metafisici e metodologici* e da corrispondenti *divieti* che individuano la tradizione stessa. Quest'ultima agisce negativamente o costruttivamente sul tipo di teorie che possono essere costruite: se l'ontologia di una data tradizione nega l'esistenza di forze che agiscono a distanza (come nel caso del cartesianesimo) viene esclusa come inaccettabile ogni specifica teoria che faccia leva su azioni senza contatto. In questo senso una tradizione è identificabile sulla base di una serie di *elementi non rigettabili* che la costituiscono. Rigettarli vuol dire uscire da quella tradizione: non si può proclamarsi darwinisti e credere nella fissità delle specie o dichiararsi marxisti affermando contemporaneamente che i rapporti di produzione non hanno alcuna incidenza sulle vicende della storia, che la storia non è mai conflittuale e che la dialettica è solo una forma sbagliata di logica. In questo senso Imre Lakatos ha parlato di un « nocciolo duro » di alcuni elementi di un programma o di una tradizione che vengono considerati come irrinunciabili o « sacrosanti ». Ma, ha ragione Laudan nel far notare che l'insieme degli elementi che rientrano nella categoria di quelli non-rigettabili cambia nel tempo: lo spazio e il tempo assoluti considerati elementi non rifiutabili per i newtoniani del Settecento non erano più considerati tali dai newtoniani della metà dell'Ottocento.

I problemi vengono *definiti*, lo si è visto, solo all'interno di una tradizione (o, se preferite, di un programma) di ricerca. Ma dalle tradizioni o dai programmi di ricerca non sono affatto *deducibili* le teorie specifiche. Queste ultime hanno un loro piano di autonomia: possono cioè venir separate dalla tradizione alla quale erano inizialmente collegate e anche venir assorbite entro tradizioni differenti: come nel caso della teoria dell'urto del cartesiano Huygens che venne

« inglobata » nella fisica newtoniana. E' questa possibilità che, secondo Laudan, genera l'impressione ingannevole che le singole teorie esistano indipendentemente dalle tradizioni di ricerca o non abbiano verso di esse alcun debito.

Spiegare i dati naturali in base a regole di conservazione o a regole di simmetria o mediante il ricorso ad entità irriducibili, concepire il mondo come una *navola* o come un *orologio* (o rendersi conto della necessaria coesistenza di entrambe queste prospettive): scelte di questo tipo riguardano insieme il metodo e l'ontologia e sono legate alla immagine della scienza e alle tradizioni di ricerca. Sulla base di immagini e di tradizioni vengono infatti stabilite le cosiddette « frontiere » della scienza e viene accentuata l'importanza di alcuni problemi, mentre altri vengono oscurati, considerati irrilevanti o addirittura eliminati. Su quelle basi vengono di volta in volta stabiliti gli ambiti di una scienza e i criteri di demarcazione fra scienza e pseudoscienza e fra scienza e filosofia. Su quelle basi vengono scelti i problemi da risolvere entro la sterminata quantità dei problemi che la ricerca lascia aperti.

Poiché ho fatto uso frequente del termine « immagini della scienza » (e poiché ho una qualche responsabilità nella sua diffusione) vorrei chiarire alcune differenze con il termine « tradizione di ricerca ». L'espressione *immagini della scienza* rinvia ad una somma di pensieri, di riflessioni, di affermazioni su ciò che la scienza è o dovrebbe essere. Immagini della scienza sono presenti nella cultura delle élites intellettuali e nelle comunità scientifiche, ma operano anche nelle cosiddette « sottoculture » e nel senso comune, oltre che nelle « filosofie » e nelle visioni del mondo dei singoli scienziati. Tali immagini risultano da un discorso, più o meno articolato, sulla natura, gli scopi, le funzioni e i compiti della scienza; da una riflessione sul suo significato per la vita dei singoli e delle comunità. Quelle immagini risultano anche da modi di sentire e di vivere, da attribuzioni di valore (o da corrispondenti negazioni di valore) a termini come *conoscenza* o *controllo della natura* o *ricerca disinteressata* o *libertà della ricerca*. Le immagini della scienza hanno a che fare anche con le emozioni, nel senso che sono presenti nella psicologia individuale e in quella di massa, dove non tutto si svolge a livello di piena consapevolezza e di articolata discussione filosofica. Immagini della scienza sono operanti anche all'interno delle grandi organizzazioni politiche e dei centri del potere economico. E un conto (bisogna aggiungere) sono le immagini che le scienze presentano di sé all'interno di una cultura e un altro conto sono le risposte della cultura e della società a tale presentazione. Quelle risposte sono, a loro volta, condizionate da un'immagine del sapere scientifico che non corrisponde necessariamente a quella degli scienziati, ma che ha effetti determinanti sulle loro possibilità di ricerca e di vita. La costruzione di una immagine della scienza, da questo punto di vista, non è affatto opera esclusiva degli scienziati: è il portato di un'intera cultura entro la quale politici e filosofi e letterati (e oggi giornalisti) operano con una intensità pari o superiore a quella degli stessi scienziati.

Non esiste solo il problema di una trasmissione di contenuti scientifici. Esiste anche quello della *trasmissione di una o di un'altra immagine della scienza*.

Tornerò su questo nella conclusione. Dal punto di vista che ho cercato fin qui di prospettarvi, trasmissione e ricerca non appaiono in alcun modo entità separabili. Fra gli elementi che componevano i miei iniziali e approssimativi elenchi si sono rivelate — almeno lo spero — connessioni intense e profonde.

4. - Le grandi rivoluzioni scientifiche fanno mutare il significato dei termini, costringono a cambiare le prospettive e i punti di vista, sono rappresentabili (con una felice metafora) come il prodotto di uno *scatto gestaltico*: del tipo di quello che si verifica quando vediamo alternativamente « sporgente » la faccia di un cubo disegnato, quando cioè lo stesso insieme di segni ceprime improvvisamente un significato diverso da quello che ci era prima familiare. Quelle rivoluzioni implicano nuove visioni della natura e del posto dell'uomo nella natura, suscitano entusiasmi e professioni di fede, inducono a « conversioni », ma generano anche ansie e smarrimenti, danno luogo a opposizioni violente, mettono in moto complicati meccanismi di difesa dal nuovo, hanno forti implicazioni filosofiche ed ideologiche.

Ma non dobbiamo cadere nella « retorica della rivoluzione » e dobbiamo renderci conto che esistono rivoluzioni che hanno un impatto profondissimo sulle scienze e ne mutano il corso e che sono del tutto prive (o appaiono comunque quasi del tutto prive) di componenti ideologiche evidenti. Per fare qualche esempio, la fisica dei campi di Faraday e Maxwell, o la meccanica quantistica, non hanno certo avuto sulla cultura una presa paragonabile a quella che ha avuto la teoria della relatività. Lo stesso discorso potrebbe essere fatto per la biologia molecolare confrontata con la teoria dell'evoluzione.

Credo però che valga la pena di insistere soprattutto su un altro concetto, che Bernard Cohen ha sottolineato con maggiore energia di Kuhn. Il fatto cioè che proprio le società conservatrici (non nel senso che siano governate da conservatori, ma che tendano all'autoconservazione) sono quelle che non solo *tollerano* atteggiamenti rivoluzionari ed eversivi nella scienza, ma *incoraggiano* fortemente tali atteggiamenti. E lo fanno, nella sostanza, in una misura molto maggiore di quanto non avviene rispetto ad altre forme di attività, per esempio quelle letterarie o artistiche. E' vero che le avanguardie artistiche si fanno strada, ma si tratta spesso di una strada difficile e va ricordato (come ci fa notare Cohen) che Brecht, Conrad, James Joyce, Lawrence, Mallarmé, Mayakowski, Musil, Pound, Probst, Rilke, Tolstoj, Valery e Virginia Woolf non hanno mai vinto un premio Nobel. Gli scienziati d'avanguardia non occupano affatto, nella società, lo stesso posto che occupano letterati o artisti d'avanguardia. Varie specie di riconoscimenti e vari tipi di premi e medaglie vengono sistematicamente assegnati a scienziati i cui contributi siano stati (o si presume siano stati) davvero eversivi, innovatori e rivoluzionari. La scienza è un'impresa, in un certo senso, unica ed eccezionale proprio perché nel suo ambito l'attività rivoluzionaria è stata *istituzionalizzata*. La naturale riluttanza al nuovo, la chiusura nello specialismo, la volontà di mantenere in vita tradizioni superate o addirittura agonizzanti, il parocchialismo delle sottocomunità scientifiche, l'esperato specialismo sono natu-

ralmente forze ben vive ed operanti in tutte le accademie e le società e i gruppi scientifici del mondo. La resistenza al nuovo è forte anche nella scienza e non per caso uno dei maggiori fisici del nostro secolo, Max Planck, scrisse una volta che il trionfo di una nuova verità scientifica dipende dal fatto che ai suoi oppositori capita di morire e dal fatto di venir sostituiti da una nuova generazione. E tuttavia è vero che tutte le comunità scientifiche sono anche disposte a prendere in considerazione e a sottoporre a controlli idee e ipotesi davvero innovatrici e rivoluzionarie. La scienza non è soltanto l'unica forma del sapere entro la quale gli errori vengono, con una frequenza davvero notevole (e senza spargimento di sangue) individuati, corretti, utilizzati. La scienza ammette l'esistenza di procedure di controllo per le idee nuove e considera le rivoluzioni non al di fuori dei *canoni accettabili del mutamento*.

R.F. BUD (*) - G.K. ROBERTS (**)

Chemistry and the Concepts of Pure and Applied Science in Nineteenth Century Britain (***)

We are today engaged in Britain and elsewhere in a broad-ranging re-evaluation of what it is to support science. Given that scientific research is expensive and that technological innovation is remunerative, what is the connection between them and how can it be enhanced? Historians have tackled this question, especially by means of case studies of particular linkages in the distant and in the recent past [1]. Our approach has been the opposite. Rather than deriving origins from technical end-results, we have studied the development of the concepts and visions that have structured thinking about science in Britain, in particular the articulation of a model of separate but related pure and applied science. Many think that this model should now be transcended, but it has dominated views of science and technology for more than a century in Britain and it still has an important bureaucratic role.

The vision of curiosity-based pure science throwing up results that could be separately applied has had such strong appeal that it seemed unproblematic. All too often, heroic stories of the applications of science have been used to preempt questioning of its nature. However neither the application of chemical theory to the development of synthetic dyes, nor the development of the atomic bomb should alone determine our view of the structure of science. Rather such particular historical phenomena must be taken account of in any examination of the nature of science. Debates on the relationship between pure science, applied science, and technology have underlain the question of how research should be organised and funded. In Britain official backing was given to the so-called Rothschild report which argued that pure curiosity-oriented scientific research and applied science were distinct enterprises [2]. As a result, pure science is still

(*) Science Museum, London, U.K.

(**) Open University, Milton Keynes, U.K.

(***) Presented at the II National Meeting « Storia e Fondamenti della Chimica » (Roma, 16-19 settembre 1987).

notionally funded through grants from research councils, while applied science is bought on contract by government departments on basis of need. An alternative investigation, resulting in the Dainton report, portrayed pure and applied science as intimately connected and argued that they should be funded and organised together [3]. A new category, *Strategic Science*, was seen as an essential partner. As the Royal Society argued in 1972, this new concept was popular with scientists [4]. More recently, it was the basis of the 1986 report on Civil Research and Development [5].

Reflecting the changing construction of present realities, historians across Europe and America are studying the historic origins of concepts inherited from the last century [6]. To what extent could science and technology be considered as one? To what extent could science and technology be considered as parallel? And to what extent could science be seen as the basis from which technology was derived? These questions were then seen to be of immediate importance not in terms of research funding, but as educational problems. All western countries faced the problem of training people for new industrial societies, drawing upon public science and private technical skills, esoteric knowledge and traditional craft skills.

There were of course fundamental differences in the institutional and cultural solutions found in different countries. National differences are particularly manifest in the case of the teaching of technology, and this concept has attracted considerable attention from historians. In France, the prestigious educational institutions established after the Revolution, such as the *École Polytechnique*, were essentially concerned with science-based professional training [7]. The *École Centrale* developed a vision of applied science as *la science industrielle*. In Germany, development of the *Technische Hochschulen* as educational centres separate from the Universities, and the consequent need to identify their domain, led to analogous visions of an autonomous science-based technology. In both France and Germany, there was a well-established engineering professionalism that provided vehicles for this conception [8]. Similarly in America, the growth of scientific engineering was part of the legitimisation of the professional engineer as against the mere mechanic [9]. Thus in all these countries, technology as a separate body of knowledge reflected the autonomy of the engineer and his training. In Britain, the education of the engineer was formalised much later than on the continent. There the scientific basis of the engineers' definition was seen to be less significant to the definition of his skill [10]. It is also evident, from report after report, that British manufacturers were loath to see the factory reduced to a laboratory with their secret processes exploited as public knowledge [11]. The progressive incorporation of the whole of France within Pasteur's conception of his laboratory was a distinctly non-British, perhaps peculiarly French, achievement [12].

In each country, the need for such education and status brought a relationship to the sciences. In Germany of course, the humanistic tradition of *Wissenschaft* and *Bildung* had established knowledge as a good thing in itself [13]. The French positivist tradition, too, located truth in an objective science. Nevertheless, science did not come to be structured and defined just through the influence of thinkers:

complex institutional and professional factors underlay the process of the definition of science. This can be seen particularly well in the British case. The cultural resources of Western Europe were freely deployed by British entrepreneurial civil servants, scientists, politicians and industrialists. Just as in the case of technology in Europe, their relative power and interests were expressed through the definition of science [14].

Many historians have felt themselves to be engaged in the same battles for the acceptance of science as their nineteenth-century forbears and so, to some extent, the polemical forms of the nineteenth century have endured until recently. The pattern was set by the work of marxist scientists in the 1930s. The famous crystallographer and historian of science, J.D. Bernal, was concerned with the objective conditions for the growth of science in his classic work, *The Social Function of Science*, published in 1939 [15]. For him, there was no doubt of the objective existence, properties and needs of "science". A somewhat separate historical tradition was assembling the progress of the British educational system up to the formation of a free national system in 1944. The two traditions, one concerned with the objective conditions for scientific advance, the other concerned with the progress of the education system, were brought together in a number of works of the late 1950s, most notably D.S.L. Cardwell's *Organisation of Science in England* [16]. First published in 1957, and reprinted in 1972, this book has helped to shape the way scholars look at the history of the subject in Britain. When in 1982 an historical appendix was put at the back of a policy document on engineering research, Cardwell's book was the only reference [17]. With greater success than any other work over two decades, it showed how the organisation of science was part of the general question of educational structure. For Cardwell, the origins of the concepts of pure and applied science in Britain lay in the importation of German concepts by returning students.

There still remains the question of why the British were so receptive to these concepts in the early-Victorian period. Because of our concern with Victorian social processes, we have not taken modern definitions and looked for their origins. Rather, we have attempted to understand the Victorians' own definitions and their reasons for defining such terms. This terminology, first laid down in specific nineteenth-century contexts, continues to be used in a broad way in the very different scientific and technological contexts of the late twentieth century. However, the concepts themselves of pure and applied science should not be confused with any practical reality of pure or of applied science. Indeed, just where any particular activity might fall on some scale of pure to applied science as nowadays defined is often difficult to specify and will quite likely depend upon the starting point of the measurer [18]. Nevertheless, an understanding of the Victorian process of definition should contribute to our understanding of the meaning of the terms of the debate in our own time.

The science of chemistry is a strategic focus for study. It was the biggest of the nineteenth-century sciences in terms of numbers of practitioners and it was the science most readily recognised as "useful". The German historian, Christoph Meinel [19] has argued persuasively that in both Sweden and Germany, chemistry

provided the model of the split between pure and applied science in the eighteenth century. He finds that separate and distinct arguments were made for its incorporation into the university curriculum as the basis of useful innovations in metallurgy on the one hand and as part of natural philosophy on the other. In Britain, too, though it had a much different academic social structure, the attempt to organize and structure chemistry contributed to the patterning of science as a whole in the nineteenth century.

The notion of a scientific discipline includes the dual function of transmitting and creating knowledge. It is thus striking that the traditional accounts have analysed the formation of the discipline of chemistry in Victorian Britain principally in relation to the emergence of a research tradition. The eloquent rhetoric of research surrounding the establishment of the important chemical schools from the 1840s and the ethos of research emanating from the Chemical Society (f. 1841) tend to reinforce this view. The spirited promotion of research by interested parties before the famous parliamentary enquiries some three decades later lends it further support. We would like to suggest that the formation of the chemical discipline in Britain in the nineteenth century should not be seen primarily as the result of a drive to establish a research tradition. Instead, we argue that the important sector for establishing the discipline was the complementary activity to research — teaching, and the purposes which it ought to serve. The notion of "pure science" was conceived initially as a category of teaching, rather than of research as a separate activity.

We can follow the emerging distinction through the debates over the form of a central scientific school in London. An early forerunner was the Royal College of Chemistry. The principal motivation for the establishment of this, the first of the new wave of chemical schools in the 1840s, was a desire to train practical chemists rather than researchers. Medicine, including pharmacy, agriculture and a wide range of chemically-based manufactures were the anticipated beneficiaries of the new institution. In order to appeal to as many practical interests as possible, both among financial backers and potential students, a universal curriculum was promulgated. Formally, it was based on the German university model as developed by Justus Liebig at Giessen. However, it was also extremely *practical* in a manner that would be acceptable in England. The curriculum rested on the teaching of the principles of chemistry by means of training in general analytical methods in the laboratory. No training related to any specific technical area was included, but advanced students were to be taught research methods through the study of analysis. A student so instructed, the argument ran, would be well prepared to function in any applied chemical environment. This stress on the training of the mind through the study of general principles, served to make chemistry a suitable subject within the traditional English liberal education. At the same time as it could be argued to satisfy the requirements of chemical practitioners, the curriculum could also fulfil the research goals of the academics administering it by training future academic researchers. In the hands of the academics then, chemistry as a discipline became an abstract scientific subject, separate from the various areas of practice from which it had emerged. On this

model, "liberal" scientific training was the basis of what we may call "higher" technical education in England.

It was the vision of many that the same approach would be taken by the new state supported School of Mines and of Science Applied to the Arts which opened in London in 1851, in the aftermath of the Great Exhibition. It was hoped that the new institution would be a science college offering training by means of laboratory work in the general principles of all the basic sciences, plus training in the scientific principles of certain applied subjects, the first of which would be mining. In 1853, the Royal College of Chemistry was taken over, to be the chemistry department of this institution for higher technical education.

Similar principles underlay the technical education offered to artisans by the Science and Art Department examination scheme from 1859. Scientific subjects, particularly chemistry, had a primary place in the Department's list of classes, all of which were "in a greater or a lesser degree to have a bearing on industrial occupations" [20]. Earlier in the decade, manufacturers approached by the Society of Arts on the subject of technical education for workmen had made clear their view that what should be taught was the science on which industries were based. Applications, they argued, could only be learned through actual practice in the workshop. This was to be an enduring view reinforced by a dual worry: first, that training in actual techniques might lead to the loss of trade secrets; and second, that were training given in a state-supported workshop (another possibility canvassed), it might lead to unfair state-subsidized competition with private enterprise. Artisan groups also supported the "scientific" model of technical training. This was, after all, what had been offered piecemeal by many Mechanics' Institutions [21]. So the technical education offered to artisans at "secondary" level turned out to be consistent with the model of higher technical education promoted by scientists.

Some architects of the Science and Art Department examinations had looked forward to the organisation of higher technical education on a different model — that of the polytechnic on French lines. Often cited was the example of the *École Centrale des Arts et des Manufactures* in Paris. Especially intended for aspiring manufacturers, this institution was animated by the concept of *la science industrielle*, expressing unity in a curriculum that stretched from abstract theory to particular applications. Indeed when Lyon Playfair, one of the pioneers of the Science and Art Department system, left London for Edinburgh in 1858, he took this concept with him. With his encouragement, the University of Edinburgh reorganized its science teaching to provide training in "pure" and "applied" sciences. This formulation of 1863 may be the first formal use of the phrases in Britain. In the areas of "applied science" such as medicine, a polytechnic style integration of theory and practice was, in principle, favoured.

In London, some tried to portray the state-supported School of Mines as such a polytechnic an analogue of continental mining schools because the science college vision of that institution had not prospered. A change of director in the middle fifties had focussed it more narrowly on mining. In 1861, after much internal wrangling, its remit as a mining school was confirmed by a Treasury Commit-

tee of enquiry. This was much to the distaste of the non geological scientific professoriate there, which had favoured the broader science college model. Another example of a French style polytechnic appeared in 1864 when the Royal School of Naval Architecture, financed by the Admiralty, and administered by the Science and Art Department, opened in South Kensington. It was explicitly modelled on the *Ecole Impériale du Génie Maritime* in Paris. The course began with a thorough grounding in pure and applied mathematics, and then proceeded to the theory of practice (including practical work) of various aspects of shipbuilding and marine engine design. It also included study of the principles, with laboratory work, of the basic sciences of physics, chemistry and metallurgy. Significantly, students were meant to spend only six months of each of their three years on course work at South Kensington; the remainder of the time was to be spent actually at work under supervision in a shipyard.

At the same time, the liberal science college model was further developed as a way of training technical people. An interesting stage in the emergence of the concept can be seen in an official investigation into the efficiency of state-financed education in Ireland. The Committee of Council on Education recommended in 1865 that provision in Dublin be reorganized into:

A College for affording a complete and thorough course of instruction in those branches of Science which are more immediately connected with and applied to all descriptions of industry including Agriculture, Mining and Manufactures and that it should in this way supplement the elementary and scientific instruction already provided for by the Science Schools of the Department [of Science and Art] towards the training of teachers for which schools it may also give considerable assistance [22].

The curriculum for this school was devised by an appointed commission of eminent scientists, including a number of the non-geological professors of the School of Mines in London. Among the chemists were A. W. Hofmann and his successor Edward Frankland, who as professor of chemistry at the Royal College of Chemistry held the chemical chair at the School of Mines, the Irish chemist Robert Kane and Lyon Playfair, then in Edinburgh. Echoing discussions from the founding years of the Royal College of Chemistry, they argued that the content of the curriculum should not in itself be technical. Rather it should "impart a sound and thorough knowledge of those branches of science which may be so applied illustrative of scientific principles [which] should in all cases be introduced in the course of instruction" [23]. A three-year curriculum was suggested, including a common first two years extending over all the sciences which concentrated on a pure science approach, followed by only the final year devoted to an applied special subject. There was even to be a separate chair of applied chemistry to support this third-year programme. This curriculum made explicit a distinction between "pure" and "applied" components which had been implicit in Hofmann's curriculum at the Royal College of Chemistry from the 1840s.

The aims of the science college in Dublin as outlined in the quotation above, indicate a new element in the thinking about higher technical education at this

time. Now, added to its goals of industrial training was the training of teachers of science to staff the classes run for the Science and Art Department examinations. The same curriculum would serve them as well as those headed for various "technical pursuits", as one professor put it. In fact, Henry Cole, who was Secretary to the Science and Art Department, had advocated since the Great Exhibition the establishment of just such a college in London. He envisaged it training science teachers who might then staff analogous satellite institutions in the provinces which would in turn train local teachers for the Science and Art Department classes. Cole had hoped that the School of Mines and of Science Applied to the Arts might serve just that function, but as we have seen, this ambition was thwarted. Cole's perseverance and ability to influence his political masters at the Committee of Council on Education were considerable and may be detected in the Dublin proposals.

An astute manouverer, Cole not only influenced policy decisions; he also used the bureaucratic means available to achieve his aims in more tangible form. Although he favoured the science college model of technical education over the polytechnic one, he was instrumental in bringing the Royal School of Naval Architecture to land-locked South Kensington. Perhaps perversely, Cole saw this as a step toward his grand scheme for a central science college. Taking advantage of an 1860 Select Committee recommendation that permanent museum buildings be erected at South Kensington, Cole managed to smuggle funding for a laboratory into the estimates for those buildings for 1866. In December 1865, the Committee of Council on Education, the Privy Council committee with responsibility for education, proposed to the Treasury the funding of a museum complex which would additionally "provide efficiently for the growing wants of the Art and Education divisions of the Museum, their libraries, with the schools of naval architecture, laboratories..." [24]. But the next year, the 14th Report of the Science and Art Department noted that "the building for the Schools of Naval Architecture and Science has been begun [comprising] spacious classrooms, professors rooms, chemical and metallurgical laboratories, libraries, specimen room for objects of study in metallurgy, chemistry, and naval architecture, together with a central lecture room..." [25]. By June 1868, the building was progressing well; the roof was soon to go on. Cole noted in the report of the Science and Art Department that it would have ample room for the Royal School of Naval Architecture *and for a school of chemistry* [26].

Cole managed to achieve so much from the middle sixties, whereas he had failed consistently throughout the 1850s, because the educational and political climates of science had changed. To take the case of chemistry - institutions, courses and chemical posts had multiplied in the wake of the establishment of the Royal College of Chemistry; a new and strong community of academic, research-oriented chemists had emerged within academe. Ironically, very few of their courses were on a sound footing by the middle 1860s. Projections of bands of eager students doing three-year chemistry courses proved baseless. Instead, the viability of all chemistry courses depended heavily on occasional students who attended for very short periods to gain specific (generally analytical) training for

some vocational end. What changed during the 1860s was the market for chemistry. In this period, a new demand for the training of teachers of science could be seen, and the academics realized that they could make a case to do the job.

By the middle sixties, there was political concern about the three areas of education in which the state was involved: elementary education, technical education and teacher training. During re-evaluation of political issues after the Second Reform Act of 1867, attempts were made to bring them into one system. This was the context of the enquiries later known as the Samuelson Committee and the Devonshire Commission.

Following an unsuccessful opposition attempt in early summer 1867 to promote an elementary education Bill, the new Conservative Government put forward its own measures. In his official capacity, Henry Cole drafted a comprehensive scheme for the government's consideration [27]. This scheme united "primary or elementary education" with "secondary or technical instruction" and with higher education, including scientific instruction for future teachers and manufacturers. At almost the same time, Bernhard Samuelson, reforming Liberal MP and iron manufacturer, reported to the government the details of a personal survey of continental technical education and submitted his own proposals. They were very like Cole's although they were arrived at through an analysis of the needs of industry rather than via educational imperatives. For Samuelson, the teaching of science as the substance of technical education was the answer. To achieve this, better teachers were a pre-requisite, and training them should be the responsibility of the government. He argued for a system which would send the best elementary school pupils through the Science and Art classes and then on to the School of Mines in London or to local colleges to receive advanced education which would fit them to be teachers. At the same time, these local colleges could also train future manufacturers [28]. In Cole's scheme, it was intended that there should be at least four such science colleges linked to local industry in the provinces in addition to the School of Mines and the Royal College of Science in Dublin.

The Samuelson Committee, which reported in 1868, made an important contribution to discussions on educational reform. Given Samuelson's scheme, it is hardly surprising that the committee took a very broad definition of "industrial classes" to include workmen, foremen and managers. The committee provided a forum for the policy-makers within government to express their views, and an opportunity for chemists and other scientists to show the relevance of their philosophies to government policies. Some fifty-eight witnesses testified. The principal participants were Henry Cole, Secretary of the Science and Art Department, and Captain J.F. Donnelly, the Department's Official Inspector for Science. Among the leading academic witnesses were the two chemists Henry Roscoe of Owen's College Manchester and Edward Frankland of the School of Mines. The administrators stressed the complementary importance of training science teachers; the professors stressed the needs of their colleges.

The Committee's report echoed the schemes promoted by Cole and Samuelson. It called for a thoroughgoing reform of the education system into an

integrated progression which would satisfy the needs of workmen, foremen, and managers. Most urgently, children destined to be workmen needed elementary education. Lack of this made it impossible for them to take advantage of the available adult artisan classes. The Committee also recommended a reorganisation of middle-class secondary schools to include more science. In the same category, it suggested that some of the so-called endowed schools, then also under investigation, should be reconstituted as "science schools" with close links to their local industries. At the top of the hierarchy, there would be regional colleges with a national central institution in London. Such colleges, the committee argued, could not be run on fees alone, but would require support from some combination of the State, local interests, private endowments, and maybe even local property taxes. The committee was clear that such colleges would have the greatest impact if established in centres of industry "because the choice of such centres tend to promote the combination of science with practice on the part of both the professors and pupils" [29].

The Samuelson Committee pointed to a major implication of its report — the need for a dramatic expansion of the teaching profession. So in this report we can see the emphasis of technical education shifting from working class education for the artisan to middle class education for the teacher, the manager and the proprietor. The Committee stressed that the virtue of the system was that the required expansion of the teaching profession could be achieved by the same institutions which trained the others. Cole's thinking was clearly to the fore. It is hardly surprising that, among the Committee's practical suggestions, was the possibility that the School of Mines in London might prove useful as a general science college and that further investigation of the complex government scientific establishment in London was needed.

Some six months after this report, a new Liberal government came to power. William Forster, the new minister with responsibility for education (now most associated with bringing in compulsory schooling) made clear that he wanted to establish a new teacher training school as soon as possible and also to review the whole system of education, including scientific and technical education [30]. Instead of implementing the elaborate, and expensive, institutional reforms of the Samuelson committee, in 1870, he set up the now famous Devonshire Commission on Scientific Instruction and the Advancement of Science. Linking in its very title research with the teaching of science, the Devonshire Commission showed that there had been a change in emphasis among science educators.

The story of the establishment of the Devonshire Commission is well known. Many of its conclusions still resonate over a century later. The commission's call for government patronage of research seems to have been best remembered, although the first seven reports dealt primarily with various aspects of scientific education which had been on the political agenda for some time. Although the consequences for the cultural notions of pure and applied science were profound, the debate was again engaged in terms of parochial and immediate political concerns.

Henry Cole testified first; he laid out the by-now familiar scheme for making out of the three existing government institutions a "Metropolitan College of Science", the main object of which was the training of teachers. When asked where it should be, Cole replied, "Of course, in my mind there is no place in the world like South Kensington, but I should say that [it] could be most economically placed at South Kensington" [31]. Quite straightforwardly, he said that there were no buildings there for quite that purpose, but that arrangements might be made. He had, of course, been promoting just such a building for a number of years. One of Cole's questioners probed the issue of just whom the new teachers would teach. Cole pinned his answer to Forster's projected educational reforms. He hoped for a new system of scientific day schools around the country plus a secondary school in every centre with a population of 10000 or more, each of which would employ at least two science teachers.

Edward Frankland, the eminent chemist, reminded the committee of the academics' view that future generations of professors should also be taught how to conduct research. This added another dimension to the role of a central science college. Not only could its pure science curriculum train teachers and technical people, it should also be the basis for training future researchers. Such a college should be a centre of research. That is, he defended the long-established curriculum at the Royal College of Chemistry. Frankland was concerned about discussions emanating from the British Association regarding possible state-funding of researchers and research institutes. He was convinced that what was required was more recognition for research, preferably through university degrees. Simply putting money into research grants would be sterile in the absence of such recognition and such an infrastructure.

A major challenge faced by all those in favour of the South Kensington scheme was the charge of state competition with private enterprise. Alexander Williamson, Professor of Chemistry at University College, may be taken as typical. He argued that prospective students would select a state-supported institution preferentially with a view to obtaining government posts. Williamson was particularly perturbed that the South Kensington building had been undertaken without consulting the scientific community outside government institutions. He in fact had been influential in getting teaching included on the agenda of the Devonshire Commission precisely because of this. Additionally Williamson expressed influential views about the relationship of teaching and research at university level. His remarks to the Commission echoed an address called "A Plea for Pure Science", which he had presented to his own college shortly before his testimony [32]. Adamant that academe was no place to learn the applications of science, he argued in a by-now traditional manner that that was best done in the real-life situation of the works *after* a solid foundation of scientific principles. The one vocation for which academe could offer effective training was teaching, for the university actually was a "works" where teaching was concerned. Indeed many of his former pupils had become successful teachers. The obvious conclusion was that no special training institutions were needed either for future industrialists

or for future teachers. The university already did the job. As regards research, Williamson was equally firm. This too was to be the function of the academic. Thus, though against state support, Williamson supported the rationale behind the central science college model and was in perfect agreement with Edward Frankland.

The complementary arguments of the Science and Art Department and the professoriate seem to have convinced the Devonshire Commission. In its first report, published in March 1871, the commission suggested that the School of Mines and the Royal College of Chemistry already constituted "one school of Pure and Applied Science". It just needed a bit of reorganisation to be efficient, including the addition of a chair of mathematics, laboratories for physics and biology and better facilities for chemistry! More concretely, the commission recommended the proposed merger of the three government science-teaching institutions to form a science college for teachers in the new building rising in South Kensington. This recommendation was confirmed by later reports covering teacher training and science teaching in the schools [33]. But it was to be ten years before the Normal School of Science and Royal School of Mines opened in South Kensington. In that time, another inquiry, the confusingly entitled Samuelson Commission [34] concerned with applied science, was held. This time, the focus was the training not of teachers, but of engineers and managers in industry, the applicers of science. Yet, the conclusions of the Devonshire Commission provided a model, the results were complementary. Just as a state-funded school for training teachers was set up as an eventual outcome of the Devonshire Commission, the establishment of the Central Technical Institution was ratified by the Samuelson Commission. Both located in London, on opposite sides of the same road, the two institutions shared a concept that pure science was the basis for future applications.

So, however parochial the debates concerning the setting up of these specific institutions were, the arguments they sustained were of more general importance and subsequent significance for British scientific education.

The Samuelson Committee had suggested a dual role for tertiary education: training applied scientists and training teachers. The Devonshire Commission shifted the balance to the teachers. Thereby pure science, as the professional education of teachers and as the universal basis of education for all technical professions, was confirmed as the principal focus of the curriculum. The conclusions of the Devonshire Commission ratified what had been evolving since the 1840s in the case of chemistry: pure chemistry was put at the head of a hierarchy of knowledge. Firmly in control of what constituted appropriate knowledge for the whole of the chemical community were the academics, rather than representatives of the practising community. In conclusion, in the mid-nineteenth century, promoters of two types of institution, the polytechnic and the science college, jostled for influence. Implicit in each form was a model of the relation between pure and applied science. In the polytechnic, the two were closely linked. In the science college, as the idea was progressively defined, pure science

was the principal business of academe, as the training of teachers and as the universal basis for practical training outside. It is perhaps not surprising that, in the subsequent century of academic expansion, the science college model preserved its attractions to professors of such subjects as chemistry. The educationally conceived relations between pure and applied science became, for a time, generalised truths.

REFERENCES

- [1] For a survey of this literature see Michael Gibbons, "Is Science industrially relevant? The interaction between science and technology", in Michael Gibbons and Philip Gummett, *Science Technology and Society Today* (Manchester, Manchester University Press, 1984), 96-116.
- [2] Lord Rothschild, "The Organisation and management of government R. & D." in Great Britain, Parliament, *A Framework for government research and development Cmd 4814* (London, HMSO, 1971).
- [3] "The Future of the Research Council Systems", Report of a C.S.P. Working Group under the Chairmanship of Sir Frederick Dalton in *Framework for government research*.
- [4] The Royal Society, "A Memorandum by the Council of the Royal Society on the Consultative Document (Cmd 4814) A Framework for Government Research and Development" (London: The Royal Society, 1972).
- [5] Advisory Council for Applied Research and Development "Exploitable Areas of Science" (London, HMSO, 1986).
- [6] See "Introduction" to *Sociology of Sciences Yearbook 1978: The Dynamics of Science and Technology* ed. W. Krohn, E.T. Layton and P. Weingart, pp. 251-286.
- [7] George Weisz, *The Emergence of Modern Universities in France 1063-1514* (Princeton, Princeton University Press, 1983). Also see Jan Schaeffik, "The rise of technological science" in *History and Technology 1* (1983), 25-43. For the Ecole Centrale, see John Hubbel Weisz, *The Making of Technological Man: The social origins of French Engineering education* (Cambridge, Mass, MIT Press, 1982).
- [8] Karl-Heinz Manegold, "Technology Academised: Education and Training of the Engineer in the 19th century" in *Dynamics of Science and Technology*, pp. 137-158.
- [9] See Monte A. Calvert, *The Mechanical Engineer in America, 1830-1970: Professional Cultures in Conflict* (Baltimore, Johns Hopkins University Press, 1967), pp. 63-106; Terry S. Reynolds, "Defining Professional Boundaries: Chemical Engineering in the early 20th Century", *Technology and Culture 27* (1986), 694-716.
- [10] Peter Weingart "The relation between science and technology - a sociological explanation" in *The Dynamics of Science and Technology*, pp. 251-286.
- [11] See for instance *Report of the Committee appointed by the Council of the Society of Arts to inquire into the subject of industrial instruction with the evidence on which the report is founded* (London, Longman, 1855).
- [12] See Bruno Latour, *Les Microbes: guerre et paix* (Paris, Metailie, 1984).
- [13] Joseph Ben-David, *The Scientist's role in Society. A Comparative study* (Englewood Cliffs, N.J., Prentice Hall, 1971).
- [14] F.M. Turner, "The Victorian Conflict Between Science and Religion: A Professional Dimension", *Isis, 69* (1978), pp. 356-76.
- [15] J.D. Bernal, *The Social Function of Science* (London, Routledge and Kegan Paul, 1939).
- [16] D.S.L. Cardwell, *The Organisation of Science in England* (London, Heinemann, 1957; 1972).
- [17] Great Britain Parliament, House of Lords, Select Committee on Science and Technology, Session 1982-83, Second Report, *Engineering Research and Development*, Vol. 1, Report, Appendix 3, "Some Historical Background", pp. 79-80.

- [18] See the work of C. Meinel for instance, "«De Praestantia et utilitate Chemiae»: selbstdarstellung einer jungen Disziplin im Spiegel ihres programmatischen Schrifttums" *Sudhoffs Archiv*, 65 (1981), 366-89; *idem*, "Reine und angewandte Chemie: Die Entstehung einer neuen Wissenschaftskonzeption in der Chemie der Aufklärung". *Berichte zur Wissenschaftsgeschichte*, 8 (1985), pp. 23-45.
- [19] For a parallel concern with definitions, see Gibbons, "Is Science Industrially Relevant?"
- [20] "Seventh Report of the Science and Art Department of the Committee of Council on Education", P.P. 1860 [2626] XXIV. 7, App. B, p. 108.
- [21] "Report from the Select Committee on scientific instruction for the industrial classes together with the proceedings of the committee, minutes of evidence, and appendix" [Samuelson Committee], P.P. 1867-68 (432 and 432-I) XV. 1, App. 19, p. 474.
- [22] *Miscellanea*, 13, f. 179, Cole Papers, Victoria and Albert Museum.
- [23] "Report on the College of Science for Ireland" P.P. 1867 (219) LV. 777, pp. 2-4.
- [24] "Thirtieth Report of the Science and Art Department of the Committee of Council on Education", P.P. 1866 [4649] XXV. 337, App. A-1, p. 3. The story of the South Kensington complex is chronicled in Harry Butterworth, "The Science and Art Department, 1853-1900", D.Phil dissertation, Oxford University, 1969.
- [25] "Fourteenth Report of the Science and Art Department of the Committee of Council on Education", P.P. 1867 [3853] XIII. 1, p. xii; emphasis supplied.
- [26] "Fiftieth Report of the Science and Art Department of the Committee of Council on Education", P.P. 1867-68 [4049] XXVII. 419, p. xii; emphasis supplied.
- [27] H. Cole, "Notes on public education", 28 November 1867, Samuelson Committee, App. 12, pp. 459-61.
- [28] "Industrial progress and the education of the industrial classes in France, Switzerland, Germany & c", P.P. 1867-68 (13) LIV. 67.
- [29] Samuelson Committee, p. ix.
- [30] *3 Hansard* 198, 19 July 1868, cols. 161-2.
- [31] "Reports of the Commissioners appointed to make inquiry with regard to scientific instruction and the advancement of science, and to inquire what aid there is derived from grants voted by parliament, or from endowments belonging to the several Universities of Great Britain and Ireland and the colleges thereof, and whether such aid could be rendered in a manner more effectual for the purpose" [Devonshire Commission], vol. 1. "First, supplementary, and second reports, with minutes of evidence, appendices, and analysis of evidence", P.P. 1872 [536] XXV. 1, q. 54.
- [32] *Ibid.*, qq. 1190, 1204; and A.W. Williamson, *A plea for pure science, being the inaugural lecture at the opening of the Faculty of Science in University College London* (London, Taylor and Francis, 1870).
- [33] Devonshire Commission, vol. 1, pp. vii-viii.
- [34] Royal Commission on Technical Instruction, First Report, P.P. 1884, XXVII. 9; Second Report with Appendices, etc., P.P. 1884, XXIX. 73; P.P. 1884, XXX. 1; P.P. 1884, XXI. 1; P.P. 1884, XXXI (I), 9; P.P. 1884, XXXI (I), 555.

BIBLIOGRAPHICAL NOTE

For fuller documentation, see R.F. Bud and G.K. Roberts, *Science versus practice: Chemistry in Victorian Britain* (Manchester, Manchester University Press, 1984). For further background to our argument, S.F. Coughov, *Technical education and social change* (London, George Allen and Unwin, 1958); E.T. Layton, "Mirror-image twins: The communities of science and technology in nineteenth-century America", *Technology and Culture*, 12 (1971), 362-80; Roy MacLeod, "Scientific and technical education" in G. Sutherland, ed., *Education, government and society in Britain: Commentaries on British Parliamentary Papers* (Dublin, Irish University Press), pp. 195-233; P.W. Musgrave, *Society and education in England since 1800* (London, Methuen, 1968).

R.G. WOOLLEY (*)

**The Evolution of the Molecular Conception of Matter.
The Molecule in Biology, Chemistry and Physics (**)**

INTRODUCTION

I shall try to show you that the concept of a molecule no longer has a single, universal meaning; instead, today, there is a plurality of meanings whose utility depends very much on the context of application. These different notions of a molecule are in part contradictory, or incompatible. The title of my article refers to the range of sciences where molecular ideas are important — molecular biology, chemistry, chemical physics and these sciences are the contexts I have in mind.

My professional interests are those of a researcher in chemical physics and so it is natural, at least for me, to develop a critical commentary on the molecular conception of matter from the perspective of quantum theory. The mathematical aspects of quantum theory are uncontroversial but even now, sixty years on from its discovery, there is still much controversy as to what it all "means". It should not therefore be too surprising if a discussion of the concept of a molecule, or more generally chemistry, from the point of view of quantum mechanics contains controversial elements. Something that has to be recognized at the outset is that this enquiry has both a philosophical and a scientific aspect and that the two are scarcely separable; hence you may find your beliefs being challenged!

This is a meeting devoted mainly to historical questions, and so part of my approach to describing the current understanding of the molecular concept will be to recount to you how we got to where we are today. That may possibly justify my contribution to a meeting of a historical society.

(*) Trent Polytechnic, Nottingham, U.K.

(**) Presented at the II National Meeting « Storia e Fondamenti della Chimica » (Roma, 16-19 settembre 1987).

ATOMS

Let me begin with some conventional remarks about atoms in which I will emphasize some particular points that need to be discussed further. Today, if you pick up any textbook of physical science, you will probably be told in a matter of fact way that the world is composed of atoms, even, that we know such is the case [1] because we can see them in various diffraction and microscopy experiments. Curious then, that until recent times such a claim would have been thought to belong to metaphysics, rather than science. Actually, what we see in our modern textbooks is only the unconscious disclosure of the metaphysics of their authors. Some metaphysics is unavoidable; one has to take a stance in order to begin. Nowadays, however, metaphysics is not a respectable concern for scientists, so it is customary to pass over such issues without explanation.

Debate as to the "true nature" of atoms has a history reaching back to the Greek philosophers who started the idea. At various epochs controversy has been fierce. However one need only go back to the nineteenth century to see the issue put starkly. In the second half of the XIXth century chemists were generally agreed that by thinking in terms of molecules as combinations of atoms they had obtained a valuable means of keeping track of chemical transformations. There was, however, no general agreement as to the status which atoms could be allowed in the longer run; at the root of this controversy was the opposition of two quite different philosophical positions.

According to the materialists, atoms were the ultimate material units of the chemical elements, although it was allowed that they might eventually prove to have a sub-structure. However, opponents of classical realism took the view that atoms could only be regarded as intellectual fictions, symbols invented by the intellect with which to dominate sensory experience in the laboratory. The issue then, is: do we construct our world, or worlds, in response to our experience, or do we discover *the* world? After the work of van't Hoff on stereochemistry, of Thomson, the discoverer of the electron, and Boltzmann's statistical mechanics, the materialist conception came to be widely accepted by scientists. Two other scientific investigations that seemed to prove the atomic theory beyond reasonable doubt were Perrin's study of Brownian motion, and the interpretation of the X-Ray diffraction spectra of alkali halide crystals made by the Braggs.

Now, if you hold to the classical realist view that the fundamental concepts of chemistry, or more generally any science, are passive images of something given, viz. "the external world", it is difficult not to accept that "the world is made of atoms and molecules" in the sense that atoms and molecules are tiny, material objects differing from the objects of ordinary experience — people, tables, footballs etc. — only in their quantitative aspects e.g., by their scales of size, their energy content and so on. This is what I have called the building-block approach [2]; it is part of a chemical tradition that can be traced back at least as far as Dalton, although today it has a much wider application than the atomic theory. According to modern physics, atoms have a sub-structure in terms of electrons and nuclei, nuclei are composites of hadrons, which in turn are

combinations of quarks, ... and these different particles are also widely understood to be building-blocks. Whether there is an ultimate building-block is another matter of course. Equally, the building-block approach has been applied to the larger structures of the biological sciences, and it fits in nicely with a reductionist, materialist account of evolution. This is how Jacob Bronowski [3] put it in his superb television series *The Ascent of Man* "Nature works by steps. The atoms form molecules, the molecules form bases, the bases direct the formation of amino acids, the amino acids form proteins, and proteins work in cells. The cells make up first of all the simple animals, and then sophisticated ones, climbing step by step".

The ideas summarized above seem so natural and widely accepted that you may be surprised that I can entertain any doubts about them. After all the building-block approach in which a cell is seen simply as a chemical machine controlled by protein and nucleic acid molecules that exist in well-defined states and change from one state to another by reacting to their environment has been tremendously successful. Every student of molecular biology learns his or her trade by working with the molecular models that are indispensable for understanding stereochemistry. But from the point of view of physics, the models belong to the nineteenth century, and what is missing is any explicit consideration of quantum theory. The same comment can be made about the ideas of van't Hoff, Thomson, Boltzmann, Perrin and the Braggs that I referred to earlier; their great achievements were founded necessarily on the classical philosophy of science they had inherited from the Scientific Revolution of the XVII century. However if we look at their work from the point of view of quantum theory, can we assume automatically that everything will be the same? As a step towards answering this question, perhaps we should review briefly the impact of quantum theory on the philosophy of science before considering chemistry in more detail.

CLASSICAL DESCRIPTION

The classical notion of an *object* is stable and well-defined; objects are correlated of course, but the correlations are attributed to dynamical interactions, forces, and an *isolated object* is a valid and useful ideal limiting case — just think of the foundations of mechanics as laid down by Galileo and Newton [4]. In technical terms, the possibility of isolation of objects leads us to the notion of *separability*, and separability lies at the heart of classical realism and the building-block approach.

In the classical view the state of a whole collection of objects, or subsystems, is determined once the interactions and the states of the individual subsystems are known.

QUANTUM DESCRIPTION

Quantum description brings a decisive change in the philosophy of science by displacing the classical view based on separability. Quantum theory shows us that in order for an object to have its own *context-free* individuality, it must be described by a *pure state*, that is, a wavefunction, so as to eliminate correlations with other systems. Wavefunctions however are rather special, being appropriate for particular cases rather than the general case. If we analyse the quantum states of some system in terms of the states of subsystems, that is in terms of its "parts" however defined, we almost always find correlations in the *absence* of interactions. An extreme case of this situation is the presence of correlations between widely separated subsystems that gives rise to what is known as the Einstein-Podolsky-Rosen paradox [5, 6] — such correlations are therefore often known as "EPR correlations" [7-9]; however it is essential to recognize that the formalism of quantum theory implies that these correlations are much more general than the gedanken experiment that so disturbed Einstein. Incidentally it is generally believed that the prediction of such correlations is confirmed by suitable experiments.

Thus, even if a composite system can be assigned a wavefunction, that is, given a pure state description, the restriction of this wavefunction to any one subsystem i.e., any part of the whole, is *not* usually a wavefunction, so the subsystem cannot be described as an object. Technically, the restriction to a subsystem usually gives rise to a state that must be described by a "density matrix" or what is termed, by analogy with classical statistical mechanics, a "mixed state". It is the use of the mixed state that gives rise to statistical correlations [10] even for apparently widely separated subsystems; Schrödinger [11] described this puzzling behaviour — it certainly conflicts with our ordinary notions of "reality" — by saying that according to quantum theory, subsystems are *entangled* in their environment. Thus quantum theory seems to say that objects cannot be broken up into smaller parts that have the same object status as the whole — quantum description thus entails *nonseparability*. In the limit, that seems to imply that the only "object" is the whole universe! Such an extraordinary idea seems to be taken seriously by cosmologists such as Professor Stephen Hawking, who has recently been investigating the wavefunction for the universe [12], but for the much more modest concerns of chemists what I have just described seems bleak indeed and challenges very deeply held beliefs about our science.

Well, in practice, things are not so bad because in the quantum theories we are interested in we make the traditional "cut" between system and environment and accept that some EPR correlations are being ignored; thus *objects* are created by abstraction from universally existing EPR correlations, and we are free to make this cut as we wish. There is therefore no single "correct" description of nature embracing everything; different descriptions containing mutually incompatible features are more or less inevitable [9].

After these general remarks let's see what all this means for the chemist.

CHEMISTRY AND QUANTUM MECHANICS

In my view at least 4 distinct strands of theory can be recognized as coexisting in the chemical sciences. I will describe them briefly in turn before giving more detail, as time permits. The four strands are:

1. *Classical Chemistry*

The classical molecular model based on chemical bonds between atoms (stereochemistry) uses purely classical variables. There are no entanglements and no EPR correlations.

2. *Quantum Chemistry*

Atoms and molecules are described in terms of electrons and nuclei interacting through electrostatic forces. Molecular wavefunctions are assumed to be products of electronic and nuclear functions

$$\Psi^{QC}(r, R) = \Phi_n(r) \chi_m(R), \quad \left. \begin{array}{l} R = \text{nuclear coordinates} \\ r = \text{electronic coordinates} \end{array} \right\}$$

i.e., there is a pure state description for the electrons and nuclei considered as separate subsystems. There are then no EPR correlations between the two types of particles and such a model can support some classical features e.g., a well-defined classical molecular structure can be related to the minimum energy configuration on the potential energy surface, after allowing for overall rotations and translations.

3. *Molecular Quantum Mechanics*

As in quantum chemistry we disentangle a molecule from its environment and describe it as a closed system of electrons and nuclei according to the procedures of quantum mechanics. In general however the states of molecular quantum mechanics cannot be decomposed into simple products of pure states for electrons and nuclei — there is no classical molecular structure and no potential energy surface [13-15]. All very shocking for the chemist!

4. *Quantum Theory of Substances*

There are aspects of chemistry that seem to be *beyond* a purely molecular theory if quantum theory is also insisted upon, for example (i) Natural Optical Activity; (ii) Irreversible Evolution to Equilibrium. These "broken symmetry" phenomena may be accounted for, at least heuristically, within quantum theories with continuous spectra i.e., Quantum Field Theory [16].

Now I would like to put some detail on these four aspects of chemical theory which I will supplement with a few comments; I'll take them in the order in which I introduced them.

CLASSICAL CHEMISTRY

At the beginning of the XIXth century the chemical elements were regarded as being composed of microscopic building blocks — ATOMS — which were indestructible and had invariable properties, notably weight, characteristic of the individual elements — the atomic theory of Dalton [17]. In the mid-XIXth century chemists began to develop a kind of chemical language — a system of signs and conventions for their use — which gave them a *structural* representation of their fundamental postulate that "atoms" are the "building blocks" of matter.

When we speak of a molecule in classical chemistry we mean a semi-rigid collection of atoms held together by chemical bonds. The "laws" that govern the relative dispositions of the atoms are the classical valency rules which provide the syntax of chemical formulae.

Molecular structure was given a definite philosophical content by J.H. van't Hoff who proposed that atoms and molecules were microscopic material objects in the ordinary 3-dimensional space of our sensory experience; molecules could not be directly perceived because of the limitations inherent in our senses [18]. For van't Hoff, stereochemistry was part of an argument to give a "proof" of the physical reality of molecules. As I noted in my introductory remarks, van't Hoff's proposal was highly controversial in the late XIXth century because of its obvious metaphysical content.

Since the early XXth century however, classical realism has been the dominant metaphysics in classical chemistry which is characterized by its own central dogma:

Central Dogma of Classical Chemistry

"All chemical experiments will be rationalized in terms of the relative spatial dispositions of the atoms in the molecules, conceived as microscopic material entities in ordinary space".

Let me now make 3 short comments about classical chemistry.

(i) Chemistry had begun with Lavoisier as the science of transformations of *chemical substances* [19], but by the time of the formulation of the quantum theory (1925-1926) it had enjoyed a long tradition as the science of *molecular transformations*. This change of focus seems to have been important for the evolution of chemical thought throughout most of the XXth century, and it is true today that many chemists and biochemists use the terms "molecule" and "substance" more or less interchangeably.

(ii) The introduction of a (molecular) structural principle in the mid-XIXth century marked a break with the then known physics based on electrical and gravitational forces; in many respects classical chemistry has evolved independently of, and without regard to, developments in XXth century physics — particularly quantum theory of course.

(iii) While classical chemistry has lost ground to electronic structure theory in the rationalization of inorganic and organic syntheses, it flourishes in the

chemistry of living organisms — molecular biology. There are few more potent images derived from the classical molecular model than Crick and Watson's double helix structure for DNA (Figure 1).

QUANTUM CHEMISTRY

As chemistry made rapid progress in the late XIXth century, physicists began to unravel sub-atomic structure. Out of various well-known dilemmas grew the Old Quantum Theory of Bohr, Sommerfeld and Born, and subsequently the Quantum Mechanics of Heisenberg, Schrödinger and Dirac [20-23]. Both theoretical schemes were quickly applied to chemical problems, essentially in the same fashion because the classical structural model of a molecule is described mathematically by a molecular Hamiltonian (energy function) which can then be investigated as a problem in dynamics — classical or quantum.

The historical record shows that an important set of concepts which persist in molecular spectroscopy and quantum chemistry today were originally developed within the framework of the *Old Quantum Theory* applied to the classical molecular model: the following list illustrates this remark,

(i) the separation of molecular energies into electronic, vibrational and rotational parts which facilitates the analysis of molecular spectra in terms of structural parameters (Schwarzschild, 1916 [24]; Heurlinger, 1919 [25]);

(ii) the use of potential energy surfaces for describing chemical reactions (Marcelin, 1915 [26]) and the Franck-Condon Principle [27, 28];

(iii) The angular momentum classification of the electronic structure of diatomic molecules (Mulliken, 1925, 1926 [29, 30]) which was the precursor of Hund and Mulliken's molecular orbital model (1928) [31, 32];

(iv) the Born-Oppenheimer [33] analysis of electron-nuclear separation (1927) was a reworking of earlier ideas of Born and Heisenberg [34] developed in terms of the Old Quantum Theory (1924).

The starting point of quantum chemistry may be taken to be the "Valence Bond" calculation on H_2 due to Heitler and London [35] published in 1927. This is based on the idea that characterizes quantum chemistry as a theory of *electronic structure*:

Electronic Structure Theory

"The nuclei provide an effectively fixed framework about which the electrons move, so that the dynamical problem is to determine the electron distribution appropriate to a given nuclear framework (= molecular structure)".

Again, I have 3 comments to make about quantum chemistry.

(i) Quantum chemistry has provided a repertoire of qualitative concepts based on the orbital model that permeate modern inorganic and organic chemistry,

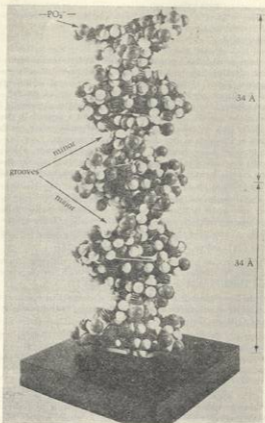


Fig. 1 - A molecular model of part of DNA.

and it offers today powerful computational procedures for the calculation of potential energy surfaces (Figure 2). It has been applied successfully to a wide range of problems in chemistry, molecular spectroscopy and chemical physics.

(ii) Recent experiments in photoelectron spectroscopy and the laser spectroscopy of supersonic jets suggest that quantum chemistry has definite practical limitations; that is, new theoretical methods avoiding the Born-Oppenheimer approximation may well be needed to deal with the vibronic couplings commonly found in the *excited* states of polyatomic molecules and ions [36, 37].

(iii) Its inheritance from classical chemistry needs to be recognized; some of it is a hindrance and can usefully be dispensed with — this is a programme for future development that has only started recently, to which I must now turn.

Classical chemistry and quantum chemistry continue to be exploited successfully in their own areas of applicability. They both refer importantly to the notion of molecular structure. However as I have just hinted, there are now reports of experiments for which theoretical ideas different from those of classical and quantum chemistry are required. More general quantum mechanical models are certainly possible, at least in principle, but as we shall see they involve breaking the connection with the notion of molecular shape, and so we are led to consider completely new patterns of thought, typically much more abstract than has been customary hitherto in chemistry. The utility of such models has yet to be decided.

MOLECULAR QUANTUM MECHANICS

The obvious evolutionary step to take is to retain the molecular idea but remove some of the assumptions that give rise to quantum chemistry. We can start again and build a molecular quantum mechanics by analogy with atomic physics. To see what this entails let's spell out the model formally [16]:

(i) Atoms and molecules are bound aggregates of electrons and nuclei.

(ii) The interactions of electrons and nuclei are governed by the Schrödinger equation for such aggregates.

(iii) Reference to the molecular formula gives directly the molecular Hamiltonian, which I call H_{mol} .

$$\hat{H}_{\text{mol}} = \sum_a \hat{T}_a + \sum_{a,b} \hat{V}_{ab}$$

$$\hat{T}_a = \hat{P}_a^2/2M_a \text{ per particle}$$

$$\hat{V}_{ab} = \frac{Z_a Z_b}{4\pi\epsilon_0 |q_a - q_b|} \text{ per pair } (a, b) \text{ of particles}$$

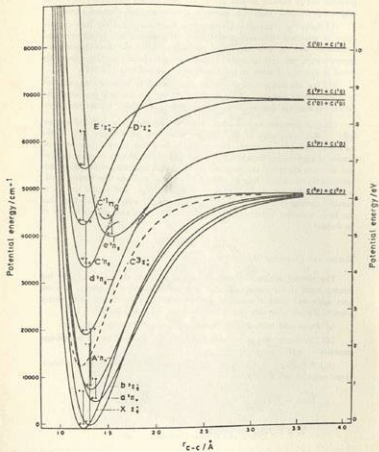


Fig. 2 - Potential energy curves for the ground state and some excited electronic states of the C_2 molecule.

All this looks quite familiar and indeed it is the notional starting point of many presentations of quantum chemistry. However if we do not introduce the Born-Oppenheimer approximation we encounter at once a paradoxical result. The molecular Hamiltonian \hat{H}_{MOE} describes the interactions of an assembly of electrons and nuclei; it does not describe uniquely a particular molecular species. As an example, the chemical formula C_8H_8 is associated with 8 carbon nuclei, 8 protons and 36 electrons; the Hamiltonian \hat{H}_{MOE} for this collection of charges is shared by cubane, cyclooctatetraene, vinylbenzene and any other system where the given number of electrons and nuclei are interacting. So now we have lost a direct correspondence between the molecule associated with a particular chemical substance and the quantum mechanical Hamiltonian [13-16]; actually we never really had such a correspondence once we left classical chemistry behind. All the usual physical justifications for the plausibility of the Born-Oppenheimer approximation serve to disguise the fact that the crucial notion of molecular structure is put into quantum chemistry from outside quantum theory — in simple terms, molecular structure is put into quantum chemistry by hand [39, 40]. I'm not suggesting that there is anything wrong in this, for as I have already indicated, quantum chemistry is a powerful and useful theory — one that I use a lot myself of course — but I would suggest that future progress does depend upon a clear understanding of what has been assumed in chemical theories.

As an example of what can be done without the Born-Oppenheimer approximation [16], let me quickly review some recent progress in molecular spectroscopy. Since the early years of the XXth century it has been known that the energy levels of many molecules can be represented by a spectroscopic term formula of the form,

$$E_{\text{MOE}} = E_{\text{TRANS}} + E_{\text{EL}} + E_{\text{VIB}} + E_{\text{ROT}} + \dots;$$

for a diatomic molecule, this is known as the Dunham series. If we make the conventional Born-Oppenheimer or Born adiabatic arguments to separate the electronic and nuclear motions we obtain a formula of this kind from the Schrödinger equation for \hat{H}_{MOE} which is correct to terms of order α^4 where $\alpha = (m_e/M_n)^{1/4}$ is the usual B.O. expansion parameter [41]. One of the great beauties of the Born-Oppenheimer argument and the associated idea of an electronic potential energy surface is that it leads easily to this term formula, which is the formula that works, i.e., the formula that accounts for a vast amount of molecular spectroscopy. One mustn't conclude from that fact however that these assumptions are in anyway essential.

Theoretical schemes that do not make use of the Born-Oppenheimer separation of electronic and nuclear motions in molecules are called "non-adiabatic". One such scheme that has come into chemical physics from the study of nuclear spectroscopy is called the Generator Coordinate Method — GCM for short [41, 42]. I do not propose to go into the details [41] of the GCM except to say that the wavefunction for a molecule is not written in the simple product form that charac-

terizes the quantum chemistry approach; instead it is written as an integral

$$\Psi^{GCM} = \int d\alpha \chi(\alpha) \Phi(r, \alpha) f(R, \alpha)$$

where α is a shorthand for a set of integration parameters that are called the Generator Coordinates and χ , Φ are related to the analogous quantities in the quantum chemistry wavefunction [13, 15, 16, 41, 42].

With such a wavefunction (not exact of course), a variational calculation of the energy levels of \hat{H}_{mol} yields [41] a term formula of the required form that is correct to terms in κ^6 . This is a useful improvement in accuracy given the remarkable increase in resolution that is possible using laser radiation. Two other points about this calculation that stand out are that we obtain the molecular energy levels to a *better* accuracy, firstly without resorting to a simple product wavefunction and secondly, without the use of a *potential energy surface*. This just reminds us that a potential energy surface has *no* fundamental significance within molecular quantum mechanics; it is an artefact of the quantum versions of the traditional molecular models.

A few comments are in order here.

(i) Effective methods of calculation for problems where the Born-Oppenheimer approximation is insufficient are as yet limited. That they are needed can be seen from gas-phase photoelectron spectroscopy of e.g., simple hydrocarbons such as ethene, C_2H_4 , and allene $CH_2=C=CH_2$; calculated and experimental spectra for allene are shown in Fig. 3. These experiments are very much in the domain of chemical physics of course.

(ii) We still have a molecular theory, but one which does not contain the central classical concept of molecular shapes. I think it is essential to recognize that the existence of *chemical isomerism* is a fundamental problem for *any* quantum theory of chemistry. The traditional quantum chemistry just takes over the idea of molecular structure from classical chemistry and is not a solution to this problem.

BEYOND MOLECULAR THEORY

Pasteur [43] and van't Hoff [18] concluded that an optically active fluid is composed of a very large number of elementary objects, *molecules*, which must themselves carry the space-inversion dissymmetry that is required for a non-zero rotation angle. There are two assumptions here that are worth examining:

(i) molecules have structures in physical space that can be dissymmetric.

We have not found classical molecular structure in molecular quantum mechanics so a *quantum* account of the loss of space-inversion symmetry implied by the occurrence of natural optical activity in fluid phases may well have to be much more abstract. Prior to (i) however there is another assumption, namely

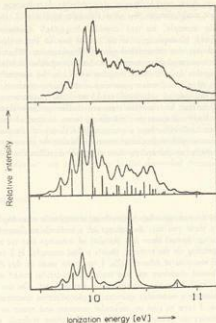


Fig. 3 - The first band in the photoelectron spectrum of propa-1,2-diene (allene). Top: the experimental trace, Centre: the spectrum according to a vibronic coupling (Jahn-Teller) calculation, Bottom: the adiabatic (Franck-Condon) spectrum from quantum chemistry. Notice that only the low-energy part (below 10 eV) of the quantum chemistry calculation gives reasonable agreement with the experimental results (after ref. 36).

(ii) the universal principle that substances are composed from atoms and molecules — the building-block idea.

The notion of a *molecule* is a possible rather than a necessary feature of a quantum mechanical account of chemical phenomena in the sense that *quantum theory does not specify that there must be atoms and molecules*; indeed one can show quite readily that a purely molecular quantum theory involving any *finite* number of molecules cannot account for chirality. If one proceeds to what is called the "thermodynamic limit", that is an infinite number of particles in an infinite

volume but with finite particle density, then chirality does become possible and there are at least model theories that show this quite explicitly [2, 16].

As another example, we can consider Prigogine's quantum theory of irreversibility [44]; his explanation of the Second Law of Thermodynamics seems to call into question the conventional picture of substances. What seems to be essential for an account of the occurrence of chemical equilibrium when substances are brought together in a chemical reaction vessel, is the association with the physical system of a Hamiltonian possessing a continuous spectrum; a *quantum field theory* of the reacting substances would meet this requirement, and indeed the considerations that lead to this view are similar to those that invoke the thermodynamic limit and quantum field theory in an account of chirality. It is not my intention to describe here a quantum field theory of chemical substances except to say that, as with molecular quantum mechanics, the *isomerism of chemical substances remains a serious and fundamental problem* still to be solved in such a framework.

CONCLUSIONS

Let me try to sum up what I have been saying with some final comments. I have tried to show you that the concept of a molecule no longer has an all-embracing meaning; instead there is a plurality of meanings that are more or less appropriate depending on the context. Here's a final example. If I am interested in the chemical reactions of ethene, C_2H_4 , I can make sense of this chemistry by reference to classical chemistry and the traditional molecular model of ethene as a planar species with a reactive carbon-carbon double bond. On the other hand if I want to calculate a reasonably quantitative photoelectron spectrum for ethene in the gas-phase, I have to give up molecular structure and resort to an abstract non-adiabatic theory in which the "shape" of the ethene molecule simply does not appear. The same is true of many other simple molecules we could mention.

The second comment is a technical one. I have described four different theoretical approaches to the atomic/molecular conception of matter from the perspective of quantum theory. You may ask how they are related. Well it turns out that the different models arise from a general quantum mechanical theory by making what mathematicians call *singular approximations*, for example

- | | |
|---|---------------------------------------|
| (i) The Classical Limit | Planck constant $\hbar \rightarrow 0$ |
| (ii) The Born-Oppenheimer approximation | $\epsilon \rightarrow 0$ |
| (iii) The Thermodynamic Limit | $n \rightarrow \infty$ |
| | Vol $\rightarrow \infty$ |
| | $(n/\text{Vol}) < \infty$ |

These limits are discontinuous and introduce *qualitatively* new features into the resulting models; from the perspective of quantum description we can under-

stand taking these limits as prescriptions for different, incompatible choices for the reduction of EPR-entangled states to a set of states that are not entangled with their environment [7, 9, 16].

Finally, I am not offering these different approaches as competing models; they have their own areas of applicability, possibly with some overlap, and if they prove to be useful for understanding experiments and suggesting new experiments they will continue to be used and develop. Thus in Biology the classical notions of Structure, Mechanism and Function remain extremely important, and Quantum Theory is conspicuous by its absence. In Chemistry, the classical stereochemistry is now of diminishing importance in comparison with the marked increase in the use of qualitative electronic structure theory; very recently of course stereochemistry and electronic structure theory have come together in the form of Molecular Graphics software. In Chemical Physics we begin to probe experimentally a regime where the notion of molecular shape is no longer useful, and the very notions of "atom" and "molecule" are under review in the theoretical community.

ACKNOWLEDGEMENTS

It is a pleasure to acknowledge the financial support of Montedison that made possible my participation in this conference.

REFERENCES

- [1] ATKINS P.W., *Physical Chemistry*, 2nd Edition, O.U.P., p. 4 (1982).
- [2] WOOLLEY R.G., «Structure and Bonding», 32, 1 (1982).
- [3] BRONOWSKI J., *The Ascent of Man*, BBC, London (1970) and Book Club Associates, London, p. 348 (1977).
- [4] CASSEIRER E., *An Essay on Man*, Yale University Press, p. 59 (1944).
- [5] EINSTEIN A., PODOLSKY B. and ROSEN N., «Phys. Rev.», 47, 777 (1935).
- [6] BERGIA S., CANNATA F., RUFFO S. and SAVOIA M., «Am. J. Phys.», 47, 548 (1979).
- [7] PRIDMAS H., *Chemistry, Quantum Mechanics and Reductionism*. «Lecture Notes in Chemistry», 24, Springer, Berlin (1982).
- [8] PRIDMAS H., «Chimia», 36, 293 (1982).
- [9] PRIDMAS H., «Chimie in unserer Zeit», 19, 109, 160 (1985).
- [10] d'ESPAGNAT B., *Conceptual Foundations of Quantum Mechanics*, 2nd Edition, Benjamin W.A. Inc. (1976).
- [11] SCHRÖDINGER E., «Proc. Camb. Phil. Soc.», 31, 355; *ibid.*, 32, 446 (1935).
- [12] HAWTHORN S.W., *Schrödinger, Centenary Celebrations of a Polymath*. Ed. Kilmister C.W., Cambridge University Press (1987).
- [13] WOOLLEY R.G., «Israel J. Chem.», 19, 30 (1980).
- [14] WOOLLEY R.G., «J. Chem. Educ.», 62, 1082 (1985).
- [15] WOOLLEY R.G., «Chem. Phys. Letters», 125, 200 (1986).
- [16] WOOLLEY R.G., «Topics in Molecular Organization and Engineering (Reidel)», 2 (1988).
- [17] DALTON J., *A New System of Chemical Philosophy*, Manchester (1808).
- [18] VAN'T HOFF J.H., *La Chimie dans l'espace*. Baasendijk, Amsterdam (1875).
- [19] DE LAVOISIER A.L., *Traité Élémentaire de chimie in Oeuvre de Lavoisier*. Imprimerie Impériale, Paris (1864).
- [20] BORN M., *The Mechanics of the Atom*, Ungar, New York (1960).
- [21] HERMANN A., *The Genesis of the Quantum Theory*, MIT Press (1971).
- [22] HUND F., *The History of Quantum Theory*, G.G. Harrap, London (1974).
- [23] HEISENBERG W., *The Physical Principles of the Quantum Theory*, University of Chicago Press (1930).
- [24] SCHWARZSCHILD K., «Sber. Preuss. Akad. Wiss.», 1, 548 (1916).
- [25] HEISENBERG T., «Z. Phys.», 20, 188 (1919).
- [26] MARSHALL A., «Annln. Phys.», 3, 138 (1915).
- [27] FRANCK J., «Trans. Faraday Soc.», 21, 536 (1925).
- [28] CONDON E.U., «Phys. Rev.», 27, 640; *ibid.*, 28, 1182 (1926).
- [29] MULLIKEN R.S., «Phys. Rev.», 26, 361 (1925).
- [30] MULLIKEN R.S., «Proc. Nat. Acad. Sci. USA», 12, 144, 151, 158, 338 (1926).
- [31] MULLIKEN R.S., «Phys. Rev.», 32, 186, 761; *ibid.*, 41, 49 (1928).
- [32] HUND F., «Z. Phys.», 51, 739 (1928); *ibid.*, 73, 1 (1931).
- [33] BORN M. and OPPENHEIMER J.R., «Annln. Phys.», 84, 457 (1927).

- [34] BOHN M. and HEISEBERG W., « *Annln. Phys.* », 74, 1 (1924).
- [35] HEITLER W. and LONDON F., « *Z. Phys.* », 44, 455 (1927).
- [36] KÖPPEL H., CEDERBAUM L.S., DOERCKE W. and SHUK S.S., « *Angew. Chem. Int. Ed.* », 22, 210 (1983).
- [37] DELACRÉTAYE G., GRANT E.R., WHITTEN R.L., WÖSTEN L. and ZWANZIGER J.W., « *Phys. Rev. Letters* », 56, 2598 (1986).
- [38] ARONOWITZ S., « *Int. J. Quant. Chem.* », 14, 253 (1978).
- [39] WOOLLEY R.G., « *Adv. Phys.* », 25, 27 (1976).
- [40] SUTCLIFFE B.T. and WOOLLEY R.G., « *Chem. Phys. Letters* », 45, 393 (1977).
- [41] LATHOUWERS L. and VAN LEUVEN P., « *Adv. Chem. Phys.* », 49, 113 (1982).
- [42] LATHOUWERS L., VAN LEUVEN P. and BOUTEN M., « *Chem. Phys. Letters* », 52, 439 (1977).
- [43] PASTEUR L., « *Comptes. Rend. hebdom. séances Acad. Sci. Paris* », 26, 535 (1848).
- [44] PEROGINE I. and GEORGE C., « *Proc. Nat. Acad. Sci. USA* », 30, 4390 (1983).

P. CARUSI (*) - A. BARTOLA (**)

**Un tentativo di non decodificazione
del termine « sale ammoniac » (***)**

Trying to Leave the Term « Sal Ammoniac » Undecoded.

ABSTRACT. — The custom that has prevailed for some time by now among students of chemistry and historians of chemistry, which is to associate in an unambiguous manner a name to a compound — or, better, a formula — seems not to have always been correctly practiced in the interpretation of alchemical texts, and in particular of those Hermetic texts describing the procedure for realizing the Opus Magnum. On the basis of the study that we are presenting here, which concerns a particular group of names used in the Opus Magnum (the name *sal ammoniac* and the names that can be interchanged with it), it appears to us to be possible, even if for now hypothetically only, that each name appearing in the Opus Magnum does not refer in general to just one single chemical compound or to the chemical formula that we are today accustomed to associating with that name (for example, in the case mentioned, *sal ammoniac* = ammonium chloride, NH_4Cl), but as well, and especially, to several compounds or mixtures of compounds that can be classified within one group because of the identity or similarity of their chemical or physical properties as manifested in the reaction. Thus, "sal ammoniac" may be ammonium chloride, but also any other agent whose physical properties or chemical properties as revealed in a reaction are deemed similar to those of ammonium chloride.

In alcuni passi fondamentali del suo dialogo « Cratilo » [1], Platone prende in considerazione il problema della conoscenza esaminando il rapporto tra i nomi e le cose. Conoscere attraverso i nomi, dice Platone, è una impresa difficile e incerta; delle due cause principali di questa difficoltà, una risiede nei nomi e l'altra nelle cose. Quanto ai nomi ci si chiede: sono stabiliti per convenzione, o per qualche somiglianza tra essi e le cose, e in questo secondo caso, in che

(*) Dipartimento di Chimica, Università di Roma « La Sapienza » - Roma.

(**) Viale Parioli 72, 00197 Roma.

(***) Relazione presentata al II Convegno Nazionale di « Storia e Fondamenti della Chimica » (Roma, 16-19 settembre 1987).

misura possono essere considerati fedeli rappresentazioni della realtà? Quanto alle cose, ci si chiede: sono esse stabili, fisse, o in movimento, come affermava Eraclito? Su questi interrogativi il dialogo non giunge ad alcuna conclusione, e Platone, attraverso Socrate, suggerisce quella che gli sembra la via meno dolorosa da seguire: « apprendere e cercare gli enti... essi stessi da loro stessi » piuttosto che dai nomi, e sperare che Eraclito non avesse ragione. Se la realtà, infatti, fosse in movimento, la conoscenza, costretta a seguirlo in continuazione il mutamento della realtà, muterebbe se stessa di momento in momento, e dunque non ci sarebbe più conoscenza.

Lo storico dell'alchimia, che si accinge a studiare il misterioso procedimento della Grande Opera, si trova ad avere a che fare con problemi per molti versi riconducibili a quelli di cui parla Platone nel « Cratilo ». Davanti a lui molti nomi, anche troppi, messi in evidenza con ostentazione, e un problema di conoscenza disperato, senza nessun appiglio. Tanti nomi, un problema, come nel « Cratilo », ma in più la necessità di conoscere a partire dai nomi, poiché della realtà ogni traccia è accuratamente nascosta. Di fronte a un quadro tanto poco rassicurante, non c'è da meravigliarsi che il desiderio più grande dello studioso sia spesso quello di togliersi più o meno rapidamente dalla scomoda situazione in cui le circostanze lo hanno messo: e se si esclude il rifiuto totale di occuparsi della Grande Opera, scelta che molti studiosi hanno fatto con diverse motivazioni, un valido modo per farlo può essere quello « platonico »: passare, decodificando, dai nomi alle cose, e supporre che siano oggetti fermi, immutabili, e al di fuori della storia.

I risultati cui conduce un approccio di questo tipo sono più o meno soddisfacenti a seconda dei campi di indagine dei diversi studiosi: psicoanalisti e storici delle religioni possono in qualche modo dichiararsi soddisfatti (gli archetipi o le rappresentazioni del divino nelle religioni primitive e non primitive sono, infatti, in ultima analisi, patrimonio immutabile di molte generazioni di uomini, se non dell'intera umanità); diversa è la situazione dello storico della scienza che non voglia rinunciare all'esame della dimensione chimica della Grande Opera. Le cose immutabili che secondo questo studioso si nascondono dietro i vecchi nomi, sono i metalli, i composti, gli « oggetti » chimici che i suoi studi di chimica inorganica e organica gli hanno insegnato a conoscere: se fosse possibile far corrispondere ad ogni nome presente nella Grande Opera uno di quei composti, l'intero procedimento della Grande Opera potrebbe essere rivelato, con la stessa facilità con cui il chimico, letto il nome di un composto in un libro, va a prendere nell'armadio il barattolo che lo contiene. Ma le cose non stanno così: nel misterioso procedimento, un nome non sembra in genere legato ad un ben determinato « oggetto » chimico, e può accadere, ad esempio, che un nome porti a diversi barattoli, o diversi nomi a un barattolo solo. Come dire: il dizionario chimico della Grande Opera non è fatto di cose.

E allora si comincia a pensare che forse aveva ragione Eraclito, che i fatti, nel loro stesso divenire, siano quelle realtà cui alludono i nomi. E poiché dire *fatto* nel nostro caso, significa dire *reazione chimica*, che i nomi descrivano situa-

zioni in movimento nel corso di quel procedimento chimico che sta alla base della Grande Opera. Il contesto storico è fissato in modo molto preciso: è infatti nella Grande Opera che *avvegono*, e non *sono*, tutte le cose, e la Grande Opera, così come è strutturata e descritta, esiste per l'esperienza, nel linguaggio e nei concetti di coloro che in determinati tempi e luoghi misero a punto e sperimentarono questo procedimento.

Al fine di giustificare con un esempio questo cambiamento di indirizzo, dalla ricerca di un *oggetto* immobile al di là della storia alla ricerca di un *atto* chimico mobile in un determinato contesto, abbiamo preso in considerazione il caso del sale ammoniaco. Ci siamo proposti, in un primo tempo, di decodificare il termine « sale ammoniaco » e di riconoscere il composto (oggetto) chimico celato dietro di esso. Punto di partenza un nome, punto di arrivo una cosa, abbiamo individuato serie di nomi tutti esplicitamente riferiti, in una serie di fonti primarie, al sale ammoniaco, li abbiamo divisi in famiglie (gruppi), e ci siamo lasciati guidare dai nomi risalendo all'indietro nel tempo, perché fossero questi nomi a condurci, attraverso tempi e luoghi, alla soluzione del nostro problema. Il periodo individuato dalle fonti primarie utilizzate (XVIII-X sec. A.D.) comprende l'alchimia moderna d'Occidente, l'alchimia medioevale di lingua latina, l'alchimia medioevale di lingua araba. Dal '700 al '500, procedendo all'indietro, ci siamo serviti essenzialmente dei lessici di ispirazione ermetica che abbondano in lingua latina e nelle diverse lingue europee [2]. La consultazione dei lessici è agevole, e fornisce una informazione interessante: lessici e dizionari rappresentano infatti, presi singolarmente, un sapere ormai cristallizzato e dimostrano, in uno studio comparato, le catene di trasmissione e le modalità delle variazioni. Con i nomi *glossaria*, *synonima*, *onomastica*, i lessici ci accompagnano anche negli incunaboli del '400 e nei manoscritti latini dei secoli XV-XII [3]. Man mano che si va indietro nel tempo, la lettura diviene via via più difficile, non solo per gli inevitabili problemi paleografici, ma anche per le particolari caratteristiche di questi scritti, riportati spesso frettolosamente, sul retro o in margine, appunti preziosi da conservare e soprattutto da richiamare alla memoria. I nostri studi sul *synonima* sono ancora lungi dall'essere conclusi, e così tutto questo lavoro che ha caratteristiche troppo ampie per poter essere concluso in un breve arco di tempo.

La necessità di avere un quadro più chiaro della situazione ci ha portato ad esaminare anche altre due tradizioni che avrebbero potuto essere d'aiuto: la tradizione medica (*glossaria*, *antidotaria*) [4] e la tradizione dei lapidari [5]. A differenza delle opere mediche, i lapidari della tradizione occidentale non forniscono alcuna indicazione sul sale ammoniaco. La cosa, che in un primo momento può sembrare strana, in realtà si fonda su due motivazioni ben precise. La prima si intravede chiaramente in un passo dello « *Speculum lapidum* » di Camillo Leonardi [6]: accingendosi a parlare del nitro, l'autore afferma che ne tratterà nonostante si tratti di un sale e non di una pietra. Si tratta dunque di un problema di contenuti. La seconda motivazione è da ricercarsi nel fatto che le due tradizioni occidentali [7] dei lapidari, quella « cristiana » che fa riferimento a Epifanio, e quella « pagana » che attraverso Marbodo e Isidoro di Siviglia giunge

fino a Plinio, sono entrambe in diretto collegamento con gli studi sulle pietre dell'antichità classica e, come vedremo, del sale ammoniaco della Grande Opera non v'è traccia, in Occidente, prima del basso Medioevo.

Tre sono le più significative famiglie di nomi attribuite costantemente e concordemente dalle fonti occidentali moderne e medioevali al composto chimico che ci siamo proposti di rintracciare: 1) *aquila* 2) *sal ammoniacus* 3) *nūshābīr*.

Il nome latino *aquila* e gli arabi *cab*, *ocab*, *alocoph* etc. appartengono alla stessa famiglia (in arabo *'aqāb*=aquila). Di ciò, e del fatto che aquila è uno dei nomi più antichi del « sale », la tradizione occidentale non sembra essere consapevole. Tanto per fare un esempio, il dizionario paracelsiano « a Gerardo Dornico collectum » (1583) ripreso successivamente alla lettera dal « *Lexicon Chymicum* » di W. Johnson (1652-53) e dal « *Lexicon* » di M. Ruland (1661) [8] riporta come voci separate i nomi *aliocab* e *aquila*; la voce *aquila* inizia poi con queste parole: « aquila, quae avium regina est, usurpatur nomine pro sale ammoniac... » senza che affiori alcun accenno ad una eventuale tradizione « araba » precedente.

Il nome *sal ammoniacus* richiede all'indagine una maggior delicatezza di tocco. L'aggettivo *armoniacus* che esaminato da solo potrebbe essere fatto derivare da Ammone o dal greco ἄμμων = sabbia, nelle sue varianti *armoniacus* e *armenicus* rivela la sua derivazione da Armenia. In realtà, nel nome *sal ammoniacus* coesistono due diverse tradizioni: la tradizione alchemica arabo-islamica per cui il *sal ammoniacus* (usato nella Grande Opera) è il sale d'Armenia, e la tradizione classica, non alchemica, ma ripresa talvolta dagli alchimisti, che fa riferimento al tempio di Giove Ammone in Mauritania, e dunque a una ben diversa collocazione storica e geografica. Compito dello studioso è, caso per caso, e non è sempre facile, capire a quale delle due tradizioni si riferisca il testo che si sta studiando. Il nome *nūshābīr*, che la tradizione occidentale distorce in mille modi (e di cui non sa dire il significato) è il nome che più di ogni altro sembra appartenere al nostro composto.

Poi, sotto il XII secolo, all'improvviso, la tradizione occidentale si acquieta: i nomi islamici del « sale » scompaiono dai testi latini, cadono le varianti *armenicus*, *armeniacus* caratteristiche del sale d'Armenia, e sulla Grande Opera scende il silenzio.

I nomi che troviamo nella letteratura medioevale di lingua araba — nomi che possiamo conoscere agevolmente anche attraverso gli studi di J. Ruska, E. Wiedemann e A. Siggel [9] — ci confermano l'origine e la continuità della tradizione del sale ammoniaco. Accanto ai nomi presenti nella letteratura occidentale, altri nomi compaiono per la prima volta. E' qui, in questi testi, che scopriamo, insieme ad alcuni nomi « verbali » che ci sarà utile ricordare più avanti [10], che il nome *nūshābīr* aggiunge alla connotazione più propriamente « alchemica », la connotazione per così dire « naturalistica », poiché *nūshābīr* è il nome di un minerale [11]. La disposizione delle miniere, le proprietà fisiche, chimiche, terapeutiche del *nūshābīr*, e da ultimo anche lo stesso nome *nūshābīr* ancora oggi in uso nelle lingue araba e persiana, ci incoraggiano a identificare il sale ammoniaco con il cloruro d'ammonio.

Viaggiando attraverso i nomi abbiamo così raggiunto il nostro scopo, che era quello di ottenere una cosa, un oggetto chimico identico in ogni tempo, luogo e reazione chimica, e dunque al di fuori di ogni tempo, luogo e situazione.

Ma proprio nel momento in cui potrebbe essere tentato di dichiararsi soddisfatto, lo studioso della Grande Opera deve rendersi conto che non può continuare a ignorare una serie di dati collaterali che non si accordano con le sue conclusioni. In primo luogo gli stessi esperti della Grande Opera tengono a sottolineare ad ogni piè sospinto che il loro sale ammoniaco non è il sale ammoniaco del volgo. Ritenere che questa affermazione sia falsa non ci sembra corretto, data l'unanimità e la frequenza con cui ricorre nei testi fin dai tempi più antichi. In secondo luogo molte voci di lessici non sembrano potersi riferire al composto chimico cloruro d'ammonio. Esempi: *Toxites* (1574) « *almizadir aes viride* »; *Dotneus* (1583) « *myssadar est mercurius* »; *Rulandus* (1661) « *cab id est aurum* » [12] etc. Questo fatto è talmente noto che ne parla nel 1599 il naturalista Ulisse Aldrovandi [13] nei suoi « *Ornithologiae, hoc est de avibus historiae Libri XII* ». Nel « *liber primus, qui est de aquilis in genere* », sotto il titolo « *aequivoca nominis aquilae* » si legge tra l'altro, al punto f.: « *Aquilae nomine Chymicis multa veniunt. Paracelsus salem ammoniacum ob levitatem suam in sublimationes: item et Mercurium praecipitatum Aquilam vocat, Hortulanus idem quoque nomen sulphuri, arsenico nec non et auro tribuit* ». Ma non basta, ed è il terzo punto: in molti testi che descrivono la Grande Opera, anche arabi e del X secolo [14], nomi che per tradizione appartengono al gruppo del sale compaiono mescolati ad altre famiglie di nomi e l'oggetto identificato da questi gruppi non potrebbe mai essere il cloruro d'ammonio. Dunque, nel contesto della Grande Opera, ai nomi del sale ammoniaco non corrisponde l'« oggetto » chimico cloruro d'ammonio.

E' tempo, noi crediamo, di provare a cercare dietro i nomi del sale non l'identità del composto, ma le operazioni, o le situazioni in cui il sale è coinvolto nella Grande Opera. Ottimi risultati si ottengono se si pongono a confronto i testi non alchemici che citano esplicitamente dall'esterno i rapporti tra sale e Grande Opera, e le esposizioni allegoriche tradizionali di questo procedimento. Il « *Lapidario* » attribuito ad Alfonso X il Savio [15], testo piuttosto antico, colto e partecipe delle due culture islamica e cristiana, è un esempio eccellente tra i testi del primo tipo. Alla voce *amoxatir* (ennesima deformazione di *nūsādīr*), in una osservazione breve e apparentemente di poco rilievo, espone in modo compiuto la funzione più caratteristica del sale nella Grande Opera: « *E quelli che si occupano della Grande Opera, sciolgono questa pietra e coagulano con essa altri corpi disciolti* ». Poiché il « *Lapidario* » non è un testo alchemico, questo *nūsādīr* è ancora il *nūsādīr* delle miniere (cloruro d'ammonio). Che cosa succede quando passiamo ai testi allegorici? Della Grande Opera esistono versioni differenti; pur nell'apparente complessità di ciò che appare, le versioni tipo con cui si ha a che fare sembrano riconducibili a due: 1) il sole e la luna (o il re e la regina, in genere un maschio e una femmina) devono unirsi in matrimonio per dare vita a un figlio prodigioso; 2) un re beve una pozione che lo uccide, poi resuscita ed è immortale (o un re si bagna in una fonte e si tra-

sfigura). In entrambi i casi il passaggio attraverso l'acqua (poiché è l'acqua la femmina della prima versione) è indispensabile. Nell'acqua, dicono i saggi, c'è un agente che compie meraviglie, scioglie e coagula, e il suo nome è « sale ammoniac ». Come abbiamo visto sopra, però, quando abbiamo parlato di dati discordanti, questo sale ammoniac non è il cloruro d'ammonio della miniera.

Perché, mentre descrivono lo stesso procedimento e utilizzano gli stessi nomi, l'autore non alchimista del « Lapidario » e l'alchimista della Grande Opera si riferiscono a cose diverse? Un piccolo ma significativo spostamento di angolo di visuale permette forse di rispondere a questa domanda. Entrambi, l'autore non alchimista e l'alchimista, conoscono molto bene per tradizione e per esperienza personale le possibilità di utilizzazione del *nishādir* (cloruro d'ammonio) nella preparazione di soluzioni solventi, ma mentre il primo rivolge la sua attenzione al composto chimico cloruro d'ammonio che a un certo punto viene preso e gettato nel recipiente, il secondo guarda ciò che sta accadendo nel suo recipiente e attraverso ciò che vede impone i nomi. Tali nomi non si riferiscono al *composto chimico* che pure qualcuno è pronto a giurare di aver visto entrare nel recipiente, ma all'*azione* di sciogliere/sciogliersi, coagulare/coagularsi, e poiché questa azione riesce particolarmente bene con l'intervento di alcuni sali, primo tra tutti il sale d'Armenia [16], a qualunque agente (composto chimico, miscela, soluzione) che possa compiere questa operazione o partecipare a questa situazione, può essere dato il nome di sale ammoniac.

Giustificati in questo modo i nomi del tipo *nishādir* e « sale ammoniac » che più facilmente si prestano all'equivoco, nessuna difficoltà è creata dai molti nomi-immagine che si accompagnano spesso ai nomi chimici e sono in modo molto più immediato riconducibili all'azione di sciogliere e di coagulare: la chiave che apre e che chiude, la spada che taglia, il serpente marino che divora, l'eroe che combatte (ancora oggi, quando si scioglie con l'acqua regia o con la soluzione solfonitrica qualcosa che è molto difficile sciogliere, si dice « attaccare »).

Liberare la mente dall'idea di dover ricercare le cose, e abituarsi a discernere il gioco correlato dei fatti, costituisce per lo studioso un cambiamento rivoluzionario: la grande maggioranza dei dati discordanti può essere ricondotta nell'ambito del ragionamento, e il nuovo modo di formulare le domande rende i testi enormemente più chiari.

Avviandoci alla conclusione, ci si può chiedere se e come, su questa base, sarà mai possibile giungere dai nomi alle cose. Se si assume che i nomi non si riferiscono alle cose, ma alle operazioni che esse compiono o cui partecipano, i rapporti tra i nomi e le cose devono essere riconsiderati nel modo seguente:

— a ogni nome corrispondono tutte le cose che compiono quell'operazione cui esso si riferisce;

— a ogni cosa corrispondono tutti i nomi che competono all'operazione che essa compie.

In particolare, dati X nomi che siano legati ad una operazione e Y cose che possano compierla, ogni nome può indicare Y cose e ogni cosa può essere chiamata con X nomi.

Una struttura « monomerica » di questo tipo, con X nomi, Y cose e una operazione, è una unità sferica e liscia che non può essere attaccata da nessuna parte. Paradossalmente, però, ma se ci si riflette sopra lo si troverà naturale, la situazione migliora con l'aumentare del numero delle cose e del numero di operazioni che ad esse possono essere attribuite. Quando molte cose, infatti, possono compiere molte operazioni, non potranno tutte le cose compiere tutte le stesse operazioni, e sarà possibile individuare, nella struttura reticolata delle relazioni e delle non-relazioni, dei gruppi sempre più piccoli di cose associabili tutte ad uno stesso gruppo di operazioni. Quanto più la struttura è reticolata, quanto più aumenta il numero di relazioni, tanto più alta diviene la definizione delle cose.

E' difficile dire ora se, dopo i buoni risultati iniziali, questo modo di procedere potrà condurre alla decodificazione della Grande Opera. Per il momento l'importante è non avere fretta di giungere alle conclusioni, e soprattutto *evitare ad ogni costo decodificazioni parziali*. Si ha l'impressione, infatti, che la Grande Opera sarà decodificata nella sua totalità in una sola mossa quando di tutte le cose che di essa possono essere predicate non ve ne sarà una che non si accordi con tutte le altre. Fino a quel momento, eraclea nei suoi moti, ma platonica-mente immutabile dietro lo schermo da duemila anni, la macromolecola Grande Opera continuerà tranquillamente a farsi beffe di noi.

BIBLIOGRAFIA E NOTE

- [1] Piazze, « Opere complete », vol. II, Bari 1984, pp. 1-79.
- [2] A.J. Pernery, « Dictionnaire mitho-hermétique », Paris 1758; Milano 1980 (rist.); W. Salmon, « Dictionnaire hermétique », Paris 1693; W. Salmon, « Liste des termes... », in: Bibliothèque des philosophes (chimiques), t. I, Paris 1672; M. Ruland, « Lexicon alchymiar », Francofurti 1661; W. Johnson, « Lexicon chymicum », London 1652-53, ed. in: J.J. Manget, « Bibliotheca chemica curiosa », t. I, Genevae 1702; M. Toxites, « Onomastica II », Argentorati 1574; G. Doen, « Dictionarium Theophrasti Paracelsi... », Francofurti 1583.
- [3] Tra i manoscritti attualmente in fase di studio, ricordiamo perció particolarmente interessanti: Bibl. Apost. Vaticana, ms. *Palatino Lat.* 1330, cc. 187v-188v e Bibl. Apost. Vaticana, ms. *Palatino Lat.* 1335, cc. 2v-7v (sec. XV).
- [4] A.M. Beasvola, « Examen omnium simplicium... », Romae 1536; M. Sybraticus, « Opera pandectarum medicinae », Venetiis 1492; Joannes Anglicus (J. Gaddesden), « Rosa medicinae », Papie 1492; Simon Jausensius (Simone da Genova), « Synopsis medicinae seu clavis sanctorum », Venetiis 1486; Antidotarium Nicolai (I metà del sec. XIII), ed. di due traduzioni francesi dei secoli XIV-XV a cura di P. Dorveaux, Paris 1896; H.E. Sigerist, « Studien und texte zu frühmittelalterlichen Rezeptliteratur », Leipzig 1923.
- [5] A. Boetius (De Boot), « Gemmarum et lapidum historia », Lugduni Batavorum 1647; C. Gesner, « De omni rerum fossilium genere », Tiguri 1565; C. Leonard, « Speculum lapidum », Venetiis 1516; J. Evans - M.S. Serjeantson, « English medieval lapidaries », London 1933; P. Studer - J. Evans, « Anglo-norman lapidaries », Paris 1924; L. Pannier, « Les lapidaires français du Moyen Age des XIIe, XIIIe et XIV siècles », Paris 1882; Albertus Magnus, « De mineralibus et rebus metallicis libri quinque », Coloniae 1569; Alfonso el Sabio, « Lapidario and libro de las formas et imagines », ed. a cura di R.C. Dixon - L.W. Winget, Madison 1980; M. Sochnscheider, « Lapidation, ein kulturgeschichtlicher Versuch », Semitic Studies in memory of Rev. Dr. Alexander Kohan, Berlin 1897.
- [6] *Op. cit.* [5].
- [7] Si fa riferimento qui alla classificazione dei lapidari riportata da L. Pannier, *op. cit.* [5]. Secondo Pannier, la letteratura francese sulle pietre anteriore al Rinascimento si divide sostanzialmente in tre grandi correnti: due occidentali, una "pagana" (autori cristiani, ma inserita nella tradizione classica) e una "cristiana" (tradizione vetero- e neotestamentaria), e una orientale, forse di origine ebraica, relativa alle pietre incise. Anche se il discorso di Pannier riguarda in modo particolare i lapidari francesi, ci sembra che una descrizione di questo tipo possa essere estesa senza troppe variazioni fino ad abbracciare tutta la letteratura medioevale sulle pietre prodotta in Occidente.
- [8] *Opp. cit.* [2].
- [9] J. Ruska - E. Wiedemann, « Arabische alchemistische Decknamen », *Sitzungsberichte der Physikalisch-Medizinischen Societät Erlangen* 1924/25; A. Siggel, « Decknamen in der arabischen alchemistischen Literatur », Berlin 1951.
- [10] Tra gli altri: *al-hallâl* (colori che scioglie, il solvente), *al-tayyâr* (il volatile), ecc.
- [11] al-Qawwini, « 'Ajj'ib al-mukhlûqât wa gharâ'ib al-mawjûdât », ed. F. Wüstenfeld, Göttingen 1848; Ibn al-Bayrî, « al-Jâmi' li-mufradât al-adwiyâ wa al-aghdyâ », Cairo 1874; al-Dimashqî, « Nukhbat al-dahr », ed. A.P. Mehren, St. Petersburg 1866; al-Bîrûnî, *Kitâb al-jamihir fi ma'rifat al-jawâhir*, ed. F. Krenkow, Haidarâbâd 1936; « Kitâb al-haywân al-Safî' », Bombay 1888-89.

- [12] *Opp. cit.* [2].
- [13] U. Aldrovandi, « Ornithologiae... libri XII », Bononiae 1599.
- [14] Ibn Umayr al-Tamini, « Three Arabic Treatises on Alchemy by Muhammad bin Umayr », ed. M. Torib 'Ali Mem. Asiat. Soc. Beng. XII/I (1933) pp. 1-213.
- [15] *Op. cit.* [5].
- [16] Interessanti per la menzione dei sali, delle loro proprietà e delle loro utilizzazioni: R. Bacon, « Epistola... de secretis operibus artis et naturae et de nullitate magiae », ed. J.S. Brewer, London 1859; R. Bacon (pseud.), « D. Rogeri Baconis anglie de arte chymiae scripta... », Francofurti 1603, p. 246; « Summa philosophiae Roberto Grosseteste scripta », ed. L. Baur, Beiträge zur Geschichte der Philosophie des Mittelalters, Band 9 (1912), p. 642; J. Quercetanus, « Liber De Præcursorum Philosophorum verae medicinae materia... », Lipsiae 1613; A. Boetius (De Boor), *op. cit.* [5], cap. XV, R. Steele, « Practical Chemistry in the Twelfth Century. Rasis de aluminibus and salibus », Isis 12 (1929), pp. 10-46.

Sono inoltre di particolare interesse sul « sale ammoniaco »:

- H.E. Stapleton, « Sal-ammoniac, a study in primitive Chemistry », Mem. Asiat. Soc. of Bengal, I (1905), pp. 25-41.
- J. Ruska, « Der Salmiak in der Geschichte der Alchemie », Zeitschrift für angew. Chemie, 41 (1928), pp. 1321-1324.
- J. Ruska, « Sal ammoniacus, Niträfir und Salmiak », Sitzungsberichte der Heidelberger Akademie der Wissenschaften, Abhandlung, 5 (1923).
- D. Götz, « Studien zur Geschichte der Mineralnamen in Pharmacie, Chemie und Medizin von den Anfängen bis Paracelsus », Sulzoffs Archiv Zeitschrift für Wissenschaftsgeschichte, Wiesbaden 1972, pp. 274-277.
- J. Ruska, « al-Rāzi's Buch Geheimnis der Geheimnisse », Berlin 1937. Quellen und Studien zur Geschichte der Naturwissenschaften und der Medizin, Band 6, pp. 39-40.

IDA ZILIO-GRANDI (*)

**Breve introduzione alla tradizione alchimistica islamica
e alla sua influenza nel mondo occidentale (**)**

Brief Overview of Islamic Alchemical Tradition and of its Influence on the Western World.

ABSTRACT. — This paper is intended to provide a brief overview of islamic alchemy in VIIIth and IXth centuries. It considers the reception of greek alchemy within the islamic cultural environment and the value of the influence which the Arab tradition has had upon this, within a process of transformation which was not exclusively mediatory.

From a technical point of view, islamic alchemy may be considered to have powerfully positioned as a point of departure for modern chemistry. This viewpoint, however, reduces the complexity of this particular science, whose technology was firmly grounded on a spiritual and philosophical base.

I secoli XII e XIII videro la nascita di numerose scuole di traduttori destinate a divulgare in Occidente la scienza e la filosofia greche; tali traduttori, tra i quali spiccano i nomi di Arnolfo da Villanova, Gerardo da Cremona, Ruggero Bacone ed Alberto Magno, furono attivi in particolar modo in Sicilia e in Spagna, dove Arabi ed Europei si trovarono in una situazione politica e culturale di maggior contatto.

Le traduzioni avvennero dall'arabo, lingua in cui le opere greche si erano conservate, al latino e di qui eventualmente nelle principali lingue romane. Esse compresero testi di alchimia, una disciplina estranea all'Europa del periodo in questione ma che, non appena nota, vi incontrò il massimo favore. L'esistenza delle opere del latino Geber « rex arabum », apparenti traduzioni dal-

(*) Gruppo di Didattica delle Scienze, Università di Venezia.

(**) Relazione presentata al II Convegno Nazionale di « Storia e Fondamenti della Chimica » (Roma, 16-19 settembre 1987).

l'arabo Gābir ibn Hayyān (1) ma in realtà produzione autonoma di un alchimista spagnolo (XIV secolo circa), ne è una valida dimostrazione.

L'alchimia generò, soprattutto se considerata nell'aspetto di cosiddetta « alchimia pratica », la chimica moderna; vediamo ora il significato di tale affermazione con alcuni brevi cenni alle origini greche di questa scienza, al processo di traduzione dei testi in arabo e al successivo, imponente sviluppo in ambito islamico.

Nell'ancora incerto processo di origine di tale scienza confluirono elementi diversi, quali la tecnologia egizia (la conoscenza di antiche tecniche di colorazione è attestata già in Bolo di Mendes, 200 a.C. circa), la filosofia greca (neo-platonismo in particolare), gnosticismo ed ermetismo. Nel clima culturale di Alessandria d'Egitto (2) dove appunto tali componenti vennero a contatto, in un periodo che si suppone compreso tra il II e il III secolo d.C., furono composti scritti pseudo-epigrafici, sedicenti opere di Ermete Trismegisto (l'arabo *Hirmis*) (3), Thoth (l'arabo *Abnūb*), Agatodemo, Cleopatra, Mosè, Salomone, Gesù ed altri improbabili autori (4); nel IV secolo compaiono le opere fortemente gnostiche di Zosimo di Panopoli (l'arabo *Abwīm*); nel VI secolo si aggiungono gli scritti dell'imperatore Eraclio e del filosofo neo-platonico Almiodoro, anch'essi di dubbia autenticità. In data e luogo sconosciuti (probabilmente in uno degli istituti scientifici ruotanti attorno alla corte di Baghdad (5) e in periodo compreso tra l'VIII e il IX secolo) tali scritti (= *Corpus Hermeticum*) vennero tradotti in arabo. I cristiani nestoriani distaccatisi dalla chiesa ortodossa bizantina che si stabilirono in Asia Minore attorno al V secolo, operarono traduzioni in siriano del materiale greco manoscritto a loro disposizione includendo opere alche-

(1) Gābir b. Hayyān, visse probabilmente a Kufa, nell'Iraq, tra l'VIII e il IX secolo d.C. Il *Corpus Gābriānum*, l'insieme delle opere a lui attribuite ma frutto piuttosto di un lavoro dossografico (di cui P. Kraus preparò una bibliografia critica a seguito della lista contenuta nel *Fihrist* di Ibn al-Nadīm), si fa interprete in special modo della dottrina delle relazioni di quantità sotto citata.

(2) Secondo H.E. Stapleton non ad Alessandria d'Egitto ma in Siria ebbe origine l'alchimia, il che spiegherebbe tra l'altro la sua rapida evoluzione presso gli Arabi. L'ipotesi è controversa. Cfr. H.E. Stapleton, *The antiquity of Alchemy*, « *Ambix* », 5 (1953), 35.

(3) J.W. Fück ha tradotto e commentato la sezione del *Fihrist* dedicata ad Hirmis nella quale compare la lista di opere a lui attribuite, cfr. « *Ambix* », 4 (1951), 89 sgg. Un'ampia bibliografia è contenuta in L. Massignon, *Inventaire de la littérature hermétique arabe*, in A.J. Festugière, *La révélation d'Hermès Trismégiste*, I, app. III, 384-400 e in M. Plessner, *Hirmis*, in « *Encyclopédie de l'Islam* », (= E.I.), IV, Paris-Leyde 1957, 479-481; si veda inoltre M. Plessner, *Hermes Trismegistus and Arab Science*, « *Studia Islamica* », 2 (1954), 45-59.

(4) Una lista completa degli autori compare già in M. Steinschneider, « *Zeitschrift der Deutschen Morgenländischen Gesellschaft* », 5 (1896), 356 sgg.

(5) Tra le maggiori istituzioni scientifiche di tal genere ricordiamo la *Bayt al-Hikma* (= Casa della Sapienza), fondata a Baghdad dal califfo al-Ma'mūn (VIII secolo); la *Dār al-'Ilm* (= Casa della Scienza), fondata a Baghdad dal vizir Abū Naṣr Sībūr b. Ardāšīr (IX secolo) e attiva fino alla seconda metà del secolo XI; la *Dār al-Hikma* (= Casa della Sapienza), apparsa, a differenza delle precedenti, al Cairo, attiva fino alla scomparsa dei Fatimidi (1171 d.C.). Cfr. i contributi di D. Sourdel, in E.I. sotto le voci corrispondenti.

niche; nei secoli VIII e IX gli Arabi vennero a contatto con i nestoriani e con tale materiale: in alcuni casi, quindi il lavoro di traduzione in lingua araba non avvenne direttamente sull'originale greco ma su un testo intermedio in siriano (*).

Considerato che le opere alchemiche greche si sono conservate in lingua originale solo in modo parziale e frammentario, la tradizione orientale è per noi di estrema importanza: essa si è resa infatti veicolo di trasmissione di ciò che sarebbe stato irrimediabilmente perduto. Il valore della tradizione alchimistica islamica non si trova però unicamente in quest'opera di mediazione culturale tra Oriente e Occidente: lo studio dei testi ha dimostrato che gli alchimisti arabi, seppure, come vedremo, ancora legati ad un contesto filosofico e spirituale, abbandonarono gran parte delle speculazioni occultistiche e simboliche dell'alchimia greca e contribuiranno attivamente al progresso tecnico di questa disciplina.

È tuttora difficile tracciare una storia dell'alchimia araba, principalmente per due motivi: trattandosi di una scienza ermetica riservata agli iniziati, i testi sono volutamente oscuri e poveri di informazioni circa le matrici storiche e concettuali dell'alchimia stessa; del gran numero dei manoscritti conservatisi, inoltre, non molti sono stati pubblicati e non tutti compaiono nei cataloghi. La ricezione delle opere greche in territorio arabo, avvenuta come abbiamo visto tra l'VIII e il IX secolo, rimane a tutt'oggi poco chiara mentre le prime testimonianze letterarie in lingua araba appartengono già alla fine del IX e all'inizio del X secolo.

Premettendo che l'alchimia araba si presenta come un fenomeno estremamente complesso e che le teorie differiscono tra un autore e l'altro e talvolta tra gli scritti attribuiti allo stesso autore, possiamo delineare alcuni punti comuni e ricorrenti. Funzione dell'alchimia è la trasformazione dei metalli vili in metalli preziosi; più precisamente, citando la definizione del grande storico e filosofo Ibn Haldūn (secolo VIII/XIV) « l'alchimie étudie la substance (*maida*) qui permet d'obtenir artificiellement (*bi-y-sina'a*) la génération (*kaun*) complète de l'or et de l'argent. Elle explique également l'opération qui conduit à ce résultat » (†) Essa è una disciplina tecnica sostenuta da basi filosofiche e spirituali.

La base filosofica è costituita, generalmente, dall'idea aristotelica di una materia prima la quale, plasmata in diverse forme, diede origine ai quattro elementi (terra, acqua, aria e fuoco) che, a loro volta, in varie combinazioni, produssero ogni sostanza materiale. La trasformazione viene dunque considerata possibile poiché i vari tipi (*awwa'*) di metalli appartengono in realtà ad una sola specie (*ghna*) e differiscono unicamente negli accidenti (*ar'id*); tali accidenti non sono stabili ma in continua variazione: i metalli crescono all'interno della terra fino a raggiungere la perfezione dell'oro (secondo alcuni alchimisti tale processo è subor-

(*) Per uno studio dell'alchimia siriana risulta basilare il secondo volume di M. Berthelot, *La Chimie au Moyen Age*, v. nota 11.

(†) Cfr. Ibn Haldūn, *Discours sur l'histoire universelle (al-Muqaddima)*, trad. fr. di V. Monteil, III, Beirut 1968, 1153. Ricordiamo che comunque l'atteggiamento di Ibn Haldūn nei confronti di questa disciplina è estremamente critico, cfr. *Discours*, 1193 sgg.

dinato a particolari situazioni astrali); compito dell'alchimista è di ottenere in breve tempo ed « artificialmente » un processo simile a quello naturale.

La base spirituale si trova invece nell'analogia riscontrabile tra macrocosmo e microcosmo, Natura e Anima, derivata dalle teorie astrologiche babilonesi. Alcuni alchimisti intesero infatti la scienza di cui si occuparono come metodo di trasmutazione e rinascita della propria anima: la « fabbricazione dell'oro » diviene allora una metafora per la conquista di un'anima pura, restituita allo stato aureo ed adamitico della totale corrispondenza con il cosmo. Si è pertanto distinto tra un'alchimia spirituale e un'alchimia pratica, la quale sola si dovrebbe considerare una chimica in embrione, ma si tratta di una distinzione puramente convenzionale: fatta forse eccezione per Muḥammad ibn Zakariyyā al-Rāzī (*), nei vari autori i due aspetti si trovano inestricabilmente legati.

Esaminiamo ora i principali metodi di lavoro conosciuti dall'alchimista musulmano (**):

1) *Metodo basato sulla teoria dello zolfo e del mercurio* (dove i due termini non designano necessariamente i due elementi chimici corrispondenti ma i principi di infiammabilità e di fluidità): nel mercurio sono contenute acqua e terra, nello zolfo fuoco e aria; nelle due sostanze sono dunque contenuti i quattro elementi. Mescolandole e sottoponendole a calore si avvia un processo di trasformazione che produrrà i vari metalli, dal più nobile, l'oro, al più vili, piombo e antimonio. La necessità di sottoposizione a calore nasce come compensazione del minor tempo di cui l'alchimista, rispetto alla Natura, dispone.

2) *Metodo basato sulla dottrina delle relazioni di quantità* ('ilm al-mawāzin, presente in particolar modo nel *Corpus Galbrianum*): si determina il rapporto tra volume e peso in un determinato metallo; ricreando tale rapporto si otterrà lo stesso metallo.

3) *Metodo basato sulla teoria dell'elisir (al-ikār)*, la più importante; parte dal presupposto che i metalli vili non siano che metalli nobili malati; applicando l'elisir sul metallo precedentemente ridotto a materia prima (*al-sawād*) ovvero ad uno stato passivo, esso vi penetrerà come veleno trasformandolo in oro purissimo. La teoria dell'elisir si affermò profondamente in Occidente: la medicina e la farmacopea lo trasformarono nella « panacea », antidoto a ogni male e prolungatore della vita umana.

Sebbene un aspetto « scientifico » — senza addentrarci in una definizione di scienza *tout court* o di scienza antica in particolare — emerga già ad un primo

(*) Muḥammad ibn Zakariyyā al-Rāzī (864-925 o 935), più noto in Oriente per essere stato il massimo medico clinico dell'Islam, ebbe il merito di rifiutare ogni speculazione occultistica e simbolica e di prodiligere il metodo empirico. Il più celebre dei suoi testi, il *Kitāb al-ṣarīf*, venne tradotto in latino come *Liber Secretorum Bubacaris*.

(**) I tre metodi qui accennati sono riportati con esposizione più approfondita e con menzione dei testi arabi nei quali sono maggiormente rappresentati, in E.I. 1^a ed. e in E.I. 2^a ed. sotto le voci *al-kīmīyā* curate rispettivamente da E. Wiedemann e M. Ullmann.

esame di tali principali metodi di lavoro dell'alchimista musulmano, una conferma definitiva proviene dalla letteratura, resa almeno in parte accessibile varie decine d'anni orsono dai lavori di edizione e studio dei testi di Kraus, Ruska, Stapleton, Wiedemann e delle successive generazioni di studiosi. Ricordiamo brevemente che tali testi illustrano tra l'altro procedimenti chimici quali sublimazione, calcinazione, distillazione e cristallizzazione ed anche fabbricazione e lavorazione dell'acciaio, produzione degli inchiostri ordinario, simpatico e dorato, di lacche, mastici, perle e pietre preziose sintetiche. I testi del già citato al-Rizî appariranno anche allo specialista come veri e propri trattati di chimica, soltanto espressi in linguaggio alchemico.

Terminiamo questa sommaria introduzione all'alchimia islamica e alla sua influenza in Occidente con un'osservazione: pur non essendo questa la sede per approfondire scientificamente il contributo « chimico » dell'alchimia islamica né per discutere se esso sia stato solo casuale, possiamo però concludere che essa non fu, come si è a lungo supposto, solo un tentativo fallito di fabbricazione artificiale dell'oro ⁽⁹⁾ ma costituì al contrario un primo passo verso la chimica moderna; allo stesso tempo è necessario puntualizzare che sarebbe un errore considerare l'alchimia unicamente come una chimica in embrione. Se ciò può essere vero sotto il profilo strettamente empirico, risulta al contrario scorretto e riduttivo da un punto di vista più globale. La differenza tra chimica moderna e alchimia va cercata, a nostro parere, in un ordine non quantitativo ma qualitativo e se il metodo risulta in definitiva il medesimo, il significato differisce profondamente ⁽¹⁰⁾.

⁽⁹⁾ Gli alchimisti disprezzarono chi intese la 'fabbricazione dell'oro' in senso letterale e la perseguì nella pratica. Gli appellativi a concesso riservati dagli stessi alchimisti, secondo varie testimonianze letterarie, suonano in traduzione pressappoco « bruciacarboni », « catonai », « soffiatori » ed altro.

⁽¹⁰⁾ Per uno studio generale dell'alchimia si vedano innanzitutto A.J. Festugère, *Corpus Hermeticum*, I-IV, Parigi 1945 e il più antico M. Berthelot, *La Chimie au Moyen Age*, I-III, Parigi 1893. Per un approccio più tradizionale si vedano invece R. Guéron, *La Grande Triade*, tr. it., Milano 1980 (Parigi 1957), in particolare 100-106; T. Burckhardt, *Alchimia*, tr. it., Torino 1961 (Losanna 1960); M. Eliaze, *Arti del Metallo e Alchimia*, tr. it., Torino 1980 (Parigi 1977). Per un approccio psicanalitico si veda invece C.G. Jung, *Psicologia e Alchimia*, tr. it., Torino 1981 e M.L. von Franz, *Alchimia*, tr. it., Torino 1984 (Toconno 1980). Sull'alchimia islamica si vedano E. Wiedemann, *al-Himya'*, in E.I., 3^a ed. II, Leiden 1923, 1086-1076, e M. Ullmann, *al-Himya'*, in E.I., 2^a ed. V, Leiden 1986, 112-118, con l'ampia bibliografia in entrambi i contesti. Ulteriori indicazioni bibliografiche, ma solo per il materiale in lingua inglese, compaiono in A. Pritchard, *Alchemy, a Bibliography of English-language Writings*, Londra 1980. Di interesse risultano i contributi di A. Abel: *Précisions sur la méthode fondamentale des alchimistes arabes*, in *Atti del terzo Congresso di studi arabi ed islamici* (Ravello 1966), Napoli 1967, 1-5 e *De l'alchimie arabe à l'alchimie occidentale, in Oriente e Occidente nel Medioevo* (Convegno Internazionale 9-15 Aprile 1969), Roma 1971, 251-283. Sulle componenti culturali dell'alchimia araba si veda J. Needham, *Contributions of China, India and the Hellenistic-Syrian World to Arabic Alchemy*, in *Primitiva Naturwissenschaftliche Studien. Festschrift W. Harnow*, Wiesbaden 1977, 242-267. Un invito all'interesse per la tecnologia islamica tra il XII e il XVII secolo con particolare riguardo all'alchimia, alla chimica e alle tecniche ad esse collegate in Ahmad Y. al-Haman,

Science et Technologie en Islam, « Cultures », 7 (1980), 93-102. Un approccio terminologico comparativo in S. Mahdihassan, *Alchemy and Its Fundamental Terms in Greek, Arabic, Sanskrit and Chinese*, « Indian Journal for the History of Science », 16i (1981), 64-76, e dello stesso autore *Basic Terms Relative to the Origin of Alchemy*, in *Abdul Karim Sahitya Visual Communication Volume*, Dacca 1972, 31-55.

Su Gabir b. Hayyân si veda P. Kraus (M. Plesner), *Djâbir b. Hayyân*, in E.I., 2nd, II, Leiden 1963, 367-369 e anche, dello stesso autore, *Essai sur l'histoire des idées scientifiques dans l'Islam*, I, Textes Choisis, Parigi 1935 e *Jâbir ibn Hayyân, Contributions à l'histoire des idées scientifiques dans l'Islam*, « Mémoires de l'Institut d'Égypte » 44-45 (1942-43).

Su al-Râzi: G. Heyn, *Al-Râzi and Alchemy*, « Ambix », 1 (1938), 180-191; G.R. Partington, *The Chemistry of Râzi*, « Ambix », 1 (1938), 192-196; J. Ruska, *The Alchemy of Râzi's*, « Der Islam », 22 (1935), 281 sgg. Si veda inoltre la traduzione del *Kitâb sirr al-astâr* in Rhema, *Instructive Introduction*, tr. ingl. di H.E. Scapleton, R.P. Ayo e M. Hilayat Husain, in *Chemistry in 'Iraq and Persia in the Xth century B.C.*, « Memoires of the Asiatic Society of Bengal », 8 (1927), 354-355 e U. Karimov, *An Unknown Work of al-Râzi: «The Book of the Secret of Secrets»*, Tashkent 1947.

Sul latino Geber: J. Ruska, *The History of the Jâbir Problem*, « Islamic Culture », 11 (1937), 303-312; H.J. Holmyard, *The Identity of Geber*, « Nature », 3 (1923), 192 sgg.

Tra gli autori arabi che ci hanno trasmesso maggiori informazioni circa l'alchimia islamica sta innanzitutto Ibn al-Nadim che con la sezione del *Fihrist* (libro X) dedicata all'alchimia fornisce un catalogo di autori ed opere; tale sezione è stata tradotta in francese da M. Berthelet in *La Chimie*, cit., III, 26 sgg. e in inglese da J.W. Fück, *The Arabic Literature on Alchemy According to al-Nadim (887 A.D.): a Translation of the Xth Discourse of The Book of the Catalogue (= al-Fihrist)*, « Ambix » 4 (1951), 81-144. Utile inoltre Ihwân al-Safâ', *Rasâ'id*, ed. Bombay, II, 93; al-Mas'ûdî, *Murûj al-Dihab*, ed. Parigi, VIII, 175-177; Hâjjî Hallîf, *Kaif al-quran*, ed. Fâjel, V, 270 sgg. ed Ibn Haldûn, *Muqaddîma*, ed. Quatremère, Not. et Extr. XVIII, 229 sgg., trad. Monstl III, 1153-1172 e 1193-1207. Per un'introduzione generale all'alchimia, nonché alle altre scienze nell'Islam, si veda S.H. Nasr, *Science e civiltà nell'Islam*, tr. it., Milano 1977, in particolare 197-238.

SERGIO TIRA (*)

1628: l'antimonio di Torino ed il suo Autore (**)

1628: Turin Antimony and its Author.

ABSTRACT. — In 1628 a anonymous book appeared in Turin (Duchy of Savoy, Italy) dealing on the marvelous therapeutic virtue of antimony, particularly if "refined" by Vincenzo Solombrino belonging to the Society of Jesus, but not Jesuit Father, Solombrino himself was probably the author of the volume.

Nel 1628 viene edito in Torino « L'ANTIMONIO, cioè Trattato delle meravigliose virtù dell'Antimonio comune et particolarmente dell'Antimonio, che con rara preparazione si raffina hoggidi in Torino, con le annotazioni del Signor Filostibio ». Al frontespizio segue uno stemma ducale e l'indicazione « In Torino; per Ubertino Merulli, Stampator Capitolare. Con licenza dei Superiori. 1628. ». Il volumetto (15×21 cm) ha 86 pagine e copertina in pergamena naturale con riquadro e stemma in oro. Il testo è preceduto dalla dedica « Al Serenissimo Carlo Emanuele Duca di Savoia e Principe di Piemonte », a firma di Ubertino Merulli. Il Trattato risulta anonimo: « Filostibio », l'amico dell'Antimonio, è decisamente uno pseudonimo. Undici pagine iniziali raccolgono diciannove composizioni poetiche, di cui nove in italiano, sei in latino e quattro in francese, tutte volte ad esaltare le proprietà terapeutiche dell'antimonio, in particolare di quello « raffinato » a Torino da Vincenzo Solombrino, che « comparte vita immortal ». Secondo una interpretazione diffusa, l'Autore sarebbe lo stesso Solombrino [1, 2, 3].

Nel testo, senza indice, si possono individuare tre parti: la prima, di VII capitoli in 41 pagine, riferisce entusiastiche opinioni di vari autori, tutte elogiative dell'uso dell'antimonio in terapia, a cui l'autore entusiasta si associa. L'ultima parte, di sole due pagine, riferisce il modo d'uso del prodotto « raffinato » da

(*) Istituto di Chimica Organica, Facoltà di Scienze MPN della Università, Torino.

(**) Relazione presentata al II Convegno Nazionale di « Storia e Fondamenti della Chimica » (Roma, 16-19 settembre 1987).

Solombrino. Fra le due la descrizione di miracolose guarigioni ottenute prescrivendolo.

I LUOGHI.

« che si raffina oggi in Torino ». Nel 1628, Torino è da quarant'anni « metropoli dello Stato e seggia di luoro Altezze » [4], cioè Capitale del Ducato. Ha 5000 fuochi e 30000 anime, restando comunque « una piccola città medioevale, serrata dai bastioni e dai fossi di una munitissima piazza forte militare » [5], la cittadella che Emanuele Filiberto aveva voluto. I Padre Gesuiti, presenti dal 1565, vi hanno una Chiesa, un Collegio ed una ricca Biblioteca.

Nel « Trattato » quasi tutte le guarigioni si verificano in città o nei dintorni; Torino è ricordata una dozzina di volte. Nonostante questo, nonostante i fugaci accenni a qualche via e qualche locale, Torino è città deputata, mai protagonista; l'antimonio « raffinato » di Solombrino è casualmente torinese, ma poteva nascere in qualsiasi altra sede: il testo non accenna mai al laboratorio, alla residenza o alla vita del suo produttore. Torino è « per caso ».

IL SOVRANO

Carlo Emanuele I regna sullo Stato sabardo dal 1580 al 1630. Di lui, Nostradamus ha predetto sesso e nome, e che sarebbe stato « le plus grand capitaine de son siècle » [6]. Infatti regnò cinquant'anni, di cui trenta in guerra; « illustrò ed inorbidì due secoli » [7], « così attivo ne' maneggi, così nobile nei trattati, così prode nell'armi » [8], « continuando la politica del padre Emanuele Filiberto con una spregiudicatezza... che si intonava al suo carattere energico ed autoritario ed alla sconfinata ambizione » [9], di « crearsi uno stato grande e tale da conferire a chi lo governava il titolo di Re » [10]. La dedizione del « Trattato » è probabilmente dovuta anche al fatto che « credeva nell'astrologia » [11], e « stava volentieri a veder atillare essenze e comporre droghe a Giacomo Antonio Gromis che, fatto venire da Padova e creato da lui marchese, lo interteneva colla ricerca della pietra filosofale » [12].

IL MAESTRO.

Il primato di citazioni (dodici) nel « Trattato » spetta al Quercetano: lo segue Paracelso con otto; il primo risente decisa, nella sua « Farmacopea » del 1607, l'influenza di Paracelso, che lo precede di quasi un secolo (1493-1541).

Teofrasto dettosi Paracelso: genio o stregolattezza? E' vero che tiene le sue lezioni all'Università di Basilea in rozzo vernacolo tedesco, con il grembiule sporco da laboratorio, cingendo Azoth lo spadone avuto da un boia, che le termina nelle osterie con i suoi studenti *optimi combibones*, che brucia pubblicamente i testi

dei maestri della medicina galenica, che chiama i medici asini calzati e vestiti diventati ladri e malandrini che del suo sterco ne devono mangiare perchè egli è il Monarca della Medicina? Ma è anche vero che propone ogni malattia collegata ad un fenomeno chimico e non agli *umori peccanti*, che i temperamenti melanconico, flemmatico e gli altri non esistono, che si devono cercare e sperimentare farmaci nuovi da vegetali e da minerali (fra cui l'antimonio) e « stare giorno e notte al fornello senza tema di scottarsi e di sporcarsi », a « distillare estrarre calcinare sublimare separare ridurre coagulare » [13], iniziando così apertamente a combattere incancreniti concetti medioevali. Tanto che i concittadini scrivono sul suo monumento: « Medico, naturalista, filosofo, rinnovatore della medicina, padre della chemioterapia, promotore della biologia e della chirurgia, liberatore degli spiriti ottenebrati, esperto dell'etica medica, tenace pensatore ed utile cristiano, amico dei poveri » [14]. Per certo ha avuto il merito indubbio di scatenare la competizione fra vecchie e moderne vincenti teorie in medicina.

L'OGGETTO.

Oggi: « Antimonio è l'elemento chimico di simbolo Sb, numero atomico 51, peso atomico 121,6, bianco argenteo, fragile, che pesa circa 7 volte più dell'acqua e fonde a 630°C; non si altera all'aria, ma può bruciare con fiamma verdazzurra. Ha valenza +3 o +5, è il 58° in abbondanza sulla terra (1 parte per milione) specie come stibina, suo minerale, e trova impiego per leghe da saldare, da caratteri tipografici, ecc ». Purtroppo « il prezzo è legato a fatti militari, perchè entra in leghe usate dalla I Guerra Mondiale per granate a palle (*shrapnel*); il valore diminuisce nella fase interbellica, cresce nella II Guerra Mondiale, riscalda e poi risale per i fatti di Corea e gli eventi bellici seguenti » [15, 16].

Fortuitamente, nostri lontani avi lo ebbero per le mani: il frammento del vaso di Tello (Caldea), ora al Louvre, databile 2500 a.C., « è costituito da antimonio metallico, sensibilmente puro, con solo qualche traccia di ferro » [17]; di certo non lo conoscevano come tale, e forse lo confondevano con il piombo. Nasce nel 1748: Anton Svab lo isola e lo descrive [18]; così infine si chiarisce l'insistito equivoco, che persiste in ambienti parascientifici.

In effetti, l'antimonio o stibio degli antichi non è affatto l'antimonio odierno! L'antimonio dei classici è la « stibina », e cioè il suo solfuro Sb₂S₃: nell'errore — incolpevole ed in ottima compagnia — è naturalmente caduto anche l'Autore del « Trattato ».

Della stibina, prime informazioni dà — come d'altro! — la Bibbia: « Anche se vesti porpora e dipingi con stibio gli occhi, ti fai bella invano, i tuoi ammiratori ti hanno ora in disprezzo e vogliono la tua vita » [19]. Lo usano anche le egiziane per i graditissimi « occhi di mucca » che danno « l'aspetto sbarrato e protrudente tipico nel ritratto egizio » [20].

Più tardi nasce l'uso in terapia. Dioscoride nel I secolo d.C. scrive: « Lo stibio ha virtù di serrare i meati, d'infrigidare, di consumare la crescita della

carne, di cicatrizzare l'ulcere e di modificare l'ulcere e l'immondizie degli occhi: ristagna il sangue che procede dai panicoli del cervello » [21]. Plinio (23-79 d.C.) informa che « Si incontra anche una schiuma pietrificata bianca e brillante ma non trasparente: la chiamano stimi, altri stibi, altri alabastro e taluni larbasis. La sua proprietà è di stringere e rinfrescare, specie gli occhi: l'altro nome, flatioftalmo, nasce perchè dilata gli occhi delle donne che lo usano per truccarsi e perchè polverizzato con incenso e gomma calma i gonfiore e le ulcere dell'occhio. Ferma anche il sangue che fluisce dal cervello, è efficace contro le ferite fresche e contro le vecchie morsiature di cane se si cospargono della sua polvere, e contro le bruciatore, mescolato con grasso, spuma di argento, cerussa e cera » [22].

Sono le prime pagine; oggi « si potrebbe creare una biblioteca tutta di libri sull'antimonio » [23]. L'enorme interesse nasce dall'osservazione degli alchimisti di poter avere oro purissimo trattando il grezzo con il loro antimonio (= stibina), che reagisce con tutti gli elementi e lascia oro perfetto [24]. Lo chiamavano « bagno del Sole » e « bagno del Re » e l'antimonio — come Saturno che divorò i suoi figli — sarà il « Saturno dei Filosofi » e ne avrà il segno zodiacale.

Il boom dell'antimonio scoppia nel tardo Medioevo con l'opera di Paracelso ed un libro. In Italia si scrive: « Lo Stibio ha non solo virtù solutiva, ma ancora fa vomitare assai, del che non è memoria alcuna negli antichi scrittori e nei moderni, eccettuando un certo Teofrasto Paracelso, il quale è stato il primo che abbia scritto dell'uso dell'Antimonio per risolvere il corpo e per far vomitare in certo suo libro di medicina. Questo divino medicamento fa spesso volte miracoli senza incomodo veruno, e purga i metalli da ogni bruttura » [25]. Poi il « Carro trionfale dell'antimonio », stampato nel 1604 e attribuito al monaco Basilio Valentino, forse mai esistito, riferisce sperimentazioni valide e prepara derivati dell'antimonio, le cui virtù « un uomo solo non può perfettissimamente conoscere per la brevità della vita » perchè « somministra mirabili estrazioni che appena l'oracolo di Apolline lo potrebbe » [26].

Dopo Paracelso — « La forza dell'antimonio, accuratamente preparato, lo predestina per lebbra, alopecia, morphea, ferite, ulcere » [27] — il mondo medico si dividerà in due fazioni — Galenisti e Spagirici — in lotta su tutto: l'antimonio è uno solo degli argomenti di disputa. Nel 1566 il Consiglio della Facoltà Medica di Parigi decreta che l'antimonio è *deleterium* e da iscriversi fra i veleni i suoi preparati: decreto che si ripete nel 1603 e nel 1613, allargato a tutti i medicamenti chimici *dammata et interdicenda*; medici giovani ed anziani vengono radiati e forse qualcuno fu impiccato per disobbedienza. Ma il vento prende a girare: una Farmacopea francese 1638 ha « Vino emetico di antimonio » e nel 1666 la Facoltà parigina si rimangia i decreti; ognuno sia libero di usare antimoniali: l'antimonio non è più velenoso!

L'antimonio continua la sua strada, libero da freni. La prima Farmacopea Ufficiale d'Italia [28], elenca cinque sostanze ed un vino contenenti antimonio. L'introduzione di medicamenti meno a rischio induce un declino: l'ottava edizione della stessa Farmacopea (1986) riporta, unico, il « tartaro emetico »: non solo, ma si dispenserà dal tenerlo in farmacia. E' però da riconoscere che vengono

attualmente usati suoi derivati per il trattamento di elmintiasi e infezioni da protozoi: uno di essi appare specifico nelle leishmaniosi [29]. In tal senso « le indagini proseguono ».

L'AUTORE?

Circostanze, luogo e data della nascita e della morte di Vincenzo Solombirino (anche Salubirino) non si conoscono: nostri tentativi di appurarle sono rimasti infruttuosi. Nel « Trattato », alla pagina 13 fuori testo, si legge che deve essere « felice Forlì di aver prodotto questo raro spirito », e da altra fonte, Solombirino viene ripetutamente indicato « *foralviensis* ». L'anno di nascita oscilla, secondo fonti analoghe non identiche, fra il 1575 ed il 1580; l'Archivio della Curia Arcivescovile di Forlì non ha traccia dell'evento [30].

Se i primi anni della vita di Vincenzo Solombirino sono coperti di un velo buio, le cose cambiano decisamente nel 1600, anno che registra un evento decisivo nella sua vita. Per quanto ignoriamo la motivazione, fatto è che il 6 settembre 1600 (o il 15 agosto, secondo altra versione), Solombirino si presenta a Padri della Compagnia di Gesù della Provincia Milanese, e chiede, ed ottiene, di esservi ammesso come novizio. Da quel momento, secondo la prassi comune per i membri dell'Ordine, verrà istituita nei diari della Compagnia, una voce a lui intestata, aggiornata pressochè di anno in anno.

Le note, conservate presso l'Archivum Romanum Societatis Iesu in Roma, permettono di seguire nel tempo vita ed evoluzione dell'Uomo fino all'anno 1629, quando uscirà dalla Compagnia: gli ultimi anni non saranno facili per lui.

La prima scheda, datata 1601 *initio anni*, lo classifica novizio al secondo anno e *prefectus triclinii* [31], cioè responsabile della disciplina durante i pasti. Più completa l'informazione di due anni dopo [32] che lo dice appartenente al Collegio di Torino della Societas Iesu, forlivese, entrato il 6 settembre 1600, *infirmarius*.

Dal 1596 la Compagnia di Gesù gestiva a Mondovì (meno di cento chilometri da Torino) un Collegio staccato [33] ed il novizio forlivese evidentemente vi è trasferito perchè la nota proviene da quella sede; è indicato ancora *infirmarius* e, con un discreto salto di qualità, *dispensator*, che equivale al nostro economo [34].

Decisamente più ricche sono le informazioni dell'anno 1606 [35]: il novizio è ora a Genova ed il redattore lo dice forlivese, trentunenne, e che sa leggere e scrivere. Quest'ultima notizia è fortemente emblematica: se, da un canto, non gli segnala un titolo di studio, lo stacca decisamente dagli analfabeti come forse erano suoi colleghi, e lascia comprendere la sua assegnazione a mansioni di un certo, seppur piccolo rilievo, come abbiamo visto.

Nel 1608 Vincenzo Solombirino invia alla massima autorità della Societas Iesu, Sua Paternità il Padre Generale, che pro tempore era Claudio Acquaviva, napoletano, una lettera da Genova, datata 26 novembre 1608. In questa [36], il novizio esprime insistito « il desiderio mio del andare nel India a servire il mio dolcissimo Gesù e la sua santissima Madre » perchè « mi si cresce il desiderio

quando lo sento parlare di alcuni dei nostri che sono là nel India e mi si accende il cuore di una santa invidia di non essere lì ancora me per poterli sovenire nella suoi bisogni al servizio di dio ».

Pressato da questo suo desiderio missionario, nel giorni appresso, ora da Torino, riscrive ancora al padre Generale (certo sa l'impegno del medesimo per creare missioni sia in Asia che in Europa), ripetendosi ed aggiungendo « di mandarini una volta in quelli paesi dove mi sento da Dio chiamato, già da anni sono che io ho questa santa vocazione e questo non già dimando per causa che colà ci sia il mio zio e fratello Agostino Solombrino, perchè prima che lui vi andasse io aveva ancora questa santa vocazione » [37]. (E' rilevante notare che lo stile delle lettere 1608 è decisamente più rozzo e scoretto di quanto sia poi quello del « Trattato » di vent'anni più tardi: può esser lecita la eventuale supposizione che, per quest'ultimo, ci sia stata una revisione di qualcuno o che addirittura l'Autore non sia la stessa persona, a meno che studi proseguiti nel ventennio abbiano migliorato di molto lo stile di Solombrino). Alla ripetuta richiesta non vi fu, o non si trova, risposta.

Nel 1611 Vincenzo è ancora a Torino, ed al suo nome si legge [38] che è entrato nell'ordine il 15 agosto 1600 in buon accordo con la data precedente e che è forlivese, ha buona salute (*firmè forze*), che è sacrestano, mentre le notizie del 1622 [39], dove compare un'età (45 anni) che probabilmente è un errore di trascrizione, insieme a un giudizio sulla sua possibilità di essere adatto a tutte le incombenze (*omnia fere ministeria*) danno una notizia importantissima: che ha fatto il penultimo voto. « Io Vincenzo Solombrino prometto all'onnipotente Iddio, in presenza della sacratissima Vergine sua Madre, et di tutta la Corte Celeste, et a voi R.do Padre Girolamo Dandino tenere il Luogo di Dio perpetua povertà, castità, et obediènza; conforme al modo espresso nella bolla, e costituzioni di essa Comp.a in Genova li 2 di febrato del 1622. nella Chiesa della Comp.a di Giesù. Io Vincenzo Solombrino prometto come sopra » [40]. E' il voto perpetuo: manca ancora il voto di obbedienza speciale al Papa, necessario per diventare Padre Professo, il « vero » S.J. a cui Solombrino non arriverà mai: è quindi erronea la definizione di Padre Gesuita, come si ritrova ripetuta nel « Trattato ». Resta oscura la ragione che per la pronuncia di questo voto, che di solito i Fratelli Laici della Compagnia di Gesù fanno abitualmente dopo una decina di anni nell'Ordine, Solombrino ne abbia atteso ventidue. Perplexità, incertezza, o non accettazione da parte dei superiori?

La prima notizia di allarme è ancora del 1622 [41]: Solombrino viene definito « Uomo prudente atto ad ogni cosa, ma non volenteroso per quelle di poco conto (*non ad inferiora propensus*) ».

Da Genova passa a Torino, dove però incominciano i guai. Il Rettore torinese [42] scrive che è « Uomo buono, però a modo suo (*sui tamen iudici*), che sfugge talora al lavoro. Atto al compito di infermiere, perchè ha il senso della carità. Si desidera da lui una maggiore umiltà. E' *nerbosus*. Talora lento ad obbedire. Di complessione collerica ».

Ancora più duro [43] il profilo del 1628, l'anno del « Trattato », che dice « Di

ingegno valido, ma tanto caparbio che riesce difficile da dirigere. Sono di ogni giorno sue dispute con i superiori. Si deve vigilare sulle sue azioni. Se volesse, potrebbe essere di valido aiuto ai malati ».

Nel 1629 la tempesta è scoppiata: è la massima Autorità dei Gesuiti, il Padre Generale della Compagnia, che il 3 febbraio scrive [44] al Padre Provinciale di Milano: « Del fratello Vincenzo Solombrino sento sempre peggior nuove, in modo che giudico che non si debba più tollerare. V.R. veda per carità di mandarlo quanto prima a casa sua, et egli poi sbrigherà la querela venuta da Forlì contro di lui per quel debito ». La firma è di Muzio Vitelleschi, sesto Generale, nell'ordine, della Societas dal 1615 al 1645, sotto la cui giurisdizione si svolgerà rapidamente il « caso Solombrino ». Il 3 marzo dello stesso anno, da Roma si insiste ancora: « Se Solombrino se ne andrà, farà molto bene per la Compagnia » [45].

Nella « querelle » si inserisce il Rettore di Torino — ma certo doveva essere intervenuto già in precedenza — all'epoca Ferrando Ludovico di San Martino; non sappiamo che cosa abbia scritto il 16 giugno perchè la missiva è andata persa o è stata distrutta, ma certo la risposta da Roma è durissima ed indicatrice; si profila per la prima volta il fallo di Solombrino. Sua paternità scrive (6 luglio 1629): « Ho veduto quanto V.R. dice nella sua delli 16 di giugno, e starò aspettando che il P. Provinciale mi scriva intorno a quel fratello, che Iddio gli perdoni per il pericolo nel quale ha posto il buon nome della Compagnia. V.R. ha fatto benissimo a stringerlo secondo l'ordine del P. Provinciale, e appresso vedremo; intanto è bene che faccia penitenza dell'error suo. Il male che vien cagionato da quell'antimonio mostra che habbiamo fatto bene a mandar via quel fratello. Iddio che può aiuti e sia sempre in compagnia con V.R. » [46].

Ed ancora, l'11 di agosto [47]: « Ho la lettera di V.R. delli 21 di luglio intorno al negotio di quel fratello (Solombrino?) quale ha errato gravemente e li secolari che forse l'hanno saputo non resteranno edificati se vedessero che nella Compagnia si passano con leggera penitenza simili errori. V.R. concorra col suo buon zelo al condegno castigo del fratello sin che il P. Provinciale dichiarò altro et habbia patientia dell'incommodo mentre non può far altro e bisogna sodisfare alla giustizia et alla coscienza ».

La lettera non è chiara, in mancanza di quella da Torino, ma un successivo documento [48], sempre del Vitelleschi, questa volta indirizzato al Padre Provinciale a Milano, è decisivo: « Ha V.R. fatto molto bene a prohibire l'antimonio e niuno doverà senza licenza particolare del medico usarlo e doverà averla ogni volta (*toties quoties*) ».

« La commedia è finita: il nome di Solombrino scompare dalla scena della Societas Iesu: un'ultima scheda, quella del 1629-30 lo dà *dimissus* [40]; senza la data e senza la ragione. Uscito dalla Compagnia di Gesù — e dai suoi precisi registri — di Vincenzo Solombrino si perdono le tracce; gli sopravvive solo il « Trattato ».

LA TOSSICITÀ.

Tossico l'Antimonio? Certo è che « 4-5 once di vino antimonico, corrispondono a circa 0,65 grammi di Tartaro emetico, la cui dose mortale è oggi fissata a circa mezzo grammo, dose sempre abbastanza elevata per non destare plausibili apprensioni » [50]. Per cui poteva essere valida la raccomandazione di non dare antimoniali nè a pazienti poco robusti nè a medici men che esperti.

* * *

Solombrino ha ben recepito due degli assiomi di Paracelso: la fiducia quasi cieca nel farmaco e l'opera del medico apostolato d'amore. Dell'Antimonio « raffinato » da lui « servarsi il bisognoso e languente, delle fatiche dell'artefice prontissimo a parteciparle a chiunque a honore et gloria di S.D.M. » E gli costava pur caro, per la resa bassissima (875 grammi da 60 chili di stibina!) e « massime per le molte cariche di carbone ».

Meno facile il giudizio come operatore, perchè, pur non infiorandosi delle allegorie inquinanti facili agli alchimisti, li supera in segretezza: il « suo » Antimonio è « un misto minerale composto di più sorte diverse contrarie a tutti gli umori radicati insieme ». E scrive chiaro « Tanto e non più; in altro tempo per avventura si risolverà di manifestare i segreti e maniera tutta da adoprarsi per far quest'opera » [51]. E così ci lascia.

* * *

Il grazie massimo alla prof. Maria Franca Mellano, che ha con pazienza, intuito ed intelligenza esaminato i documenti messi a disposizione dai Padri Lammle SJ e Gramatowski SJ dell'ARSI di Roma. Anche grazie a Mons. Fauti della Curia Arcivescovile ed alla dott. Celli dell'Archivio di Stato di Forlì ed al Bibliotecario del Centro Teologico Pastorale di Torino che diede le prime valide informazioni.

BIBLIOGRAFIA

- [1] THORNDIKE L., *A History of Magic and Experimental Science*, vol. VIII, pag. 89, Columbia Univ. Press, New York, 1958.
- [2] VAN LINDSEY J., *Chimica Vauvax*, pag. 11. Longo, Ravenna, 1985.
- [3] BRUGNIGNETTI A., *Malati, medici e farmacisti*, pag. 483, Hoepli, Milano, 1947.
- [4] RIZZARRI D., *Rassegna Torino*, pag. 868 (1950).
- [5] CHIAUDANO M., *ivi*, pag. 823.
- [6] GUALINO L., *ivi*, pag. 810.
- [7] CURTI G., *Carlo Emanuele I*, pag. VIII. Rebecchini, Milano, 1894.
- [8] MANZONI A., *I promessi sposi*, cap. 27.
- [9] MONTANELLI I. e GERVASO E., *Storia d'Italia*, vol. XIV, pag. 518, Rizzoli, Milano, 1975.
- [10] MUGETTI S., *Rassegna Torino*, pag. 806 (1950).
- [11] RICOTTI E., *Storia della Monarchia Piemontese*, vol. III, pag. 315. Barbèra, Firenze, 1865.
- [12] RICOTTI E., *ivi*, pag. 329.
- [13] SUDHOFF K., *Paracelsus sämtliche Werke, partim*. Verlag Oldenburg, Monaco, 1922-1933.
- [14] Testo scelto da L. Birschlèr per il monumento eretto nel 1941, in Einsiedeln, nel Cantone di Schwitz, capoluogo di Etnel, dove Paracelso è nato.
- [15] *Dizionario Enciclopedico Treccani*, Roma 1970: ed altri.
- [16] MCGRAW-HILL, *Encyclopedia of Science and Technology*, USA 1960: ed altre.
- [17] BERTHELOT M., *Introduction a l'étude de la Chimie des anciens*, pag. 196 e seg. Steinheil, Paris, 1889.
- [18] SVAB VON A., *Recueil de Mémoires de Chimie*, Vol. I, pag. 166 e seg.
- [19] *La Bibbia*, Geremia, 9, 50.
- [20] WRENS M.E., *J. Chem. Education*, 33, 96 (1956).
- [21] MATTIOLI P.A., *Nelli sei libri di Pedacio Dioscoride*, pag. 1405. Alberti, Venezia, 1604.
- [22] PLINIO IL VECCHIO, *Naturalis Historia*, XXXIII, 101.
- [23] M.L. e DUPRENOY J., *J. Chem. Education*, 27, 597 (1950).
- [24] VALENTINO B., *Practica cum duodecim ...*, Francoforte e Lipsia, 1749. Tract. I, pag. 393, ed altri precedenti.
- [25] MATTIOLI P.A., *ivi*.
- [26] GABRIELE M., *Il Cocchio Trionfale dell'Antimonio di Basilio Valentino*, pag. 83. Mediteradec, Roma, 1978.
- [27] Vedi [13], in « Antimonialum ».
- [28] *Farmacopea Ufficiale del Regno d'Italia*, pag. 212, Roma, 1892.
- [29] CRAIG C.R. e STITZEL R.E., *Modern Pharmacology*, pag. 700. Little, Brown & Co, Boston, 1982.
- [30] Comunicazione personale di cui si ringrazia.
- [31] Archivum Romanum Societatis Iesu (ARSI), *Med.* 47 f. 156.
- [32] ARSI, *Med.* 47 f. 181v n. 2.

- [33] CASALEIS G., *Dizionario degli Stati di S.M. il Re di Sardegna*, vol. X, pag. 644. Maspéro, Torino, 1842.
- [34] ARSI, Med. 47 f. 198.
- [35] ARSI, Med. 47 f. 218v n. 26.
- [36] ARSI, Fondo Ges. 734 n. 228.
- [37] ARSI, Fondo Ges. 734 n. 231.
- [38] ARSI, Med. 48 f. 17.
- [39] ARSI, Med. 48 f. 210 n. 28.
- [40] ARSI, ITAL. 43.
- [41] ARSI, Med. 48 f. 211v.
- [42] ARSI, Med. 49 f. 61v n. 36.
- [43] ARSI, Med. 49 f. 131 n.
- [44] ARSI, Med. 25, II, f. 593-593v.
- [45] ARSI, ivi, f. 602.
- [46] ARSI, ivi, f. 631.
- [47] ARSI, ivi, f. 639.
- [48] ARSI, ivi, f. 662.
- [49] ARSI, Med. 1, f. 161v.
- [50] PAZZINI A., *Storia dell'arte sanitaria*, pag. 1040. Minerva Medica, Torino, 1974.
- [51] Fra virgoles le citazioni dal «Trattato».

ANGELO BASSANI (*)

Il controllo di qualità del sapone nella Repubblica di Venezia (**)

Soap Quality Control in the Republic of Venice.

ABSTRACT. — Venice has been a very important center for the manufacture of an excellent, white, hard soap for many centuries. In order to control the trade of raw materials (i.e. oil, ashes, quicklime, fire wood) and of manufactured goods its production was strictly forbidden outside the «Dominante». For economic and fiscal reasons the Venetian Government and its Agencies (Magistrature) were strongly committed to maintain a good quality standard establishing a mechanism of trademarks, preventing manpower emigration and developing means of technical control.

For the sake of brevity only the last ones will be discussed here. You will realize that, apart from the latest analytical tests, the old means for assaying the product were almost equivalent and as effective as the modern ones; craftsmen competence, too, was great and wide spread.

Non è arbitrario suddividere la storia della produzione di sapone in due periodi, la cui separazione può essere individuata tra la fine del '700 e i primi anni dell'800. Fino ad allora tale manifattura dipendeva dalla disponibilità di risorse di origine vegetale (la soda e la potassa si ricavano rispettivamente dalle ceneri di piante marine o continentali, mentre il grasso di partenza era soprattutto l'olio d'oliva) e dalla conoscenza empirica del procedimento di fabbricazione, conoscenza che, peraltro, con l'accumulo secolare di avanzate esperienze e di dettagliatissime osservazioni, aveva raggiunto una piena padronanza di tutte le fasi del processo.

Alla fine del '700 lo sviluppo tumultuoso delle conoscenze tecnico-scientifiche mette a disposizione della nascente industria moderna tecnologie, materie

(*) Gruppo di Didattica delle Scienze, Università di Venezia.

(**) Relazione presentata al II Convegno Nazionale di «Storia e Fondamenti della Chimica» (Roma, 16-19 settembre 1987).

prime, competenze e procedimenti sufficientemente distinti dai precedenti: e anche se sarebbe errato sostenere che, a parte il momento di svolta cui si è accennato, non vi siano state anche in passato evoluzioni tecniche o differenze produttive in relazione alle condizioni delle diverse aree geografiche, occorre comunque riconoscere che esse sono avvenute entro un quadro generale che è rimasto per secoli costante e che giustifica sia l'individuazione di una demarcazione che la scelta di limitare l'esposizione alla tecnologia in uso fino alla fine del '700.

Dalla selezione delle materie prime al trattamento del prodotto finito i vari momenti della produzione di sapone meriterebbero ognuno una trattazione dettagliata che i limiti di spazio non consentono e che viene pertanto rinviata ad altra sede. Si è quindi scelto di portare qualche contributo alla comprensione delle tematiche inerenti al problema del controllo di qualità in un centro — Venezia — che è stato fin dalla fine del medioevo uno dei luoghi di produzione più noti, assieme ad Alicante, Marsiglia, Napoli, Genova ed altri centri minori, quali Gaeta, Gallipoli e Savona. In epoca più tarda fabbriche di sapone vennero installate in Inghilterra ed in Olanda (1).

La circostanza che le località interessate sono tutte marittime e sedi di porti di notevole rilevanza suggerisce di fare qualche considerazione prima di entrare direttamente in argomento. La produzione di sapone è infatti una tipica attività di trasformazione il cui sviluppo dipende più dall'esistenza di correnti di traffico, di facilitazioni portuali e dal loro controllo che dalla semplice disponibilità di materie prime. Queste ultime — olio e soda — provengono dall'Europa meridionale o dalle coste nordafricane e medio-orientali del Mediterraneo.

Non vi è dubbio, come risulta da varie testimonianze (2), che la manifattura su piccola scala sia stata molto diffusa in Siria ed in generale in tutto il bacino del Mediterraneo meridionale, ma la grande produzione si è avuta nelle città dove confluivano grandi trasporti di olio e ceneri, prodotti che avevano usi diversi. A Venezia in particolare la produzione vetraria richiedeva importanti quantità di soda ed elevato era il traffico dell'olio che, oltre ad essere esportato particolarmente nell'Italia del nord ed in Germania, trovava largo impiego come alimento, nell'illuminazione e nel trattamento della lana. In proposito anzi va osservato che il costituirsi, nella seconda metà del duecento, del lanificio e del setificio come attività industriali (3) creava una domanda di sapone di tipo diverso dal-

(1) Per una buona introduzione al tema vedi GISS F.W., *The History of the Manufacture of Soap*, in « *Annals of Science* » 1939-40, 4, 169-190; PASTINGTON J.R., *A History of Chemistry*, London, 1961; MARAZZA E., *L'Industria Saponiera*, Milano, 1896.

(2) Cfr. ad es.: DEHERMERY C. e SANGUINETTI B.R. (Ed. e trad.), *Voyager d'Ibn Batoutah*, Paris 1874, T.I., pag. 145: breve accenno alla fabbricazione di sapone in pani a partire da olio di oliva.

(3) Intorno alla metà del '200 queste manifatture dovevano aver raggiunto una certa efficienza ed importanza economica: lo stato dell'arte del lanificio è del 1296 e di dieci anni posteriore quello del setificio, la cui attività ricevette nel 1310 un vigoroso accrescimento in seguito all'immigrazione di famiglie lucchesi, esperte nel ramo, in fuga dalla loro città in

l'igiene personale (poco praticata) o dal lavaggio degli abiti (poco frequente anche per la ridotta possibilità di cambi).

A un certo stadio della loro lavorazione questi tessuti devono essere sgrassati e ciò non si può fare con sostanze a forte reazione alcalina (acqua di calce o liscivie) che comportano idrolisi e conseguente deterioramento della fibra. Per la lana si è sempre usata l'argilla^(*), ma la disponibilità di sapone rendeva le operazioni assai più facili ed efficaci. Questi problemi della detergenza erano ben noti ed esistevano nei capitolari delle arti precise disposizioni operative: ai lanaioli padovani per esempio era prescritto « che non si possi purgar alcun drappo con altro che con savon negro o terra (argilla smectica) e non con acqua forte (soluzione alcalina) »⁽²⁾.

Se poi le matasse o i tessuti dovevano esser sottoposti a tintura l'uso di un buon sapone diveniva essenziale per l'omogeneità della colorazione, per la durata e stabilità, per la resistenza ai lavaggi.

Non stupisce quindi che la situazione politica, l'esperienza commerciale, la competenza tecnica nel manipolare le materie prime, la varietà e la molteplicità delle fonti di informazione e il costituirsi di un vero e proprio mercato abbiano posto rapidamente Venezia in una posizione di preminenza nella produzione e nel commercio di questo prodotto.

Il rilievo economico che rapidamente acquistò tale attività produttiva la rese oggetto della massima attenzione da parte delle autorità veneziane: per un verso infatti la sua importanza come componente del traffico d'olio, cui rimase strutturalmente subordinata per tutto il periodo in esame, per l'altro la facilità con cui poteva venir eseguita la fabbricazione, anche a partire da cencri di pianto continentali, da grassi animali o oli di lino o di vinacciolo, imponevano alle magistrature responsabili un accurato controllo a fini fiscali dei flussi di materie prime e del prodotto finito, ma anche una occhiuta sorveglianza volta a impedire ogni attività fuori delle isole di Rialto e S. Marco, unici siti, dello « Stato da Terra e da Mar »⁽³⁾, dove tale produzione era consentita, anche allo scopo di mantenere buone e inalterate le caratteristiche del manufatto.

La facilità di sofisticazione del sapone deve aver posto abbastanza presto il problema delle adulterazioni, delle frodi, e del controllo di qualità, non appena la produzione uscì dall'ambito domestico e dall'autoconsumo diventando un pro-

questo appartenenti alla fazione scoffina nelle loro intestine. Cfr. BRUNELLO F., *Arti e mestieri a Venezia nel Medioevo e nel Rinascimento*, Vicenza 1980, pag. 113 sgg.

(*) Tra le più antiche descrizioni segnaliamo quella di PLINIO, *Naturalis Historia*, XXXV, 196.

(1) Statuto del 12 ottobre 1392, citato in BOBONICCI M., *L'arte della lana in Padova durante il governo della Repubblica di Venezia*, Deputazione di Storia Patria per le Venetie, Miscellanea di Studi e Memorie, Venezia 1964, Vol. X, pag. 147.

(2) Archivio di Stato di Venezia (ASV), *Senato Terra*, reg. 10, 9 ottobre 1489, c. 170: si tratta del primo decreto in cui si fa espresso divieto ai Veneziani di produrre sapone fuori di Venezia.

dotto di interesse commerciale e, come si è visto, importante per altre attività produttive.

Nell'ambito veneziano, come del resto anche altrove, il fine di avere un prodotto di buona qualità venne perseguito sia attraverso disposizioni legislative dirette a reprimere le varie contraffazioni, sia attraverso un controllo di qualità affidato ai capi maestri dell'arte; ma converrà soffermarsi, per brevità, solo su quest'ultimo aspetto. La buona qualità del sapone veneziano — ovunque riconosciuta — era assicurata dall'obbligo di impiego esclusivo di olio come materia grassa, ma anche dalla conoscenza delle frodi e dei difetti possibili e dalla perizia dei produttori, dei commercianti e degli utenti professionali, laziali, setaioli, tintori ecc. Essi erano in grado di valutare la cottura, la stagionatura, l'efficacia detergente e la presenza di sostanze più o meno inerti aggiunte per aumentare il peso del prodotto. Su quest'ultima sofisticazione, cui peraltro si accenna in un proclama del 1505 (1), uno dei primi riferimenti espliciti è contenuto nell'istanza presentata davanti al Senato da esponenti di una famiglia patrizia con grossi interessi nel ramo:

« Noi della famiglia e discendenti de Cha Vendramin compartecipi...

Appresso si gravamo ancora che alcune falsità che si fano in questa Città in fabricar ditti savoni et sono introdotte da poco tempo in qua cioè con meterli terra dentro et altre cose che pesano la qual falsità è causa che portati in l'Alemania e Lombardia et altri lochi perde la reputazione delli savoni fatti in questa città con modi ingiusti e inconvenienti, onde speramo che essendo queste nostre proposte de importanza la farà quella presta e resoluta deliberazione che si conviene a questo negozio... » (2).

Accogliendo il punto di vista dei ricorrenti il Senato stabilisce il divieto di far sapone « con falsification di terra o altra cosa di peso che non fosse semplice oglio », disposizione che verrà poi ripetutamente ripresa. La sofisticazione del prodotto con materiali « terrosi » era molto diffusa. Così ad esempio riferisce il poligrafo del '500 Tommaso Garzoni:

« Nondimeno anco in quest'arte si fa di grandi inganni, et frodi, falsificando i saponi bianchi et neri in più maniere, con terra da boccali, con quella Vicentina da maioliche, con allume catino, con farina d'amito, et con altre furberie, le quali si scoprono agevolmente, quando il sapone si mette in acqua, imperocchè non resiste come il primo, anzi si disfa tutto, benchè faccia l'effetto di purgare et mundare, come fa ancora l'altro » (3).

E' opportuno ricordare qui, come annota il Garzoni, che l'aggiunta di materiali inerti non peggiora sempre di per sé le qualità del sapone che può quindi

(1) ASV, *Consoli del Mercanti*, f. 58, 10 luglio 1505, ad datam.

(2) ASV, *Senato Terra*, l. 29 giugno 1569, ad datam.

(3) GARZONI T., *La piazza universale di tutte le professioni del mondo*, Venezia 1595, pag. 336.

mantenere le sue proprietà: si tratta di una frode commerciale, non di una dequalificazione del prodotto. Occorre tra l'altro tener presente che, a parte la produzione su larga scala di cui ci stiamo occupando, era assai estesa la consuetudine di preparare saponi aggiungendo profumi, oli essenziali, estratti di piante, sostanze minerali alla miscela di reazione o al prodotto finito, previa dissoluzione in acqua o per miscelazione a freddo dopo averlo ridotto in polvere. Tutto questo per sottolineare che l'alterazione del prodotto era un procedimento assai semplice e effettuabile da chiunque, durante o dopo la fabbricazione.

L'aggiunta di materiali terrosi era così diffusa da indurre la magistratura competente del ducato di Milano ad emettere una « grida » sulla materia, grida che è facile supporre abbia avuto lo stesso destino di quelle di manzoniana memoria. Ricordando le frodi scoperte nella produzione locale che viene vietata e considerando che

« il maggior male s'è riconosciuto procedere da che questi tali fabbricatori, o compositori di Sapone pigliano del Sapone buono venuto da Venezia, o Genova, e lo spezzano, e squagliano mettendolo nelle Caldare poi aggiungendovi delli altri ingredienti cattivi in particolare robba chiamata Giarra la quale costa poco, et con quella accrescono il Sapone così nel peso, come nella grossezza del corpo, ma poi resta il Sapone inefficace, et dove bastano cento libre di Sapone buono, ve ne vogliono cento trenta tre, e trentaquattro, e forse più di quello così composto, prohibiscono detti Signori a chi si voglia il spezzare, o squarciare... » il prodotto estero sotto pena di confisca e distruzione ⁽¹⁰⁾.

I magistrati milanesi erano disposti ad impedire la fabbricazione nazionale e a scontare il relativo deficit commerciale pur di avere un prodotto affidabile. Non è azzardato pensare a questo punto che tale sofisticazione deve essere stata una prassi piuttosto comune e non un fatto occasionale legato all'avidità dei produttori, all'inefficienza dei controlli e all'imperizia degli utenti o a particolari situazioni fiscali o commerciali. Non è improbabile che essendo state le argille tra i primi detergenti usati, sia sotto il profilo igienico, sia nel trattamento delle lane durante la follatura, esse siano state impiegate dapprima assieme al sapone e che in seguito, allorché questo prodotto cominciò a diffondersi, visto il buon risultato, siano state mescolate ad esso prima dell'uso o addirittura durante la fabbricazione. Esse sono state utilizzate anche in epoca moderna come ad esempio viene descritto nelle estese note di commento di L. Rossi nella sua traduzione dei « Chemical Essays » di S. Parkes: « ... Una eccellente vena di questa argilla o piuttosto marga, trovasi nel regno nostro presso Autonzo, e tanto bene se ne è riconosciuta la proprietà, che più volte se ne è fatta entrare, massime a Venezia, una parte nella composizione del sapone, per la qual cosa si sono nel traffico promosse grandi lagnanze » ⁽¹¹⁾.

⁽¹⁰⁾ MARAZZA E., *op. cit.*, pag. 108, 13 Dicembre 1679.

⁽¹¹⁾ PARKES e MARTIN, *Saggi chimici sulle arti e manifatture della Gran Bretagna, tradotti nuovamente dall'inglese dal cavalier Luigi Rossi*, Milano 1820, Vol. III, pag. 400.

Forse non è fuori luogo osservare che a tutt'oggi vengono aggiunte percentuali di bentonite ai detersivi ed è disponibile in commercio del sapone con argilla ritenuto avere effetti benefici sulla pelle.

Com'è ovvio questa frode non riguarda solo il sapone veneziano o le sue imitazioni. È frequente trovare nei testi del '700, che oggi definiremmo di chimica applicata, numerosi riferimenti alla materia. Per esempio Chaptal nel suo « *Chimie appliquée aux arts* » riporta quanto segue:

« Les sophistications les plus ordinaires qu'on se permette sur les savons, sont les suivantes: d'abord, lorsqu'il est fait, et avant d'être coulé dans les mises, on lui fait prendre une très-grande quantité d'eau, ce qui lui donne de la blancheur. Souvent, on y incorpore de la poudre de chaux, du plâtre cuit ou de l'argile tamisée et blanche.

La première de ces fraudes se reconnoît aisément par le déchet qu'éprouve le savon qu'on laisse exposé à l'air pendant quelque temps.

La seconde ne peut être rendue sensible que par la dissolution du savon à grande eau, car alors les matières terreuses se précipitent » (12).

Chaptal, come si vede, ricorda altresì il secondo tipo di frode, anch'esso frequentemente praticato. Il sapone cotto secondo le regole contiene all'incirca un terzo di acqua e in queste condizioni anche dopo parecchio tempo dalla cottura la perdita per evaporazione si aggira intorno al 3-4%, ma se alla fine della cottura si aggiunge acqua, durante il raffreddamento la massa si rapprende egualmente e non differisce molto come consistenza dall'altro sapone. Della frode ci si accorge a distanza di tempo (8-10 giorni) sia per l'aspetto che per la diminuzione di peso.

Qualche testimonianza in proposito si trova anche a Venezia. In una relazione presentata nel 1746 ai Consoli dei Mercanti sulle modalità produttive impiegate nei saponifici della Repubblica questa sofisticazione viene così descritta:

« Quando il Fabricatore voglia cercar maggior profitto nella sua Fabrica procura di restringer l'oglio qualche giorno prima del solito, e questo si fa con acque violenti, ma quando non sta a fuoco, et aque regulate il tempo d'un mese circa, come veramente si deve fare, resta scarso della necessaria cottura, et oltre ciò lo lascia più abbondante d'aque dolci nel fine, o pure d'aque leggiere chiamate dà fabricatori driane, le quali restano poi incorporate col sapone, e gli dà peso più del dovere, con danno de compratori, ed utile proprio » (13).

(12) CHAPTAL J.A., *Chimie appliquée aux arts*, t. IV, pag. 360, Paris 1807.

(13) ASV, *Consoli dei Mercanti*, b. 60, 23 marzo 1746, ad datum. I Consoli dei Mercanti, una delle magistrature più antiche, condividevano con altre la vigilanza su questa manifattura: ad essi spettava prevalentemente il controllo di qualità; i Provveditori sopra Oli, istituiti in epoca successiva, si occupavano soprattutto dell'olio consumato nella fabbricazione a fini fiscali, i Cinque Savi alla Mercanzia del commercio. Vedasi la *Statistica di tutte le corporazioni d'arti e mestieri presenti a Venezia nel 1773* pubblicata in SACEROTTI A., *Sulle consuetudine delle arti edificate in Venezia*, Venezia 1856.

Anche a Venezia quindi, né ci si aspetterebbe il contrario, le adulterazioni erano frequentemente praticate. Ma non erano solo questi i difetti possibili del sapone. Potevano esservi anche problemi dipendenti dalle modalità di cottura: eccesso di sostanze alcaline, olio non combinato, surriscaldamento della massa e così via.

Una prima serie di osservazioni veniva condotta rilevando i cosiddetti caratteri organolettici, odore, colore, aspetto, gusto, consistenza, compattezza, stagionatura.

Sul risultati di queste prove ci fornisce qualche indicazione la « inquisizione sulla qualità e commercio dei saponi » ordinata dai Provveditori sopra Oli nel 1761, periodo in cui la produzione si svolgeva in regime di monopolio su cui più avanti ritorneremo. Dai rapporti pervenuti risultava per esempio: « Le due pezze Savon Fabrica del S. Sebastian Fava ritrovato mal cotto, di poco buon odore, e d'inferior qualità » (Venezia 26 lug. 1761); « Veramente mi comparisce non corrispondere da un'anno in quà alla qualità buona degl'anni andati li saponi da costì pervenuti sendo assai mole, ed umida la qualità stessa... » (Crema 2 sett. 1761); « Il sapone che questi Bottegari prevedono a cotesta parte posso assicurare VV.EE. senza verun'esitanza che non è della qualità che per inanzi veniva fabricato. Ha al di fuori una passabile sparenza mà tagliato diviene nericio si scorzie d'una pasta ruvida, ne riesce all'opera come dovrebbe... » (Udine 5 sett. 1761); « nelle provisioni, che da costì qui provengono, fattasi la qualità ogni di più peggiore, per l'imperfetta cottura, per cui non riesce e nel tocco d'acqua con troppa facilità si discioglie, ... » (Vicenza 6 Sett. 1761); « quale fu trovato di pessima qualità per esser tenero, mal cotto, di cattivo impasto e colore, di modo che riuscì di grave danno al compratore sì per la qualità che per il gran calo che veniva di farne; ... » (Bergamo 18 sett. 1761) ⁽¹⁾. Come si vede una delle più frequenti lagnanze è dovuta alla continua inosservanza della norma secondo cui il sapone non può venir posto in commercio se non « siano passati giorni venti, che esista levato dalla caldaia ». Oltre alle prove descritte, volte per lo più a stabilire la commerciabilità del prodotto, se ne praticavano altre per verificare la presenza di sostanze estranee o per valutare le capacità detergenti. Così ad esempio si esprime una perizia giurata su di una partita di sapone sequestrato: ⁽²⁾

« Atesto io sottoscritto con mio giuramento di aver posto a bolire in una pignista con il suo bisogno di aqua due peze di savon una di bianco l'altra di verde con marcha fenice in prima la peza di bianco e poi la peza di verde il medesimo si è liquefatto avendo fatto cavare fori di detta pignista con la caza da spiumare il savon tuto, l'acque sono restata chiara e non si è trovato tera ne tampoco

⁽¹⁾ ASV, *Provveditori sopra Oli*, f. 181, 28 agosto 1761, ad datam.

⁽²⁾ ASV, *Consoli dei Mercanti*, b. 58, 24 aprile 1745, ad datam.

altra materia in fondo di deta pignata, al simile atesto ancho della meza peza questo è quanto posso dire

[24 aprile 1745]

Io Bortolomeo Rata affermo
manu propria

Come si è già ricordato, il sapone, oltre che nella detergenza domestica, era impiegato come prodotto intermedio di importanti attività produttive (lanificio, setificio, tintoria) e le sue carenze non si limitavano a provocare un esito insoddisfacente delle operazioni di lavaggio, ma potevano influire, e pesantemente, sulla qualità e sul pregio dei prodotti di importanti manifatture. Si capisce quindi l'importanza di una valutazione della qualità da parte dei diretti interessati:

« ... ci fu dal sopraddetto Signor Nodaro consegnato un pezzetto di libbre una sapone bianco della Veneta fabrica della società de Fabricatori di saponi, quale fatto da noi bolire alla continua presenza del predetto Sig. nodaro, in una calderiola, unitamente a libbre quattro setta grezza, per purgare e rispettivamente lavare la medesima. il che da noi adempito, abbiamo ritrovata la detta setta purgata e lavata a perfezione, rilevandosi dalla suddetta prova esser il sapone stesso di perfetta qualità e fabricato giusto alla vera dose della Veneta fabrica; e tanto affermiamo con nostro giuramento ».

Segue, di altra mano, l'autenticazione: « Io Marco Zuanelli per nome di Antonio Zuanelli capo maestro tentor de seda affermo con mio giuramento così pregato dal medesimo per non sapere scrivere in fede di che feci la seguente +

Io Giuseppe Forlico tentor de seda a San Felice affermo con mio giuramento quanto di sopra; » (16).

Quest'ultima perizia viene svolta su incarico dei Consoli dei Mercanti nell'ambito della medesima indagine ordinata dal Provveditori sopra Oli nel 1761. E' significativo il fatto che la maggior parte delle informazioni che ci permettono di ricostruire le tecniche di controllo del sapone a Venezia derivano da incartamenti relativi a proteste provenienti da tutto lo stato veneto in due date ben precise: nel 1761 e nel 1787, nei periodi in cui i fabbricanti di sapone si associano ripartendosi le quote di produzione e le relative imposte. Alle prese con la diminuzione dei tributi collegati al traffico d'olio, non in grado di promuovere un sistema di esazioni diverso da quello che per tanti anni avevano praticato attraverso il dazio d'entrata (da sempre) e quello al consumo (dal 1625) i dirigenti veneziani consentono al monopolio della fabbricazione del sapone (17).

(16) *Ibidem*, 1 dicembre 1761, ad datam.

(17) Da tempo, oltre al già visto divieto ai Veneziani di produrlo fuori dello Stato, vigeva il blocco delle importazioni dall'estero, dove costava di meno, mentre, in connessione alla grave crisi del primo '600, l'olio impiegato nei consumi interni era stato pesantemente

La prima esperienza inizia nel 1759 e si conclude dopo pochi anni sia per l'insoddisfazione di tutti gli utenti sia per non esser riuscita a mantenere gli impegni presi, a versare cioè nelle casse dello stato l'ammontare di dazio pattuito. Ignorando il precedente insuccesso, il monopolio viene nuovamente consentito nel 1785 e nel giro di pochi mesi si riproducono gli stessi inconvenienti: peggioramento della qualità ed aumento dei prezzi.

Nell'ambito di questa vicenda viene a svolgersi una controversia tra i Consoli, che avevano promosso un'indagine sulla qualità, e l'Arte dei Mercanti da olio e sapone (da distinguersi dalla società fabbricatori che non è una corporazione) controversia su cui è opportuno soffermarsi.

I periti nominati in questa occasione erano dei « tintori da seda » ed erano stati nominati appunto dai Consoli; il già citato decreto del 1505 che ne regolava la nomina stabiliva « che non potessero esser altro che savonieri, o mercadanti da savoni per stimadori ». Una successiva norma del 1622 disponeva che essi fossero eletti dall'arte stessa. La rottura del principio corporativo operata nel 1787 venne considerata dai membri dell'Arte una grave lesione della propria autonomia e funzione, ma la procedura del magistrato, forse giuridicamente debole, era tecnicamente fondata: a parte il problema della resistenza delle fibre nel lavaggio, quando queste vengono preparate per la tintura devono essere « purgate e lavate a perfezione » per avere un buon risultato e la scelta dei due tintori dimostra la preoccupazione del magistrato per questa particolare manifattura⁽¹⁸⁾. Tali esigenze ricevevano rilevante attenzione nell'ambiente veneziano come si intende da un passo della traduzione italiana del 1770 del *Dictionnaire Universel* dei fratelli Savary curata da mons. Garcin e da lui stesso integrata, come d'abitudine all'epoca, con ulteriori annotazioni e osservazioni. Nel tessere l'elogio del sapone veneziano egli ricorda che le sue qualità e la sua rinomanza dipendono dal fatto che non contiene « i grassi, seghi e terre » poiché « per motivi di tali inadeguati ingredienti le biancherie non riescono mai nette perfettamente, nei drappi di seta si veggiono fiorire piccole macchie, e nei panni fanno restare un odore rancido, che non si dilegua giammai »⁽¹⁹⁾.

Le parole di mons. Garcin sembrano anticipare la grave crisi di qualità che investì il sapone veneziano verso la fine della Repubblica. In una protesta collettiva del 1787 si legge infatti: « Li saponi di Venezia, che una volta si consideravano i più attivi e i migliori di tutta l'Italia, sono presentemente di una tal pessima qualità che un terzo di più non fa l'effetto, che una volta faceva un terzo di meno, e quel ch'è peggio ed insopportabile si è, che lasciano un untuoso, e

tassato a partire dal 1625. Su questo cfr. MATTEOLI I., *Crisi stagnazione e mutamento nello stato veneziano settecentesco: il caso del commercio e della produzione olearia*. In « Studi Veneziani » 1980, 4, 228 e passim; SELLA D., *Commerci e industrie a Venezia nel secolo XVII*. In « Civiltà Veneziana. Studi », 1961, 11.

⁽¹⁸⁾ Cfr. n. 15, 13 settembre 1785.

⁽¹⁹⁾ *Dizionario del Commercio dei Fratelli Savary accresciuto di vari importantissimi articoli tratti dall'Enciclopedia e dalle memorie dell'accuratissimo monsignor Garcin*. Venezia 1770, Vol. IV, saponi, ad vocem.

una puzza irremovibile, che impedisce la penetrazione, l'eguaglianza, ed il lucido delle tinture, e rovina affatto la riuscita de drappi e di tutte le altre manufatture». Da queste righe è agevole capire che nel prodotto contestato vi era presenza di troppa acqua o di sostanze inerti (... un terzo di più non fa l'effetto ...), che la materia prima era di mediocre qualità e forse mista a grassi animali (... una puzza irremovibile ...) e che le proprietà detergenti erano piuttosto scadenti (... impedisce la penetrazione, l'eguaglianza, e il lucido delle tinture ...).

E non si trattava di una partita andata a male o di un singolo produttore incapace o disonesto: la protesta era sottoscritta dai corpi professionali di Vicenza e Padova e analogamente si esprimevano i tre provveditori al setificio e tutti attribuivano gli inconvenienti citati alla mancanza di concorrenza.

Nel giugno del 1788 la produzione venne nuovamente liberalizzata e la documentazione d'archivio indica che vi fu un lieve miglioramento della produzione (29).

Con questa annotazione ottimistica possiamo concludere la ricostruzione del controllo di qualità del sapone a Venezia e ciò sia in quanto siamo al limite del periodo premoderno di produzione ed anche per il semplice motivo che siamo altresì alla fine della Serenissima che in seguito all'invasione napoleonica nel 1797 perderà la sua sovranità.

I rivolgimenti sociali, politici, economici ed anche scientifici di questo periodo stanno alimentando profondi mutamenti delle tecnologie, compresa la nostra, per le materie prime, per il processo produttivo, per le attrezzature (si pensi ad esempio alle caldaie in ferro riscaldate con serpentino a vapore), tali da giustificare e forse anche a costringerci a una chiusura della narrazione. Altra, infatti, per oggetto e modalità, diventerebbe l'indagine, che è pertanto opportuno rinviare a sede diversa.

(29) ASV, *Inquisitori alle Arti*, b. 63.

PAOLO AMAT DI SAN FILIPPO (*)

Unità protoindustriali nella Sardegna Sabauda. Produzione di Salnitro e Polvere da Sparo (**)

Early Industrial Units in Sabaudian Sardinia - The Production of Saltpetre and Gunpowder.

ABSTRACT. — The Gunpowder production was one of the aims of the Sabaudian Establishment, in order to promote the Sardinian Development, at the beginning of the XVIII Century. The production started at 22-10-1766, in the Royal Powder Manufacture of Cagliari, the main city of Sardinian Island.

There was also, at this time, another private powder manufacture at Isili, but the powder produced here had ballistic properties very poor, owing to the Saltpeter scarcely purified.

The Saltpeter was extracted, in Sardinia, from the 1761 until the 1850, from the so called "Nitric Earths". This material, resulting from the conversion of the sheep dung, by nitrifying bacteria, was leached out with wood ash. The leachate was concentrated by boiling, filtered and crystallized fourfold, in order to obtain the Saltpeter at gunpowder purity grade.

The gunpowder of the Royal Powder Manufacture of Cagliari, with a KNO_3 , 80.29%; C 13.35%; S 6.36% content, gave roughly a 188 m. range on the Ballistic Mortar Test.

Stamps and wheel mills milled and mixed intimately Saltpeter, Charcoal and Sulfur. This machinery was not moved by horses or by water wheels, but by convicted men of near prisons.

INTRODUZIONE

Nell'ambito della politica del Governo Sabauda, intesa a promuovere il « Rifiocimento » della Sardegna, il 25-10-1761 [1] il Vicerè Conte di Tana di Santena firmava un Pregone dell'Intendente Capo Don Felice Vacca di Cassiano, nel quale si davano le istruzioni per la produzione del Salnitro nelle « nitriere » artificiali. Queste, che sfruttavano l'ossidazione nitrificante dell'azoto ammoniacale di deiezioni animali, ad opera di Nitrosomonas prima, e di Nitrobacter poi,

(*) Dipartimento di Ingegneria Chimica e Materiali, Università di Cagliari.

(**) Relazione presentata al II Convegno Nazionale di « Storia e Fondamenti della Chimica » (Roma, 16-19 settembre 1987).

non risulta, tuttavia, abbiano trovato utilizzazione in Sardegna, dove invece, per la produzione del Salnitro, si utilizzarono le efflorescenze naturali, che si formavano, in grotte di roccia calcarea o feldspatica, dove veniva ricoverato il bestiame, particolarmente ovino, molto abbondante, già a quel tempo, nell'Isola.

Il 25-9-1764, sotto Carlo Emanuele III, un Editto a firma del Bogino [2], istituiva a Cagliari la Reale Fabbrica delle Polveri. Nello stesso Editto si vietava, in tutto il territorio dell'Isola, la produzione di polvere da sparo fine (da fucile), permettendo solamente, alle eventuali fabbriche preesistenti, a gestione privata, la produzione della sola polvere grossa (da mina).

La vera ragione di questo provvedimento, e dell'istituzione del monopolio reale, che si estendeva anche alla raffinazione del Salnitro, era probabilmente la necessità, da parte dello « Establishment » sabaudo, di impedire, in un periodo così delicato, ed ancora di possesso instabile per la Dinastia Sabauda in Sardegna, il potenziarsi, anche con armi, di istanze contrarie agli interessi della Dinastia (nostalgie ispaniche od austriacanti, aneliti di giacobinismo francofilo, e fermenti antifeudali).

L'approvvigionamento della polvere da sparo, in Sardegna, dipendeva sempre dall'oltremare; le navi che approdavano nell'Isola erano sempre assillate per le richieste di polvere da parte dei sardi.

Alcuni Autori [3] menzionano un polverificio a Isili, nel centro dell'Isola, ma nell'Archivio di Stato di Cagliari, di esso non si è trovata traccia.

Secondo questi Autori la qualità della polvere prodotta a Isili era molto scadente. Che la polvere in dotazione delle Torri costiere fosse spesso scadente, lo dimostrano le prove di tiro fatte da un Ispettore della Regia Amministrazione delle Torri, il quale riferì, nel 1761: «... che la palla, a tutta elevazione non è andata più distante di 35 in 40 Trabucchi (110-126 m.)...» [4], mentre la gittata di una bocca da fuoco « media » sarebbe dovuta essere di 1500-2500 m.

Il 12-2-1770 un altro Pregone, questa volta del Vicerè d'Hallot des Hayes [5], regolamentava rigorosamente la raccolta del Salnitro, sotto lo stretto controllo della Intendenza Generale del Regno. La raccolta delle « Terre nitrose » in Sardegna, a cavallo tra il 1750 ed il 1850, doveva essere piuttosto diffusa, stante il fatto che, fino all'eliminazione dei Feudi, la raccolta del Salnitro, in alcuni di essi, veniva considerata come fonte di reddito [6].

ESTRAZIONI DEL SALNITRO

Il materiale di partenza, le cosiddette « terre nitriche » potevano avere un tenore medio, in nitrati, del 5%. Il « Tout venant » conteneva nitrati, cloruri, e solfati di Ammonio, Calcio, Magnesio, Potassio e Sodio. La lisciviazione di questo materiale, in presenza di cenere di vegetali, ricche in carbonati alcalini, produceva una soluzione contenente nitrati, cloruri, solfati di Potassio e Sodio, insieme a piccole quantità di sali di Calcio, e questi ultimi in funzione della quantità di cenere usata nella lisciviazione [7-10]. Alcune lisciviazioni venivano precedute da un trattamento con latte di Calce, al fine di eliminare già in partenza i sali di Magnesio.

La composizione del lisciviato era mediamente la seguente:

Nitrati alcalini	10%
Nitrati alcalino-terrosi	70%
Cloruri alcalini	15%
Cloruri alcalino-terrosi	3%
Solfati misti	2%

Per un certo periodo la valutazione tecnica del tenore in « Nitro » del materiale nitrico, veniva fatta organoletticamente, verificandone il sapore sulla punta della lingua. Al Salnitro compete un sapore fresco-piccante più o meno marcato in funzione della sua purezza; ovviamente, in presenza di altri sali, il sapore tendeva all'amaro ed al salato. Più tardi, col progredire delle conoscenze chimiche, la valutazione del materiale nitroso veniva fatta isolando, con un semplice ed efficace, seppur primitivo metodo, il Salnitro, e pesandolo.

La liscivazione veniva effettuata in batterie di estrattori che operavano in controcorrente, in modo da ottenere soluzioni relativamente concentrate in Salnitro. La concentrazione dei liscivii veniva misurata, almeno nelle fabbriche a tecnologia più evoluta, con l'aerometro di Baumé.

I liscivii a densità superiori al 5° Bè venivano denominati « acque di costa », quelli a densità comprese tra 3° e 5° Bè « acque mezzane », e quelli a densità inferiore ai 3° Bè « acque di lisciviazione ».

I tenori in Soda e Potassa delle ceneri dei vegetali oscillavano, tra i 6,06% dell'arancio e il 36,30 della vite.

Lisciviando per esempio 1 m³ di materiale « nitrico » contenente complessivamente 40 kg. di Salnitro, per 2 ore, con 500 litri d'acqua, a freddo, drenando 250 litri di liscivio, e ripetendo la lisciviazione con altri 250 litri d'acqua, drenando sempre 250 litri di liscivio, dopo la sesta estrazione, il materiale avrebbe trattato solamente 0,63 kg. di Salnitro, e ciò secondo la serie seguente di stadi:

Estrazione	Soluzione	Volume l.	« Nitro » rimasto nel materiale
I	A	250	20 Kg.
II	B	250	10 Kg.
III	C	250	5,0 Kg.
IV	D	250	2,5 Kg.
V	E	250	1,25 Kg.
VI	F	250	0,63 Kg.

Lisciviando in sei stadi successivi con complessivi 1750 litri d'acqua, i 1500 litri di soluzione drenata avrebbero estratto kg. 39,38 di « Nitro », con una resa pari al 98,45%.

Una lisciviazione monostadio, con pari quantità d'acqua, avrebbe estratto kg. 34,3 di « Nitro », con una resa pari all'85,75%.

Operando una lisciviazione in serie ed in controcorrente, si sarebbero ottenuti liscivii più concentrati.

Il materiale nitrico fresco veniva all'uopo lisciviato con 500 litri di liscivio proveniente dalle precedenti lisciviazioni (soluzioni A e B riunite), e quindi, in successione, con le soluzioni C, D, E, F. Si ottenevano le nuove soluzioni A', B', C', D', E', F', G', secondo la serie seguente:

Estrazione stadio	Soluzione	Vol. l.	Tenore iniz. Kg.	Estreatto Kg.	Vol. l.	Sobaz.	Nitro non estratto Kg.
I	A+B	500	30	70	250	A'	30
II	C	250	5	40	250	B'	20
III	D	250	2,5	22,5	250	C'	11,25
IV	E	250	1,25	12,5	250	D'	6,25
V	F	250	0,63	6,88	250	E'	3,44
VI	Acqua	250	—	3,44	250	F'	1,72
VII	Acqua	250	—	1,72	250	G'	0,86

La soluzione A' (Acqua di cotta) veniva inviata direttamente alla concentrazione per evaporazione, mentre i liscivati successivi B', C', D', E', F', G', con tenori in « Nitro » dell'ordine di quelli dei liscivati senza riciclo A, B, C, D, E, F, venivano riciclati nei successivi stadi di liscivazione di materiale « fresco » [11]. L'acqua di cotta (lisciviato A'), a densità intorno ai 12° Bè, conteneva circa 120 g./l. di « Nitro ». Il tenore in questo, tuttavia, dipendeva, oltre che dal tipo di materiale trattato, anche dalla quantità e qualità della cenere impiegata.

La composizione centesimale delle ceneri di alcune essenze legnose e erbacee, è riportata nella Tabella I [12].

CONCENTRAZIONE E RAFFINAZIONE DEL SALNITRO

Le acque di cotta venivano concentrate, a fuoco diretto, in caldaie di rame. Durante la concentrazione, all'ebollizione, si formava una schiuma persistente dovuta alla coagulazione termica di mucillagini, ed altre sostanze organiche, contenute nel materiale di partenza. La schiuma veniva asportata, di continuo, con opportune schiumarole. La decomposizione termica, inoltre, dei bicarbonati di Calcio, Magnesio, e Ferro, eventualmente presenti nel lisciviato, dava luogo alla formazione di un precipitato di carbonati alcalino-terrosi, e di idrossidrato ferrico, con evoluzione di CO₂ e di NH₃.

I precipitati venivano raccolti ed asportati mediante un « falso fondo » amovibile, collocato sul fondo della caldaia, e la concentrazione del lisciviato veniva protratta fino al raggiungimento della densità di 25° Bè. A questo punto venivano aggiunti, a discrezione del « Mastro salpetriere » opportune quantità di acque madri di precedenti cristallizzazioni, liscivio di cenere, e, in taluni casi, solfato e/o cloruro di Potassio proveniente da altri procedimenti di purificazione del Salnitro.

Al procedere della concentrazione, dopo i carbonati alcalino-terrosi, precipitava il solfato di Calcio (se l'estrazione non era stata condotta con una sufficiente quantità di cenere o di liscivio alcalino). Tra i 30° ed i 42° Bè si verificava la pre-

TABELLA I - *Composizione chimica centesimale delle ceneri di alcune piante e vegetali.*

	K ₂ O+ Na ₂ O	CaO+ MgO	Fe ₂ O ₃ + Mn ₂ O ₃	SO ₄ --	PO ₄ --	CO ₂ --	Cl-	SiO ₂
Albero di Giuda	13,39	43,09	1,62	0,05	6,07	52,27	0,01	2,13
Ontano	11,65	41,25	5,59	3,94	8,95	25,58	1,69	0,82
Betulla	12,72	46,36	3,36	0,56	3,61	28,72	0,03	4,78
Castagno	10,11	46,87	3,22	1,27	1,62	28,78	0,07	7,64
Celso	12,85	50,92	1,58	4,37	19,43	0,75	—	10,80
Arancio	6,06	49,50	0,90	—	1,81	35,83	0,38	3,52
Olivo (legno)	24,86	38,38	0,70	0,97	2,06	30,99	—	2,18
Olivo (corteccia)	8,58	52,86	0,38	0,43	1,30	30,45	—	6,11
Quercia (legno)	12,16	48,80	—	1,45	0,77	39,16	0,18	3,70
Quercia (corteccia)	17,52	38,15	5,55	1,50	—	33,92	0,17	0,84
Ciliegio (corteccia)	22,00	47,06	0,20	0,80	3,26	4,90	0,64	19,28
Noceio	11,34	39,67	3,38	0,78	4,06	34,38	0,07	3,62
Melo	13,99	50,49	1,40	0,76	3,97	21,18	—	0,93
Samburo	23,45	33,60	1,88	2,24	5,39	28,81	0,14	2,15
Vite	36,30	30,88	3,30	1,57	4,15	21,06	1,37	1,25
Salicornia (Herb.)	10,30	37,00	0,05	1,92	3,82	44,38	0,87	1,68

cipitazione del cloruro sodico insieme a cloruro potassico, ed eventualmente solfato sodico e potassico. L'asportazione di questi sali veniva effettuata con opportune schiumarole. A questo punto qualora nella soluzione concentrata fosse stata presente una certa quantità di nitrato sodico, sarebbe potuta avvenire la reazione di conversione tra il nitrato sodico ed il cloruro potassico, con formazione di nitrato potassico e cloruro sodico. La reazione di conversione fu sfruttata industrialmente per la produzione del cosiddetto « Nitro di conversione » dal Wohler nel 1855, dopo la guerra di Crimea. La conversione è possibile perché, mentre a 25°C un litro d'acqua tiene in soluzione 416 g. di KNO₃ e 330 g. di NaCl, a 100°C tiene in soluzione 2460 g. di KNO₃ e 330 g. di NaCl. La precipitazione frazionata degli altri sali, rispetto al nitrato potassico, ha luogo in funzione delle rispettive solubilità del KCl, K₂SO₄, KNO₃, NaCl, NaNO₃, e Na₂SO₄ che, in funzione della temperatura, sono riportate nella Tabella II [13-15].

La concentrazione dell'« acqua di cotta » veniva protratta, a fuoco lento, fino ad una densità di 43° Bè, dopodiché, dopo aver saggiato empiricamente la cristallizzabilità della « cotta », questa veniva decantata a caldo, evitando di coinvolgere l'eventuale corpo di fondo, in formelle di rame, dove il Salnitro greggio cristallizzava in pani. Il Salnitro per polvere da sparo deve essere ad elevata purezza.

Le pessime proprietà balistiche della polvere in dotazione alle Torri della

Sardegna, nel 1761, precedentemente citate [4], erano dovute al basso grado di purezza di questo componente. Oltre alla meno probabile presenza, in questo sale, di sali igroscopici quali nitrati e cloruri di Calcio e Magnesio, era presente, molto più probabilmente il nitrato sodico che, essendo come gli altri citati, deliquescente, poteva venir facilmente asportato, dalla miscela pirica, dall'umidità dell'ambiente. Le Torri costiere della Sardegna erano a questo proposito, le più esposte all'umidità marina, ed in quel periodo anzi, da quanto risulta dagli atti dell'Archivio di Stato di Cagliari, la maggior parte delle Sante Barbare di queste era addirittura esposta all'acqua piovana.

Riducendosi, di conseguenza, il bilancio di ossigeno della miscela, la polvere non risultava quasi più da sparo.

La raffinazione del Salnitro veniva effettuata sfruttando la sua maggior solubilità a caldo rispetto agli altri sali. L'operazione, che richiedeva ripetuti procedimenti di cristallizzazione, era piuttosto delicata, e richiedeva una grande esperienza e professionalità da parte dell'operatore. La raffinazione veniva fatta esclusivamente in polverificio, e sia in Francia che nel Regno di Sardegna la legislazione vigente lo imponeva tassativamente.

La tecnica adottata in Sardegna, sia per quanto concerne la raffinazione del Salnitro, che la fabbricazione della polvere, era più o meno quella seguita in Pie-

TABELLA II - Solubilità (g. in 100 ml. H₂O) di sali di K e Na al variare della temperatura.

t°C	KCl	KNO ₃	K ₂ SO ₄	NaCl	NaNO ₃	Na ₂ SO ₄
0	28,05	13,3	7,92	35,6	69,85	—
10	31,5	21,45	9,45	35,7	78,5	—
20	34,35	31,3	11,00	35,8	86,65	32,76
30	37,2	44,9	12,63	36,0	97,1	50,37
40	40,05	64,45	14,38	36,3	106,95	68,78
50	42,7	85,75	16,15	36,7	117	87,82
60	45,5	110,5	17,95	37,1	127,8	107,41
70	48,3	138,5	19,0	37,5	139	127,45
80	51,1	170,5	21,6	38,0	151	147,5
90	53,9	204	23,35	38,5	163	167,8
100	56,7	245,5	25,15	39,2	176,75	187,7
107	—	—	—	39,7	—	—
110	—	301	—	—	193,8	—
114	—	318,8	—	—	—	—
119	—	—	—	39,8	208,8	—
140	—	—	—	42,10	—	—
170	—	—	32,9	—	—	—

monte, e questa ricalcava presumibilmente quella francese [16]. Questa trattava per esempio 1200 kg. di Salnitro greggio (di prima cotta), con 600 kg. d'acqua, riscaldando appena da solubilizzare il Salnitro, per la durata di una notte. Il giorno successivo venivano aggiunti, alla soluzione, altri 1800 kg di Salnitro grezzo, e la soluzione veniva portata, sotto forte agitazione, all'ebollizione. Le schiume formatesi venivano, di continuo, asportate. A 116°C 100 g. d'acqua disciogliono 335 g. di KNO₃. Il corpo di fondo rimasto, o depositatosi sul fondo della caldaia, costituito prevalentemente da cristalli di cloruro sodico, ma probabilmente anche da cloruro potassico, veniva asportato.

La soluzione di Salnitro, che avrebbe dovuto « grosso modo » avere una densità areometrica, misurata col Nitrometro di Gay-Loussac, di 67-68°, veniva chiarificata per aggiunta di colla di pesce, albume d'uovo, o « Colla di Fiandra ». Per aggiunta ulteriore di 400 l. d'acqua, si portava il rapporto sale/acqua, al valore di 3/1, e la soluzione, dopo stasi di una notte a 88°C, veniva decantata, con cautela, nei cristallizzatori, foderati in rame, evitando di coinvolgere l'eventuale corpo di fondo, ed agitando continuamente la soluzione, nei cristallizzatori, al fine d'ottenere una massa microcristallina di Salnitro purificato. La massa veniva ulteriormente tenuta in infusione, per cinque o sei giorni, in soluzione satura di Salnitro puro, quindi veniva lavata ancora con soluzione satura di Salnitro, e quindi essiccata. L'essiccamento, nei primi tempi, veniva effettuato a fuoco diretto; in seguito, a vapore.

Che la produzione del Salnitro stesse a cuore al Governo sabaudo lo si deduce da alcuni documenti dell'Archivio di Stato di Cagliari, nei quali sono disposti provvedimenti intesi a: « ...rimuovere gli ostacoli che si hanno nel raccogliere una sufficiente copia di Salnitro... » [17], e dai quali risulta che il 5-3-1786: « ... si dà ordine al bombista Villa, assistente alla raffinazione dei Salnitri nella Regia Polveriera, acciò visiti le grotte e gli altri siti atti a produrre, o che producono Salnitro, ed insegni la maniera che si dovrà usare per coltivarlo, a chi vorrà profittarne... ». Al Villa, il 15-5-1786, per questa missione vengono rimborsate 80 Lire [18].

FABBRICAZIONE DELLA POLVERE DA SPARO

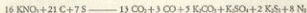
Tralasciando i cenni storici, e la diatriba su chi fu, tra Ruggero Bacone e Berthold Schwartz, l'inventore della Polvere, si può solo dire che Berthold Schwartz, (al secolo Konstantin Anklitzen) sta a Ruggero Bacone come Alfred Nobel sta ad Ascanio Sobrero: Sobrero scopre la Nitroglicerina, Nobel la utilizzò nella Dinamite, nella Gelatina esplosiva e nella Balistite.

Con l'invenzione della Polvere da Sparo, la Cavalleria, perno centrale della massa bellica e della tattica del Medio Evo Feudale, decadde dal suo ruolo primario. Infatti si constatò, amaramente, che un « Nobile Paladino », armato di lancia, spada e mazza, pur bardato con la più pesante e spessa armatura da battaglia, poteva venir ucciso, già alla distanza di 100-200 passi, da un qualsiasi « Vil marzano », armato di una seppur primordiale arma da fuoco (Cannone manesco).

Circa la composizione della Polvere da Sparo, dalle formulazioni empiriche caratterizzate dal rapporto Salnitro/Carbone/Zolfo di 4/1/1 e di 5/1/1 [19], si giunse alla composizione « classica », che oscilla, per il Salnitro, tra il 62 ed il 78%, per il Carbone, tra il 12 ed il 18%, e per lo Zolfo, tra il 6 e il 20%.

Il dosaggio dei tre componenti era funzione dell'uso della Polvere stessa. Le polveri da caccia, più pregiate, avevano un maggior tenore in Salnitro ed una quantità di Carbone leggermente superiore a quella dello Zolfo. Le polveri da guerra, di produzione più massiva, e quindi necessariamente più economica, avevano un tenore in Salnitro, il componente più caro, inferiore alle polveri da caccia, ed un tenore in Carbone più elevato di quello dello Zolfo. Le polveri da mina avevano un sensibilmente minor tenore in Salnitro, ed un tenore in Zolfo superiore a quello del Carbone.

Essendo fondamentalmente la Polvere da Sparo un sistema chimico Red-Ox ternario, considerazioni stechiometriche possono suffragare una composizione piuttosto che un'altra, sulla base, però, di una data equazione di decomposizione esplosiva. Secondo Noble e Abel l'esplosione della Polvere Nera ordinaria, sotto pressione, segue l'equazione:



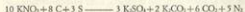
che corrisponderebbe alla composizione KNO_3 77,2%; C 12,04%; S 10,76%.

Se l'esplosione avviene a pressione ordinaria si può formulare la seguente equazione:



che corrisponderebbe alla composizione KNO_3 82,4%; C 8%; S 9,6%.

Berthelot, postulando l'equazione di decomposizione:



ne dedusse la composizione ottimale: KNO_3 84%; C 8%; S 8% [20].

Stanti però le innumerevoli equazioni di decomposizione esplosiva formulabili, e le differenti condizioni, difficilmente controllabili, sotto le quali avviene la deflagrazione di una carica di lancio, o la detonazione di una carica da mina, a base di Polvere Nera, per esperienza, e per tentativi, si è formulata empiricamente una composizione « standard » che risulta, a tutt'oggi la più usata. Questa risulta essere: KNO_3 75%; C 12,5%; S 12,5% [21].

A seconda però delle caratteristiche d'impiego, del clima medio, e del tipo di Carbone impiegato, la composizione della polvere, in uso in diversi Paesi, variava come si evince dalla Tabella III [25, 26].

Una « Regia Provigione » dell'Archivio di Stato di Cagliari, spedita dal Re Vittorio Emanuele I il 7-7-1808 [22], detta le norme per una polvere di buona qualità da fabbricarsi nella Regia Fabbrica delle Polveri di Cagliari; questa aveva la seguente composizione: KNO_3 80,29%; C 13,35%; S 6,36%. Questa com-

TABELLA III - *Composizione centesimale di alcuni tipi di Polvere nera.*

	KNO ₃ %	C %	S %
Francese (teorica)	76,00	13,00	11,00
Francese da guerra	75,00	12,50	12,50
Prussiana, Americana (USA)	75,00	12,50	12,50
Inglese da guerra	75,00	15,00	10,00
Inglese (corretta) e Francese nel 1794	76,00	15,00	9,00
Francese (procolimento rivoluzionario Grenelle)	76,00	12,00	12,00
Svizzera e Francese dal 1794	76,00	14,00	10,00
Francese adottata da altri Paesi	77,00	13,00	10,00
Da caccia adottata da vari Paesi	77,00	16,00	7,00
Da caccia adottata da vari Paesi	76,00	16,00	8,00
Da caccia adottata da vari Paesi	78,00	16,00	6,00
Da caccia adottata da vari Paesi	78,00	13,00	9,00
Da caccia adottata da vari Paesi	77,00	11,50	11,50
Da caccia adottata da vari Paesi	74,00	13,00	13,00
Da caccia adottata da vari Paesi	78,00	12,00	10,00
Olandese	70,00	16,00	14,00
Cinese da guerra	75,00	14,4	10,60
Russa	73,78	13,59	12,63
Austriaca	76,00	11,50	12,50
Spagnola	76,47	10,78	12,75
Svedese	75,00	9,00	16,00
Da mina	62,00	18,00	20,00

posizione ha un tenore in Salnitro superiore alle altre polveri in uso all'epoca, risulta tuttavia prossima alla composizione teorica calcolata da Noble e Abel. Nello stesso documento viene menzionata la presenza, nel « Nitro » greggio, di sali deliquescenti da eliminare, e viene prescritto un Salnitro purificato con quattro cristallizzazioni (« di quarta cotta »), e l'uso di Carbone di legno d'olmo, decorticato. In mancanza di dati precisi ed univoci sulle caratteristiche della polvere da produrre, il Sovrano ordina di riferirsi al comportamento, al « Mortaio Prova » delle polveri di fabbricazione estera, disponibili sul mercato. In un'altra « Regia Provvisione », del 24-8-1808, lo stesso Sovrano [22] ordina che venga adottato il nuovo metodo di preparazione delle polveri, con l'uso delle molazze, e suggerisce di iniziare le prove di fabbricazione della polvere secondo il metodo « Rivoluzionario » francese (Procedimento Carny), ponendo come traguardo una gittata del « Mortaio Prova » di almeno 60 Trabucchi (188,88 m.).

La polvere veniva allora prodotta col vecchio metodo delle « Piste » (Mulini a Piloni), esaurientemente descritto nell'Encyclopedie di Diderot e d'Alembert

del 1762-1777. I mulini a piloni operavano in batterie di 6-12 piloni. A Cagliari, dal 1767 fin oltre il 1822, la forza motrice per questi mulini era fornita dai forzi delle vicine prigioni [23, 24].

La carica di ciascun mortaio del mulino a piloni era di 10 kg. di miscela. Si iniziava con la macinazione del Carbone, che, per la sua grande tendenza alla autoignizione, veniva « pilonato », per 20-30 minuti, in presenza di almeno l'80% di acqua. Lo Zolfo, preventivamente macinato a parte, eventualmente in buratti a sfere, e opportunamente vagliato, veniva aggiunto per ultimo onde evitare che si attaccasse alle pareti interne del mortaio. Per evitare il rischio di esplosioni, molto frequenti in questo tipo di lavorazione, l'incorporamento della polvere veniva fatto miscelando, negli opportuni rapporti, le miscele binarie Salnitro-Carbone e Carbone-Zolfo, che non essendo di per se pericolose, venivano precedentemente « pilonate », con una certa sicurezza. Durante il « pilonaggio » delle miscele ternarie, venivano effettuate le cosiddette « mute »; la miscela veniva cioè tolta accuratamente dal mortaio, e travasata nel mortaio che lo precedeva nella batteria. Le « mute » venivano effettuate ogni ora, sempre sotto l'attento controllo dell'esperto Mastro Polveriere, il quale, in occasione di determinate « mute », aggiungeva anche acqua [25]. Questa, oltre a tenere in sospensione, lubrificando, le particelle carboniose, ne impediva la proiezione al di fuori del mortaio, solubilizzando una certa quantità di Salnitro, ed adsorbendosi sul Carbone e bagnando sia lo Zolfo che il Salnitro stesso indisciolti, ne favoriva una più intima commistione, impedendo, inoltre, per sovrappiù il surriscaldamento della miscela incorporata. La durata del « Pilonaggio » variava alquanto, essa dipendeva dal peso della testa in bronzo del pilone, che poteva essere di 20-40 kg., dall'altezza di caduta, che poteva variare da 40 a 86 cm., dalla destinazione della polvere, se da caccia, da guerra, o da mina, ed anche da altri fattori. La durata del pilonaggio variò anche nel tempo: nel 1686 la polvere veniva battuta per 36 ore; dal 1729 al 1769 lo veniva per 24 ore, ed infine, nel 1855 per 12-14 ore. L'effetto della durata della battitura sulla densità, e sulle caratteristiche balistiche, al « Mortaio Prova », di alcune polveri fabbricate in Francia è rappresentato nella Tabella IV [26].

Con l'evoluzione della tecnica di lavorazione, l'affinamento tecnologico delle macchine, e per far fronte all'impellente richiesta di polvere per necessità belliche, per la macinazione e l'incorporamento dei componenti, vennero utilizzate le « Ma-

TABELLA IV - Proprietà di polveri preparate con diversi tempi di « Pilonaggio ».

Anno	ore di battimento	Densità polvere Kg/l	Gittata proietto m.	Velocità proietto m/s
1689	24	1,851	200,33	488,34
1816	14	1,804	220,33	475,45
1852	11	1,688	230,50	464,69

cine» (Mulini a molazze), che già per altri usi erano note fin dall'antichità. Con l'uso delle «Macine», il cui peso poteva variare da 2,5 fino a 7 tonnellate, i tempi di preparazione della polvere vennero notevolmente ridotti (a 2-3 ore). L'uso delle «Macine», però, presupponeva la preventiva macinazione, a parte, dei singoli componenti.

Ulteriori riduzioni nei tempi di lavorazione si ottennero col procedimento cosiddetto «rivoluzionario», ideato dal Carny nel periodo, appunto della Rivoluzione Francese, e adottato, per la prima volta, nel Polverificio di Grenelle nel 1791 [27, 28, 29]. Questo procedimento operava l'incorporamento dei componenti, fondamentalmente con dei buratti rotanti, costruiti con materiali tali da non innescare l'autoignizione della polvere. La miscelazione dei componenti, opportunamente premacinati, veniva fatta a due a due, come «miscelate binarie», nelle «botti binarie», e successivamente, sotto forma di miscela ternaria, ottenuta dalle binarie, miscelate negli opportuni rapporti, nelle «botti ternarie».

La granulazione della polvere veniva effettuata mediante presse idrauliche. I trattamenti di arrotondamento degli spigoli dei granuli della polvere, e la lucidatura di essi, veniva fatta in modo identico per la polvere preparata con i mulini a piloni, con le «macine», e con le «Botti ternarie».

Parametri molto importanti, che venivano controllati con attenzione erano: la densità, la granulometria, e lo stato di compattezza o di durezza dei granuli della polvere. La granulometria dipendeva dall'arma alla quale era destinata la polvere. I granuli, infatti, della polvere da cannone, avevano dimensioni di 1,4-2,0 mm.; quelli della polvere da moschetto 0,6-1,4 mm.; i granuli della polvere da caccia avevano dimensioni di 0,2-0,5 mm., mentre le polveri da mina erano costituite da granuli di dimensioni comprese tra 6 e 8 mm. La polvere da caccia cosiddetta «Reale», più costosa e dalle caratteristiche migliori, veniva preparata, oltre che con maggiori tenori in Salnitro, anche con l'impiego delle macine da 7 tonnellate; ad essa competeva quindi una maggiore densità.

Parametri invece di cui non si poteva allora tener conto, stanti le limitate conoscenze del tempo, erano la superficie specifica del Carbone di partenza, il suo tenore in Carbone, il suo tenore in cenere, e la superficie specifica della polvere granulata. Su basi empiriche, ma sperimentali, si selezionarono le specie vegetali da carbonizzare, si standardizzarono i metodi, e la scelta cadde sulla carbonizzazione per distillazione secca, in forno, del legno di ontano, di nocciolo, o degli steli di canapa. Lo Zolfo veniva utilizzato sublimato, sotto forma dei cosiddetti «Fiori di Zolfo».

La Regia Fabbrica delle Polveri di Cagliari fu costruita, giusta l'Editto del 25-9-1764, il 24-8-1766, in prossimità delle grotte esistenti fuori della Porta di San Pancrazio [30]. La lavorazione ebbe inizio il Mercoledì 22-10-1766 [23]. La produzione fu indirizzata alla produzione di polvere da cannone e da caccia. Il 26-6-1767 fu deciso che il mulino per macinare la polvere, invece che da cavalli, venisse mosso dai forzati delle vicine prigioni [23].

L'ubicazione esatta del Polverificio di Cagliari era, nell'attuale Giardino Pubblico [30], approssimativamente nel luogo dove oggi sorge la palazzina della

Biblioteca e della Pinacoteca Comunale. Il 23-2-1822 alle 7,30, il Polverificio fu fanneggiato da un incendio; morirono 9 persone ed altre 14 rimasero ferite.

La prova delle caratteristiche balistiche della polvere veniva fatta, come si è già detto, col « Mortaio Prova ». Con questa specie di cannone in miniatura, la cui inclinazione fissa era di 45° sull'orizzontale, veniva misurata la gittata di un proietto sferico standard, di rame o di bronzo, del peso di kg. 2,93, ottenuta con una carica di lancio standard di 92 grammi della polvere in esame. La polvere, secondo le prescrizioni francesi, era accettabile solo se la gittata minima fosse risultata 225 metri. Le polveri dello Stabilimento d'Esquerdes, in Francia, nel 1832, ottenute con 11 ore di « pilonaggio », e cui competeva una densità di 1,668 kg./l., lanciavano la sfera-proietto a ben 230,50 metri.

BIBLIOGRAFIA

- [1] SANNA LECCA P., *Editti e Pregoni*. Reale Stamperia, Cagliari 1775, Tomo I, Titolo XI, Ordinanza XX, pag. 319.
- [2] SANNA LECCA P., *Prec. cit.* - Tomo I, Titolo XI, Ordinanza XXVII, pag. 419-422.
- [3] AZUNI D.A., *Histoire Geographique, Politique et Naturelle de la Sardaigne*. Tome II, Levrault Frères Libraires, Paris 1802, pag. 362-363.
- [4] Archivio di Stato di Cagliari, *Fondo Segreteria di Stato e di Guerra*. II serie, Amministrazione delle Torri, Fasc. 1091 (Anni 1736-1761).
- [5] SANNA LECCA P., *Prec. cit.*, Tomo I, Titolo XI, Ordinanza XXX, pag. 443-446.
- [6] CARRONI F., *Osservazioni sui diritti feudali in Sardegna al momento dell'abolizione*. In « Archivio Sardo del Movimento Operaio, Contadino e Autonomistico ». Quaderni 11/13, Gallizzi Ed., Sassari 1980, pag. 335.
- [7] DIDEROT D., D'ALEMBERT J.B., *Encyclopédie ou Dictionnaire raisonné des Sciences, des Arts et des Métiers*. III Ed., J.L. Pellet. Genève, Neuchâtel 1775, pag. 856-861.
- [8] THIENARD L.G., *Trattato di Chimica Elementare, Teorica e Pratica*. Traduzione italiana della V Edizione, G. Piatì, Firenze 1828, Tomo III, pag. 199-204.
- [9] VERGNAUD A.D., *Nouveau Manuel de l'Artificier, du Poudrier et du Salpêtrier*. Manuels Floret, Paris 1838, Chap. V, pag. 52-61.
- [10] PELOUZE J., FREMY E., *Traité de Chimie Générale*. II Ed., Masson, Paris 1854, Tome II, pag. 112-116.
- [11] PELOUZE J., FREMY E., *Prec. cit.*
- [12] PELOUZE J., FREMY E., *Prec. cit.*, Tome VI, pag. 351.
- [13] GALEY G., GIRAUD Ch., PARIST A., *Agrada du Chimiste*. Achette et Cie Ed., Paris 1891, pag. 268-272.
- [14] GIUA M., *Dizionario di Chimica*. Vol. III, pag. 42, 44, 310, 506, 520; Vol. II, pag. 950. II Edizione, UTET, Torino 1940-1950.
- [15] GIUA M., *Trattato di Chimica Industriale*. Vol. II, UTET, Torino 1961, pag. 887, 963, 997, 1014, 1018.
- [16] VERGNAUD A.D., *Prec. cit.*
- [17] Archivio di Stato di Cagliari, *Fondo Regie Provvisioni*. Vol. 7, n. 61 (5-9-1769); n. 65 (11-11-1769).
- [18] Archivio di Stato di Cagliari, *Fondo Segreteria di Stato e di Guerra*. I serie, Vol. 529, f. 293 e 323 (1786).
- [19] GIBBI A., GAY P., *Un manoscritto del '600 - L'Arte fabrice di Antonio Petrucci*. Atti Antiche, 1964, pag. 67-109.
- [20] GIUA M., *Trattato di Chimica Industriale*. II Edizione, USES, Firenze 1977, Vol. VIII, pag. 839-847.
- [21] THIENARD L.G., *Prec. cit.*, Tome III, pag. 206-215.
- [22] Archivio di Stato di Cagliari, *Fondo Regie Provvisioni*. Vol. 31, fogli 126v e 128 (7-7-1808).
- [23] Archivio di Stato di Cagliari, *Fondo Segreteria di Stato e di Guerra*. II serie, Vol. 1072.

- [24] Archivio di Stato di Cagliari, *Fondo Tipi e Profili*. Tipo n. 100 (1822).
- [25] PELOUSE J., FREMY E., *Proc. cit.*, Tome II, 1854, pag. 355-354.
- [26] VERONALD A.D., *Proc. cit.*, pag. 110-151.
- [27] VERONALD A.D., *Proc. cit.*
- [28] PELOUSE J., FREMY E., *Proc. cit.* (vedi nota 25).
- [29] MOLINA R., *Espléndido*. U. Hoepli, Milano 1894, pag. 128-143.
- [30] SPANO G., *Guida della città e dintorni di Cagliari*. Timon, Cagliari 1861, pag. 361.

GIOVANNI INCORVATI (*)

Rivoluzione politica contro rivoluzione chimica?

In margine alle « Institutions chimiques »

di J.-J. Rousseau (**)

Political Revolution versus Chemical Revolution? In the Margin of J.-J. Rousseau's « Institutions chimiques ».

ABSTRACT — Rousseau's *Institutions chimiques*, written between the forties and the fifties of eighteenth century, represents one of the most noteworthy products of Rouelle's chemical school. The contradictions of the phlogiston theory and of French Stahlism are clearly stated in them. Yet they were left unfinished by Rousseau, whose interest, at the end of a complex evolution, turned to the baryon as well as to the problem of a radical revision in its taxonomy. The changing emphasis precludes the analogous one in Lavoisier's research, which seems influenced by Rousseau in some other respects.

ROUSSEAU E LAVOISIER

I mass-media ci avvertono che si avvicina la scadenza dell'89: è dunque tempo di togliere un po' di polvere, perché no?, anche dal vecchio dossier intitolato « La rivoluzione francese e le scienze », con le tesi di Gillispie, risalenti a quasi trent'anni fa, sempre in bella evidenza. Osservando che gli scritti scientifici di Rousseau presentano una singolare mancanza di interesse e di incisività, egli poneva al centro dell'attenzione la frattura esistente tra l'orizzonte culturale di Lavoisier (e dell'Accademia delle scienze) e quello degli stahliani francesi annidati nell'*Encyclopédie*, ai quali faceva risalire la filosofia giacobina della scienza. In

(*) Dipartimento di Studi politici, Università La Sapienza - Roma.

Si ringraziano i conservatori dei manoscritti rispettivamente della Bibliothèque Publique et Universitaire di Neuchâtel, della B.P.U. di Ginevra e delle Archives de l'Académie des Sciences di Parigi.

(**) Relazione presentata al II Convegno Nazionale di « Storia e Fondamenti della Chimica » (Roma, 16-19 settembre 1987).

quell'occasione Guerlac aveva obiettato che non all'*Encyclopédie* ma piuttosto al patos moraleggiante di Rousseau e dei suoi seguaci andava imputato quel totalitarismo avverso alle scienze che si manifesterà al culmine della rivoluzione (*).

Sia Gillispie che Guerlac trascuravano alcuni aspetti che porrebbero sotto altra luce punti di forza e manchevolezze del giacobinismo. Per esempio, la situazione di minoranza delle idee di Lavoisier all'interno dell'*Académie des sciences*, che si sarebbe ribaltata solo con la chiusura di questa istituzione da parte della Convenzione e con la creazione dell'*Institut* (†); oppure il fatto che così venivano prese di mira la posizione di monopolio tecnologico dell'Accademia e la sua struttura interna di tipo monarchico, specchio fedele dell'autorità politica di cui diventava erede (‡). Non perché rivoluzionario nel rigore e nei risultati scientifici venne ghigliottinato Lavoisier; egli, al contrario, partecipò alla sorte di tutti i *fermiers généraux* (§): di fronte a un collasso finanziario generalizzato e di vasta portata occorrevano importanti capi espiatori e misure altrettanto generali, inflessibili, senza eccezioni di sorta, attraverso le quali tuttavia la crisi non poteva essere imputata ad altri che alle mene di irriducibili aristocratici. Lavoisier cadde in nome della russiana astrattezza della legge, generale nella fonte e nell'oggetto, simboleggiata da quella stessa bilancia che egli aveva posto a base non solo della nuova chimica, ma di quel sistema metrico decimale voluto dalla Convenzione che lo condannava (¶).

(*) C.C. GILLISPIE, *The «Encyclopédie» and the Jacobin philosophy of science: a study in ideas and consequences*, in M. CLAGETT (a c. di), *Critical problems in the history of science*, Madison, Univ. of Wisconsin P., 1939, pp. 255-289. H. GUERLAC, *Commentary of the papers of C.C. Gillispie and L.P. Williams*, ivi, pp. 317-320. In un primo tempo lo storico statunitense si era orientato in senso analogo all'opinione del collega, ma sottolineando piuttosto la linea Rousseau-Lamarck-linniani francesi e la sua contrapposizione all'"algebra" di Lavoisier (C.C. GILLISPIE, *The formation of Lamarck's evolutionary theory*, in «Arch. Intern. d'hist. des sciences», 9, 1956, n. 37, pp. 323-338). Nel successivo *The edge of objectivity. An essay in the history of scientific ideas*, Princeton, Univ. P., 1960; tr. it. di Mirella di Castro e G. Pratesi, Bologna, Il Mulino, 1981, pp. 173-200 e 213-228, in part. 182 e 199, Gillispie affermava che con Rousseau la filosofia illuminista e romantica della natura «si risolve in un'ostilità sentimentale, o volgare, contro l'Intelletto»; essa «fu la sporadica insolenza del paranoico pionismo che la ricerca o il ricordo di una scienza più riconoscente». Questo giudizio avrebbe fatto scorta; anche per tale motivo si cercherebbe invano, ovviamente, una voce Rousseau nel «Dictionary of scientific biography», accanto a quelle su Condillac, Diderot e Voltaire.

(†) Come afferma storicamente C.E. PERRY, *The triumph of the anti-philosophists*, in H. WOOLF (a c. di), *The analytic spirit. Essays in the history of science in honour of Henry Guerlac*, Ithaca, N.Y., Cornell Univ. P., 1981, p. 61, solo «nei mesi conclusivi della sua vita, quali che fossero le sue ansie e le sue preoccupazioni politiche riguardo alla propria incolumità personale, Lavoisier fu sicuro del successo della propria scorta».

(‡) Cf. J. FERRY, *La Révolution française et la science, 1789-1795*, Paris, M. Rivère, 1960, pp. 115-117.

(§) Questa tesi è stata sostenuta con argomenti che ci paiono convincenti da D.I. DUVEN, *A.L. Lavoisier and the French revolution*, in «J. Chem. Educ.», 31, 1954, 2, pp. 60-65; 34, 1957, 10, pp. 502-503; 35, 1958, 3, pp. 233-234 e 9, pp. 470-471.

(¶) Discorso di Lavoisier del 5 maggio 1793 all'*Académie des sciences Sur l'opinion nationale de la réduction de tous les poids et mesures à une seule mesure universelle*, pub-

Se un tratto comune è individuabile nel complesso della produzione di Lavoisier, esso porta certamente il segno della generalità e dell'uguaglianza: l'unificazione dei pesi e delle misure doveva democratizzare il calcolo e, a livello economico, facilitare da una parte un'imposta unica su tutte le proprietà senza distinzione (non solo agricole, dunque: ciò che lo separava dai fisiocrati e lo avvicinava a Rousseau), e dall'altra un sistema fisiocratico-rousseauiano di contabilità nazionale e di *économie politique* a partire da dati certi e omogenei. Alla vigilia della rivoluzione lo vediamo proporre in termini pratici, sulle proprie terre, il primo esempio conosciuto di azienda agricola sperimentale, modellata su quella descritta con dovizia di dettagli da Rousseau nella *Nouvelle Héloïse*, romanzo che il giovane giurista aveva amato fin dalla sua uscita, al punto da riscriverne la prima parte in forma drammatica (*). Senza entrare qui in troppi particolari, diciamo solo che obiettivo di Lavoisier come di Rousseau è mostrare la contraddizione tra le esigenze di sviluppo capitalistico, da un lato, con relative promesse di « armonia », di « accordo perfetto » nella riscossione e negli impieghi delle rendite, in breve di benessere per tutti, e, dall'altro lato, la struttura politica e giuridica dell'*ancien régime* (**). Nella memoria del 1788 in cui descrive i suoi esperimenti economici e nel suo rapporto sui pesi e le misure ritorna il Leitmotiv della presenza di « ostacoli (...) nelle nostre istituzioni e nelle nostre leggi » (**). Da notare che la memoria gli sarà possibile pubblicarla solo nel

blicato nel « *Journal du Lycée des arts* », lire série, n. 14 del 25-9-1793 (ora in L. SCHLIER, *Lavoisier et la Révolution française*, I. *Le Lycée des arts*, Paris, Hermann, 1956, p. 55). La rinuncia alle « ipotesi metafisiche » dell'economia politica viene qui affermata nel momento in cui si precisa, a proposito della nuova unità monetaria, che le determinazioni proposte « non sono rigorosamente esatte, ma sono già più che sufficienti per i bisogni del commercio » (ivi, p. 63); chiaro rimando ad Aristotele, per il quale la moneta non può soddisfare a rigorose esigenze conoscitive, « ma basta a sufficienza per i bisogni pratici » (*Ethica nicomachea*, 1133 b 20). Per una recente critica dell'impostazione di Gillipie, si veda M. S. STRAZA in « *Historical Dictionary of the French Revolution, 1789-1799* » s.v. *Science*, pp. 877-878.

(*) Le prime scene si interrompevano proprio di fronte all'alternativa tra « savantes successions d'accords » e « enthousiasme » (J.-J. ROUSSEAU, *Julie ou la Nouvelle Héloïse*, I, 48, in *Oeuvres complètes*, Paris, Pléiade, 1939-1969, vol. II, pp. 132 e 134, d'ora in poi abbreviate rispettivamente in NH e OC; in margine al suo manoscritto Lavoisier rinvia a questa lettera). Quando il sentimento è estremo, riconosce lucidamente Chaire, « attaccarlo con mezzi violenti significa esporlo a delle tragedie »; e tuttavia delle passioni « conosciamo assai bene i segni e gli effetti. È l'arte di reprimerle che ci manca » (Parigi, Archives de l'Académie des sciences, Lavoisier, n. 1711, ff. 8r, 9r).

(**) NH, V, 2; OC, II, 530.

(*) *Résumé de quelques expériences d'agriculture, et réflexions sur leur relation avec l'économie politique, in en 1788, à la Société d'agriculture de Paris*, in « *Annales de chimie* », 15, 1792, p. 315, ora in *Oeuvres*, Paris, Impr. Impériale, 1864-1893, vol. II, pp. 823-823 (in seguito indicate con OL). Cfr. il citato discorso sui pesi e le misure, p. 53. Un'espressione quasi identica si incontra nel *Mémoire sur le département de l'agriculture* del 31 luglio 1787, pubblicato solo nel 1882, OL, IV, 189-190. Nel rapporto *Sur les progrès de la chimie et sur ce qu'elle doit aux travaux de feu Lavoisier*, in « *Journal du Lycée des arts* », IIème série, ottobre 1795 (L. SCHLIER, *Lavoisier...*, p. 76), Laprange coglierà acutamente questi aspetti della personalità del collega: « egli ispirava fiducia »; è lì, nella sua casa, « che si sentiva il fascino dell'eguaglianza moderata (*la douce égalité*); è là che non si ambiva altra gloria che

1792, e solo nelle « *Annales de chimie* », come se la battaglia nella teoria chimica fosse in qualche modo solidale con quella per i contenuti rivoluzionari in economia. Una comune semplificazione dei linguaggi specialistici si accompagna ai cambiamenti di paradigma e, in quanto legata in modo immediato ai mutamenti nel sistema comunicativo e nelle strutture organizzative dell'istruzione, si orienta radicalmente alla pratica.

Non di rado è stato sottolineato il ruolo svolto dalla logica di Condillac in questa direzione, in particolare il suo influsso su Lavoisier. Ma Condillac era stato anche l'unico tra i « filosofi » a cui Rousseau fosse rimasto vicino fino all'ultimo, anche intellettualmente (?). Sembra allora interessante verificare se anche negli scritti del Ginevrino, e in particolare in quelli di carattere scientifico, non sia rintracciabile un analogo punto di svolta che ci permetta di frangere con occhi diversi nel vecchio dossier.

Bisogna qui introdurre il testo che ci riguarda più da vicino, le *Institutions chimiques*. E subito si presenta un interrogativo. Perché questo lavoro, dopo essere stato pubblicato per la prima volta diversi decenni fa, in un'edizione critica abbastanza buona (almeno dal punto di vista filologico) ^(*), non è stato poi degnato, nel gran mare della letteratura su Rousseau, nemmeno di un articolo, di un capitolo, o della più breve delle note? Sono vent'anni, è vero, che è uscito in Italia il libro di Paolo Giannazzi. Ma è l'eccezione che pare confermare la regola. In 94 pagine di un formato tipografico non molto dissimile da quello dell'edizione critica, comprime e riassume le 342 pagine di quest'ultima, inducendo per di più a credere di darne la traduzione integrale; bisogna inoltre dire che nella parte in cui

di contribuire al successo delle arti, persuasi che senza di esse un paese si secca, s'impoverisce e si rovina». Riconosciamo qui alcuni famosi *tableaux* della *Nouvelle Héloïse*: quello di Wolmar che « invita alla fiducia » (la « fiducia delle anime belle » nell'azienda agricola - OC, II, 766-767); e quello della « douce égalité », emanante leggiù, a eguale distanza dai re e dagli straccioni, « una sorta di fascino » (NH, V, 7; OC, II, 608-609). Pur in presenza di una stagnazione nella quantità di bestiame e in quella del grano prodotto, Lavoisier nella memoria del 1788 affermava: « i miei magazzini, i miei granai non possono più bastare all'abbondanza dei miei foraggi » (« *Annales de chimie* », cit., p. 363), riecheggiando la modesta lettera della *Nouvelle Héloïse*, quasi per marcare le differenze tra i due modelli, al termine di un identico periodo di otto anni: « che fascino vedere dei buoni e saggi dirigenti (...) ingrassare quello che li circonda, uomini e bestiame; con i beni di cui traboccano i loro magazzini, le loro cantine, i loro granai » (NH, V, 7; OC, II, 603). Nel 1793 la moglie di Lavoisier annota l'inversione di tendenza, con un netto miglioramento, non limitato ai foraggi, dei risultati economici dell'azienda dopo 1789 (cf. D. Mc-Kim, *Antoine Lavoisier scientist, economist, social reformer*, London, Constable, 1952, p. 162). Ma direi poco. Come nel romanzo, la morte tragica del coniuge viene a proiettare tristi presagi sulla salute dell'« *économie particulière* ».

(*) M. CROSLAND, *The development of chemistry in the eighteenth century*, in « *Studies on Voltaire* », 24 (1965) pp. 370-371, a ragione suggeriva che « i legami di Diderot con Rousseau e Condillac meritano probabilmente un'ulteriore esame, e tutti e tre avevano qualcosa da dire sulla chimica ».

(**) Les *Institutions chimiques* de J.-J. ROUSSEAU, publiées et annotées par M. GAUTIER, in « *Annales J.-J. Rousseau* » (d'ora in poi rispettivamente IC e AJJR), XII (1918-1919) e XIII (1920-1921).

La nouvelle histoire

Oct. 1711

Siens, 1711



La Sum represente habituellement deux lettres.
Une chartre de De Casopagan

La bible de l'ore et l'on voit St Pierre
jubilé d'ici aujourd'hui toute accueilli a la
leçon. on peut avoir entre plusieurs livres
un grand nombre. je vous renvoie. je vous envoie
je n'en ai vu aucun en particulier d'avantage que la manique.
Je prendrai les premiers livres de composition
je développerai d'abord en grande mots la grande
principes de l'histoire, la grande histoire de la
manique. je parlerai du chant. je dirai que
le chant est a la destination, ce que la destination
est a la conversation advenir. on pourra aller
donner manique. de chant fait. de chant naturel
fieri de nos opéras et de nos opéras comiques.
tout cela parlerait a une autre fois
dans la quelle il faudrait écrire sur tout
de rien mettre de me chant. pendant cette
conversation chaque personnage par son

Tav. I - Lavoisier, *La Nouvelle Histoire*. Pagina iniziale del manoscritto. Parigi, Archives de l'Académie des sciences, Lavoisier, n. 1711, t. 1r.

affronta una valutazione storica, pur restando una delle trattazioni più estese a livello internazionale sulla filosofia della scienza di Rousseau, non entra mai veramente nel merito né delle *Institutions chimiques*, né degli altri suoi scritti ⁽¹⁾. Perché dunque tanta unanimità nel silenzio e nella liquidazione frettolosa di problemi né marginali né banali in un autore per il resto controverso come pochi altri? Non sarà per caso implicata la messa in discussione di una serie di luoghi comuni, che si riflette ben al di là della sua persona?

C'è un'affermazione di Rousseau da lui non pubblicata, probabilmente degli anni in cui lavora ancora alla stesura di questo manoscritto, che potrebbe essere illuminante:

« Tentiamo — egli dice — in qualche parte dell'arte di governo quel che sarebbe sospicabile fare in tutte le scienze, distruggiamo tutto quel che è stato fatto, è quanto di meglio ci sia da fare adesso » ⁽²⁾.

Se qui sembra contraddetta la tendenza interpretativa a fare di Rousseau un timoroso conservatore in campo politico, chi ci assicura che in tal modo egli non voglia farci ripiombare in uno stato di « beata ignoranza »? Ma si ripercorra nelle *Confessioni* l'itinerario intellettuale russoiano: apparirà chiaro quanto poco globale sia la negazione e quanto anzi affondi nel merito dei vari saperi. Il programma di ricerca si presenta sottile e lungimirante:

« Per poco che si abbia un vero gusto per le scienze, la prima cosa che si sente nel dedicarsi ad esse sono i legami esistenti tra di loro, per cui si attirano, si aiutano, si illuminano a vicenda e per cui l'una non può fare a meno dell'altra » ⁽³⁾.

Negli anni giovanili la botanica, la chimica e l'anatomia gli si presentavano confuse sotto il nome di medicina. Fu una dura conquista distinguerle, differenziarle l'una dall'altra ⁽⁴⁾. Solo nel momento in cui apparve chiaro « che tutto dipendeva radicalmente dalla politica » — egli aggiunge più oltre —, solo allora

⁽¹⁾ P. GAMBURZI, *J. J. Rousseau e la chimica. Ricerche di storia della chimica dal Rinascimento all'Illuminismo*, Bari, Adriatica, 1967. G. DE BRER, *J.-J. Rousseau: botanist*, in « *Annals of science* », 10, 1954, 3, p. 189, definisce le *Institutions* « a compilation of existing knowledge ». Per RICHARD RAPPAPORT, *G.F. Rouelle, an eighteenth-century chemist and teacher*, in « *Chymia* », 6, 1960, p. 79, il manoscritto « contains nothing of any originality ». La monografia di Eva Dahl e quella di Y.P. Beland, entrambe del 1980, sulla filosofia della scienza di Rousseau, prendono in considerazione quasi esclusivamente gli scritti politici.

⁽²⁾ OC, III, 480. R. DELIZES, *Révolution chimique et Révolution française: le « Discours préliminaire » ou « Traité élémentaire de chimie » de Lavoisier*, in « *Rev. des questions scientifiques* », 33, 1972, 3, pp. 19-21, ricorda che la lunga citazione di Lavoisier dalla *Logica* di Condillac si conclude con le seguenti parole: « quando le cose sono pervenute a questo punto (...) non c'è che un mezzo per rimettere ordine nella facoltà di pensare: dimenticare tutto quello che abbiamo appreso, riprendere le nostre idee all'origine, seguirne le tracce (...) ». Delbos osserva che si tratta di affermazioni eminentemente politiche e che in Lavoisier, come già in Rousseau, l'ordine morale, ossia sociale, si presenta in contraddizione con l'ordine fisico.

⁽³⁾ *Les Confessions*, VI; OC, I, 234.

⁽⁴⁾ *Ivi*, V; OC, I, 180.

venne alla luce il legame complesso e contraddittorio delle *Institutions chimiques* con le *Institutions politiques* (15).

DALLO STABILISMO ALLA TASSONOMIA

Rousseau ha cominciato a occuparsi seriamente di chimica frequentando quasi fin dall'inizio (nel 1742) e per diversi anni i corsi tenuti da Rouelle al Jardin du Roi, gli stessi che seguiranno Venel, d'Holbach, Diderot (negli anni 1756-1758), e Lavoisier (nel 1763-1764). Di queste lezioni ci restano varie stesure manoscritte redatte dagli allievi (lo stesso Rousseau ne possedeva una del corso del 1743 e tra le sue note è conservata una lunga descrizione di 396 procedimenti del corso del 1745), che mostrano una chiara evoluzione: intorno al 1751 le redazioni sono ancora caratterizzate dall'uso prevalente della simbologia alchemica e da un'impostazione orientata alla pratica, basata sull'enumerazione dei vari procedimenti. Successivamente questi simboli tendono a sparire e a lasciare spazio all'elaborazione teorica (16).

Uno stacco del medesimo genere è riscontrabile anche nell'ultima stesura a noi rimasta delle *Institutions chimiques*, che si interrompe alla fine del quarto libro, rispetto a frammenti precedenti e del quinto libro, il quale doveva esaminare le sostanze particolari e i vari procedimenti, e dove si fanno visibili le oscillazioni tra la critica sociale delle tecnologie e le esigenze di approfondimento dei problemi interni alla teoria (Tavv. II-V). Questo criterio ci permette di collocare il grosso del manoscritto in una posizione assai più evoluta e autonoma nei confronti dei vari corsi di Rouelle di quegli anni. Come avviene per alcune pietre miliari della chimica settecentesca — Lavoisier indicava il caso di Boerhaave per il problema dell'aria e quello di Macquer per la teoria del flogisto —, le contraddizioni interne al testo possono essere attribuite al differente stadio evolutivo delle singole parti, ma anche al permanere di insormontabili difficoltà teoriche. Che quella che possediamo non dovesse essere per Rousseau una versione finale pronta per la stampa è mostrato dalla struttura stessa del manoscritto, in cui ogni pagina è divisa in due in senso verticale e lascia la metà sinistra in bianco per le aggiunte e le correzioni, a volte di mero carattere programmatico. Inoltre, se egli ha conservato per alcune parti anche le minute, è verosimile che lo abbia fatto perché, prevedendo di dover tornare prioritariamente su certi problemi, voleva

(15) Ivi, IX, OC, I, 404. «Prendendo dapprima l'enciclopedia, l'andavo dividendo nei suoi settori; vidi che occorreva fare l'esatto contrario: prenderli ciascuno separatamente, e seguirli ognuno per conto suo fino al punto in cui si riuniscono». Dalla *Logica* di Port-Royal Rousseau passa alla geometria, infine all'algebra, e di qui a ritroso (Ivi, VI, OC, I, 237-238). «L'autore (Jean-Jacques), risalendo di principio in principio, aveva raggiunto i primi solo nei suoi ultimi scritti. Occorreva dunque, per procedere in modo sintetico, cominciare da questi, ed è ciò che feci, cominciando dall'*Emilio* con cui egli ha concluso.» (*Rousseau juge de Jean-Jacques. Dialogue troisième*, OC, I, 933).

(16) Si vedano, per esempio, i corsi manoscritti posseduti dalla Bibliothèque Nationale di Parigi, A.n.fr. 4043 (del 1751), e Fr. 12303-12304 (del 1756-1758).

lasciarsi marginali ancora più ampi per ulteriori rielaborazioni. Ma proprio su questi punti e di fronte a tali problemi ha dovuto interrompere il suo lavoro.

I citati frammenti riguardano in primo luogo il capitolo dei « principi » (a partire in particolare dall'assunto che un principio o elemento unico non può essere ammesso finché non ne venga dimostrata sperimentalmente l'esistenza), ma soprattutto il capitolo sul fuoco, poi quello sull'aria, e infine quello sull'analisi (distillazione, sublimazione, fusione e calcinazione) ⁽¹⁾. Mentre nelle parti restanti Rousseau sembrava far propri i dogmi dello stahlismo francese (critica dell'idea che le leggi del movimento possano servire a spiegare « cambiamenti di natura » e insieme affermazione della reversibilità di questi ultimi, teoria delle affinità ma non delle attrazioni, e perfino analisi chimica delle piante e degli animali) ⁽²⁾, nelle parti che appaiono inserite o rielaborate per ultime egli fa uso della distinzione stahliana tra *partie aggregative* e *partie constituante*, innestata, contro Becher e Stahl, sulla tesi di Hales e Boerhaave secondo cui anche l'aria può entrare come parte costitutiva nei composti: e fin qui si limita a utilizzare quello che è stato considerato da Fichman il fondamentale apporto di Rouelle. Ma, a differenza di questa scuola, egli sembra fermarsi qui e non procedere più tanto sbrigativamente a considerare anche il fuoco, sotto specie di flogisto, come elemento o principio costitutivo ⁽³⁾.

In effetti Rousseau mostra un interesse primario per le determinazioni ponderali e per l'uso della bilancia; nel capitolo sul fuoco, che in forza delle aggiunte problematiche è di gran lunga il più esteso di tutte le *Institutions*, comincia subito, seguendo Boerhaave « e il metodo dei geometri », col mettere da parte tutte le ipotesi e teorie ricevute e col considerare il fuoco come un'incognita, per poi risolversi ad appoggiare l'idea avanzata da questi e avversata dagli stahliani, secondo la quale il fuoco non ha peso, e infine dedurre che indirettamente essa può contribuire alla spiegazione del fenomeno di aumento di peso dei metalli durante la calcinazione. Rousseau si sofferma a riportare minuziosamente i diversi esperimenti che sono stati compiuti nel merito, per mostrare l'importanza della presenza dell'aria, la differenza rispetto al fenomeno opposto di perdita di peso nel corso della fusione, e in conclusione l'inconsistenza delle varie teorie alla luce dei

⁽¹⁾ Il curatore M. Gautier ha indicato in nota i luoghi delle opere di Becher, di Boerhaave, di Senac, etc., che Rousseau ha tenuto presente e che forniscono i materiali per la struttura portante delle *Institutions*.

⁽²⁾ Nella *Nouvelle Héloïse* la dottrina ruelliana del *latus* e dell'affinità è messa ironicamente sulla penna di Julie: « le nostre anime hanno per così dire aderito tra loro in tutti i punti, e dappertutto abbiamo sentito la stessa coesione (correggermi, amore, se applico male le vostre lezioni di fisica) » (NH, I, 11; OC, II, 55. Cfr. IC, I, 3; AJJR, XII, 34). G. MOURGEO TAGLIABUE, *Goethe e Rousseau e la doppia "Entzagung"*, in « Annali dell'ist. Univers. Orient. Studi todeschi », 22, 1979, 2, p. 72, mostra per un verso il legame con le lezioni di musica di Saint-Preux (da Lavoisier usate sapientemente, diremmo, per introdurre e gradire lo sviluppo dell'*amour-passion*), e per l'altro verso che il titolo stesso delle goethiane *Wahlverwandtschaften* sembra preso da qui, ancor più che dal famoso trattato di Bergman.

⁽³⁾ IC, I, 1, e II, 2-3; AJJR, XII, 13, 50 e 131. M. FICHMAN, *French Stahlism and chemical studies of air, 1750-1770*, in « *Ambix* », 18, 1971, pp. 94-122.

fatti⁽²⁰⁾. Tali pagine costituiscono certamente il punto di forza delle *Institutions* e le fanno emergere dallo sfondo del loro contesto storico. Tanto più che tutto lo stabilismo francese soffriva di un evidente disagio non appena si venivano a toccare i problemi teorici della calcinazione, preferendo non formularli nemmeno, se non addirittura cercando di rimuoverli, come nel caso emblematico di Macquer. Nel paragrafo « Della calcinazione », riassumendo le proprie obiezioni al modo corrente di trattare la questione, Rousseau ritiene di aver reso assolutamente « evidente che questo sistema implica contraddizione da tutte le parti e non può sostenersi in alcun modo »; e tuttavia subito dopo afferma che la teoria degli stabiliani è ancora « quella meglio in grado di rendere ragione dei fenomeni ». La polemica si stempera nell'adillio e si conclude con una citazione dalle *Bucoliche* che gli consente elegantemente di defilarsi: « Non nostrum inter vos tantas componere lites »⁽²¹⁾.

E l'aria? Nell'ultima stesura del capitolo che le è dedicato, dopo la solenne promessa: « cominciamo (...) col considerare l'aria come un ente a noi interamente sconosciuto », la « certezza » che Boerhaave abbia ragione di attribuire all'aria, in analogia col fuoco, un peso nullo, viene attenuata e diventa, in linea con l'epistemologia più avanzata, « quasi » una « probabilità »⁽²²⁾. Rousseau non ritiene soddisfacente la spiegazione data dal medico olandese del modo in cui l'aria si unisce ai vari corpi, cioè « senza alterazione »; ma la capacità dell'aria di comportarsi come « parte costitutiva » dei corpi resta confinata ai « corpuscoli eterogenei che vi nuotano senza posa »; e in qualche modo viene suggerito che sia la loro intrusione nei pori dei metalli calcinati responsabile dell'aumento di peso di questi ultimi⁽²³⁾. Comunque, al di là dei « ragionamenti ipotetici e condizionali », la chimica assume dalla fisica un principio di piena reversibilità, e se alcune operazioni prospettano effetti irreversibili, essa deve escluderli dal proprio campo di indagine; in tal modo l'emissione o l'assorbimento di calore appaiono esclusivamente connesse a una dilatazione o a una contrazione⁽²⁴⁾.

Rimasero le *Institutions chimiques* chiuse nel cassetto, come Rousseau dice di aver fatto per prudenza con le *Institutions politiques*? Nel 1757 egli rompe con gli enciclopedisti, si ritira in campagna, scrive e in breve pubblica le grandi opere. Se è probabile che le posizioni politiche che andava esprimendo abbiano avuto la loro parte nella rottura, non è escluso che vi sia entrata anche la chi-

(20) *IC*, II, 2; *AJR*, XII, 51 e 80-84, che corrispondono al frammento n. 2 di Neuchâtel, secondo la numerazione di Gautier. M. CARLSON, *The development*, cit., p. 395, ricorda come Boerhaave raccomandasse, trattando del fuoco, il metodo algebrico di considerare le incognite, e come queste stesse riflessioni siano richiamate da Lavoisier all'inizio del suo studio sul fuoco.

(21) *IC*, III, 1; *AJR*, XIII, 103-104. Cfr. SANDRA TUGNOLE-PATTARO, *La teoria del flogisto. Alle origini della rivoluzione chimica*, Bologna, Clueb, 1983, pp. 190-191 e 212-213.

(22) Ginevra, Bibliothèque Publique et Univ., *Ms* 238, (1ère partie) f. 158. *IC*, II, 3; *AJR*, XII, 153.

(23) *IC*, II, 2-3; *AJR*, XII, 82, 130. Da rilevare che Rousseau mette in questione anche la tesi di Boerhaave secondo cui l'acqua, evaporando nell'aria, si risolverebbe in « enti semplici » e nei propri « principi elementari » (*IC*, II, 2; *AJR*, XII, 72-73).

(24) *Discours sur l'Inégalité*, *OC*, III, 132-133. *IC*, I, 1; *AJR*, XII, 7-8, che corrispondono al frammento 4 bis di Neuchâtel. Cfr. C.C. GILLISPIE, *The edge...*, cit., pp. 230-235.

mica ⁽²⁾. Ma non fu a causa del *Contratto sociale* o della *Nouvelle Héloïse* se venne spiccata una sorta di mandato di cattura internazionale contro di lui. Ciò che allora lo costrinse a fuggire per mezza Europa è il sistema d'istruzione *ancien régime* delineato con straordinaria precisione nell'*Emile*. A fare paura sono gli implicati mutamenti di paradigma « in tutte le scienze », il nuovo tipo di linguaggio e quindi di pratica scientifica che dovrebbero essere messi alla portata di nuove classi: « che egli non apprenda la scienza, ma la inventi » ⁽³⁾. Solo in modo illusorio, nell'interesse di qualche monopolio, ricerca scientifica e istruzione potrebbero procedere separatamente, tanto più quando esse si ammantino di finalità pubbliche. Perciò Rousseau si tiene ancora al privato: è lì che giocoforza si formeranno le nuove istituzioni, ed egli stesso spiega perché abbandona la chimica per la botanica. Per far compiere un salto alla prima

« bisogna fare esperimenti ardui e costosi, lavorare nei laboratori, consumare molto denaro e molto tempo (...); e quando mai i chimici più mediocri, per aver trovato forse per caso qualche piccola combinazione dell'arte, non credono di aver penetrato tutte le grandi operazioni della natura? ».

⁽²⁾ Sulla questione del manoscritto di chimica per cui Rousseau si era impegnato con D'Holbach e che Diderot aveva cercato di sbrogliare, cfr. la nota di R.A. Lazar in J.-J. Rousseau, *Correspondance complète*, Genève-Oxford, 1965-1986 (d'ora in poi CC), vol. IV, p. 170 (cfr. inoltre p. 396). Alcuni riferimenti di Vernet, potrebbero anche essere l'indizio di una circolazione manoscritta del lavoro di Rousseau. Nell'articolo *Chimie* egli divide, come il Ginevrino, gli effetti generali delle operazioni in « *diacrite* » e « *zycoïte* », e prospetta un'opera contenente una specie di catalogo degli errori prodotti dalla confusione tra l'oggetto della chimica e quello della fisica, e che potrebbe intitolarsi *Institutions de Physique-Chymique* (« *Encyclopédie* », vol. III, 1753, pp. 416-418). Potendo mano nel 1795 alla storia "autentica" della rivoluzione chimica, FOURCROY apprezzò queste riflessioni « nuove e importanti », non certo l'esaltazione, presente nello stesso articolo, dello stile dei « vecchi chimici », diretta contro coloro « che volevano bandire il linguaggio oscuro, enigmatico e misterioso » (« *Encyclopédie méthodique. Chimie* », s.v. *Chimie*, vol. III, 1798, p. 280). Tra questi ultimi sicuramente Rousseau, che critica a più riprese l'uso del « linguaggio favorito degli alchimisti », con la loro « oscurità » di senso, l'« aria di riserbo » e di « gran mistero » (IC, I, 1 e 4; AJJR, XII, 17 e 41).

⁽³⁾ *Emile ou de l'éducation*, III; OC, IV, 430. L'importanza centrale che per l'insegnamento delle scienze, a partire da Rousseau, ha rivestito l'apprendimento attraverso la verifica sperimentale nella quotidianità piuttosto che attraverso l'opinione tramandata, è messa in luce da A. SCHLUPP, *Beiträge zur Geschichte des Kominternrichts*, Diss. Frankfurt/M., 1970, pp. 15-16. Il rifiuto dei gabinetti di fisica sperimentale nell'*Emile* segna un approfondimento più che una svolta rispetto alle *Institutions chimiques*, dove l'obiettivo polemico era pur sempre la scienza speculativa (cfr. IC, I, 2; AJJR, XII, 27). Rousseau aveva iniziato lo studio sistematico della chimica schedando accuratamente « tutte le memorie di chimica contenute in tutti i volumi della storia dell'Académie royale des sciences » dal 1699 al 1736 (Neuschütz, *Bibl. Publ. et Univ.*, Ms R 81, ff. 1-27). Avvicinandosi alla botanica, quasi per un riflesso egli riattiva lo stesso metodo di lavoro, ma si arresta dopo le prime pagine (Ivi, Ms R 80, f. 59). Ora neanche all'amato Linneo verranno risparmiate critiche per il fatto di non essersi basato abbastanza sulla natura esterna.

Qui invece, nella botanica, — prosegue il Ginevrino —

« non ho né spesa da fare né briga da prendere (...) per comparare i diversi caratteri delle piante, per segnare i loro rapporti e le loro differenze, per osservarne infine l'organizzazione vegetale in modo da seguire le evoluzioni di queste macchine viventi, e cercare qualche volta con successo le loro leggi generali, la ragione e il fine delle loro differenti strutture » (2).

La botanica si propone come scienza autonoma non solo ergendosi contro l'uso iniziatico delle piante da parte di medici e chimici-farmacisti, ma in quanto scienza praticabile da un più largo numero, indipendentemente dal potere:

« voi capite bene quel che significa, quel che può significare — ammicca Rousseau nei *Dialoghi* — un uomo che non è né medico, né farmacista, e che tuttavia segue dei corsi di chimica e coltiva la botanica! ».

La rivoluzionaria nomenclatura inventata da Linneo non va usata immediatamente come sistema di classificazione, magari con la vecchia simbologia alchemica, come Rousseau aveva cercato di fare nelle *Institutions chimiques* al seguito di Rouelle, perché allora apparirebbe troppo arbitraria (3). A partire da questa nomenclatura (e non contro di essa, come invece fa Adanson, ostinatamente abbarbicato alle lunghe definizioni incomprensibili) Rousseau ora lavora a fianco del Jussieu per un metodo di classificazione "naturale" per famiglie, pedagogicamente più efficace; elabora per primo, nei suoi erbari fatti largamente circolare, il metodo delle tavole analitiche dicotomiche che, grazie al suo amico Lamarck, è di uso corrente ancora oggi (4); e anche a questo fine si ingegna a rifondere la nomenclatura in un sistema di simboli astratti a carattere algebrico, orientato più all'individuo che alla specie, mentre la processualità del tutto, ancora una volta, è collocata ambiguamente nell'ombra (5).

(2) *Les Rêveries du promeneur solitaire. Septième promenade*, OC, I, 1067-1069 (cortivo nostro).

(3) *Roussseau juge de Jean-Jacques. Deuxième dialogue*, OC, I, 834. Sul tentativo di classificazione di ROUELLE (Tav. VI), pubblichiamo come *Mémoire sur les sels neutres* in « *Mém. de l'Acad. roy. des sc.* », 1744, e sui suoi esiti, cfr. A. DE MEO, *Théories et classifications chimiques au XVIII^e siècle*, in « *Hist. and philos. of life sc.* », 5, 1983, 2, p. 184.

(4) Sul legame di Rousseau con il Jussieu, in particolare con Antoine-Laurent, si vedano A. JANSEN, *Roussseau als Botaniker*, Berlin, G. Reimer, 1985, pp. 168-170, e S. STANOV, *Linnej, Ruzso, Lomovik*, Moska, Sovetskaja nauka, 1955, pp. 100-101, che resta il contributo fondamentale per valutare la portata del metodo di Rousseau nell'elaborazione di quello lamarckiano (Ivi, pp. 114-117 e 122-124). Con la creazione della *Société Linnéenne* nel 1787, la tradizione russiana sembra aver agito un po' come l'ago della bilancia tra le tendenze più rigidamente fedeli al sistema di Linneo e quelle più aperte al metodo di Jussieu, che finiscono col prevalere nel 1792. C. C. GILLESPIE, *The «Encyclopédie»*, cit., p. 267, segnala tra i membri Lamarck, ma omette il nome di Lavoisier (cfr. *Registres des procès verbaux des séances de la Société Linnéenne de Paris*, Parigi, Bibl. Mazarine, Ms 4441, ff. 35 e 40). Per l'influsso del Jussieu su Lavoisier si veda F. ABBRI, *Le Terre, l'Acqua, le Arie. La rivoluzione chimica del Settecento*, Bologna, Il mulino, 1984, pp. 84-85.

(5) In uno studio assai innovativo, apparso all'indomani del lavoro di Shannon e Weaver,

Solo in prossimità della rivoluzione — dopo che i diversi tentativi di usare l'analisi chimica come criterio di delimitazione dei vegetali dagli animali si erano votati sempre più al fallimento — la chimica comincerà ad appropriarsi di questa semplificazione e delle connesse ambiguità, algebrizzando la propria logica (del resto, le russe *Lettres élémentaires sur la botanique*, pubblicate nel 1781, non preludevano già nel titolo al *Traité élémentaire de chimie*?)⁽¹⁾. Lo potrà fare, certo, grazie alle strade spianate nella botanica, ma anche, o anzi soprattutto, grazie a quegli « esperimenti ardui e costosi » e al « molto denaro » che forse solo la posizione di *fermier général* avrebbe potuto permettere a un singolo ricercatore⁽²⁾.

Uomo-chiave nel processo di istituzionalizzazione dei nuovi linguaggi scientifici sarà Lakanal, organizzatore e relatore ai festeggiamenti rivoluzionari in onore

ma rimasto del tutto isolato, S. TSURUBEI, M. TADA e K. HIGUCHI considerano Rousseau come probabilmente il più grande critico della comunicazione mai esistito, per il fatto di essere riuscito a far pervenire messaggi rivoluzionari attraverso nuovi canali e in forme altrettanto rivoluzionarie, che egli ha creato e che da allora operano presso di noi: nel *Saggio sull'origine dei linguaggi*, gesti, canto, lettere, espressioni grafiche e verbali sono compresi sotto la nozione unitaria di « comunicazione » (*Rousseau in the history of communication, in Rasseo - Rousseau. A corporate study, under the direction of T. KUWAMURA. A report of the Institute for humanistic science, Kyoto Univer.*; Tokyo, Iwanami Shoten, 1951, pp. 245-274 del testo giapponese e 13-15 dei riassunti in inglese). L'uso dell'algebra, che come nel caso di Condillac mostra ascendente nell'opera di B. Lamy, emerge nel *Contrat social*, dove il significato matematico di « rapporto » viene opposto a quello del linguaggio naturale, adottato dalla chimica newtoniana.

⁽¹⁾ Cf. D. C. GOODMAN, *The application of chemical criteria to biological classification in 18th century*, in « Medical history », 15, 1971, pp. 23-44. La traduzione tedesca della *Méthode de nomenclature chimique*, a cura di C. GIBSTONER (Berlino, 1791), col suo originale metodo a tre colonne, ripreso poi anche altrove (vecchi termini, nuovi termini e traduzione di questi), porta in epigrafe un brano di Rousseau: « le teste si formano sui linguaggi; i pensieri prendono il colore degli idiomi » (*Emile*, II; OC, IV, 346). Nel *Discours préliminaire dell'89* Goethe non ha ritracciato solo l'influenza di Condillac: come « *a scientific Emile* », per Lavoisier « chi comincia a studiare fisica deve seguire il cammino impiegato da natura per fissare le idee nel bambino » (H. GUERLAC, A.-L. Lavoisier, *chemist and revolutionary*, New York, C. Scribner's sons, 1975, p. 15). Nel corso dell'apprendimento lo scienziato, come il fanciullo, deve imparare il linguaggio correggendo gli errori con l'esperienza; solo nello stadio superiore impara a far uso della simbologia più astratta (cf. L. ROSENFIELD, *Condillac's influence on French scientific thought*, in P. FRITZ e D. WILLIAMS [a c. di], *The triumph of culture*, Toronto, Hakkert, 1972, ora in L. ROSENFIELD, *Selected papers*, Dordrecht, Reidel, 1979, pp. 664-665). In questo senso, dice Lavoisier ricorrendo allo stesso esempio impiegato da Rousseau e da Condillac, le idee più specifiche di quella di « albero in generale » non sono « puramente metafisiche », ma stabilite « in natura »: e questa è la logica di « tutte le scienze » (cf. *Discours sur l'origine et les fondemens de l'inégalité*, I; OC, III, 150). C. C. GILLESPIE, *The edge...*, tr. it. cit., pp. 235-242, la considera una riduzione dell'algebra alla tassonomia, in cui vede l'aporia più profonda e la radice intellettuale della tragedia di Lavoisier.

⁽²⁾ Ancora nel 1789 Lavoisier conclude, come Rousseau, per una riforma che nasce dal privato, nell'economia come nella scienza: « il fisico può anche, nel silenzio del suo laboratorio e del suo gabinetto, esercitare delle funzioni patriottiche » che concernono « alla rigenerazione degli Imperi » (A. LAVOISIER e A. LAPLACE, *Premier mémoire sur la respiration des animaux*, OL, II, 703). Cf. NH, *Seconde préface*; OC, II, 24.

di Rousseau, in cui dimostra di sapere benissimo che il Ginevrino combatteva contro *un certo tipo* di scienza e proprio così preparava la rivoluzione ⁽²⁾. Grazie a Lakanal, importante relatore alla Convenzione sul problema dell'istruzione pubblica, i naturalisti del Jardin du Roi che per tempo ripudiarono la struttura monarchica della loro istituzione, per proporre un'altra di tipo ugualitario-concorsuale, saranno accolti a braccia aperte nelle istituzioni repubblicane ⁽³⁾. Infine, egli sarà tra i pochissimi a prodigarsi per salvare Lavoisier. Le dissonanze — aveva risposto molti anni prima Rousseau a un anonimo *fermier général* che gli comunicava di aver « sentito fino all'entusiasmo l'armonia, il basso fondamentale, gli accordi perfetti, perfino le dissonanze collocate al punto giusto » nella *Nouvelle Héloïse* — queste dissonanze che rompono le « sapienti successioni di accordi », scriveva Rousseau, « tutti sanno fin troppo bene come si preparano, ma sono difficili da salvare » ⁽⁴⁾.

⁽²⁾ J. LAKANAL, *Rapport sur J.-J. Rousseau fait au nom du comité d'instruction publique*, 29 fructidor an II (15.9.1794): « In qualche modo è la rivoluzione che ci ha spiegato il *Contratto sociale*. Cerceremmo dunque che un'altra opera ci conducesse alla rivoluzione, ci educasse, ci istruisse, ci plasmasse per essa; e quest'opera è l'*Émile* » (p. 6): in questo libro la chiara previsione di « una rivoluzione generale » e la « necessità di ricostruire l'edificio sociale » sono indissolubilmente legate alla « necessità di insegnare a ogni cittadino un'arte meccanica » (pp. 7-8). E pur vero che « J.-J. Rousseau si è levato contro le scienze; ma le sue opere provano quanto se ne è occupato (...) ». Sono esse, che gettano una luce terribile sui viziatori dei principi » (p. 10). Non ci pare una coincidenza del tutto casuale il fatto che FOURCROY, per introdurre il capitolo sulla rivoluzione chimica, utilizzi l'incipit del *Discorso sulle scienze e le arti*: « *C'est un grand et magnifique spectacle pour le philosophe, que de voir etc.* » (*art. Chimie, cit.*, par. VI, p. 317. Cf. OC, III, 6).

⁽³⁾ Cf. J. FAYET, *La Révolution*, cit., pp. 115-117.

⁽⁴⁾ Lettere del 5 e del 13 febbraio 1761; CC, VIII, 62 e 98. Le due lettere dovettero avere una loro circolazione, tanto che Diderot potrà intervenire polemicamente per bocca del *aveux*: « io voglio che mio figlio sia felice o, quel che è lo stesso, onorato, ricco e potente. Conosco alquanto le vie più facili per raggiungere questo scopo, e glielo insegnerò per tempo. (...) Sono dissonanze nell'armonia sociale che bisogna saper collocare, preparare e salvare ». (*Le notes de Rousseau*, in D. DIDEROT, *Oeuvres complètes*, Paris, Le Club français du livre, 1969-1973, vol. X, pp. 393-394).

FERDINANDO ABBRI (*)

Rivoluzione chimica e scienza italiana:
le ricerche di Felice Fontana sull'aria fissa (**)

Chemical Revolution and the Italian Science: Felice Fontana's Research on Fixed Air.

ABSTRACT. — For many years the Eighteenth century chemical revolution has been the subject of systematic historical research and of profound methodological discussions. The manifold reconstructions of such a revolution have a general feature: they do not consider the contributions of Italian scientists to the evolution of the chemical thought in the Enlightenment. Most of historians thinks that only at the end of the eighteenth century Italian scientists were playing a major role in the advance of chemistry.

Felice Fontana (1730-1805), Director of the Royal Cabinet of Physics and Natural History in Florence, is one of the most outstanding eighteenth century naturalists. In this paper the author reconstructs Fontana's research on fixed air (carbon dioxide) and emphasizes their relevance in the European scientific context of that period. He tries to draw attention to the necessity of seriously considering the works of the Italian Chemists in order to explain some crucial phases in the history of eighteenth century chemistry.

1. In un saggio su *Chemistry and the Chemical Revolution* (1) Maurice Crosland ha messo in luce nel 1980 alcuni temi centrali delle vicende della chimica del Settecento ed ha svolto stimolanti considerazioni critiche in merito al dibattito storiografico sul significato della rivoluzione chimica di Lavoisier. In queste pagine Crosland ha giustamente criticato sia i tentativi compiuti dai filosofi, appartenenti a diverse correnti, di utilizzare la rivoluzione chimica « to argue for their own views on philosophy of science », sia la presentazione della chimica

(*) Dipartimento di Filosofia, Università della Calabria, Cosenza.

(**) Relazione presentata al II Convegno Nazionale di « Storia e Fondamenti della Chimica » (Roma, 16-19 settembre 1987).

(1) M. CROSLAND, *Chemistry and the Chemical Revolution*, in G.S. ROUSSEAU, R. PORTER (a cura di), *The Ferment of Knowledge. Studies in the historiography of eighteenth-century science*, Cambridge, 1980, pp. 389-416.

settecentesca in termini « of individuals », in particolare dei due « giganti » Priestley e Lavoisier (2).

In anni recenti si sono verificati mutamenti significativi nella storiografia della scienza. Lo sviluppo di approcci interdisciplinari, l'assegnazione di uno spazio sempre maggiore alla ricerca dei contesti storici e culturali, l'acquisita consapevolezza della rilevanza storica dei processi che portarono la « filosofia naturale » a specificarsi in discipline autonome dotate di oggetti definiti hanno svelato l'artificialità di certe ricostruzioni epistemologiche ed interniste (3). Questi mutamenti hanno consentito di mettere in discussione la tradizionale immagine della scienza del secolo dei lumi. Il Settecento costituisce attualmente un vero e proprio problema storiografico: il significato della scienza settecentesca deve essere di nuovo definito, una volta superata la prospettiva semplificatrice del « secolo di Newton ». Non è un caso che il lavoro di Crosland, al quale mi sono riferito all'inizio di questa comunicazione, faccia parte di una collezione di saggi tutti tesi a mettere a fuoco lo stato dell'indagine storica sulla scienza del XVIII secolo (4).

Nel panorama degli studi recenti sulle vicende delle « scienze » nell'età dei Lumi spiccano vari contributi di grande valore che hanno radicalmente modificato l'immagine consolidata di settori disciplinari noti ed hanno mostrato l'esistenza di campi problematici nuovi meritevoli di essere attentamente esplorati. Dopo i lavori di C. TRUESDELL non è più possibile considerare la storia della meccanica razionale come un'estensione lineare delle idee di Newton (5), mentre i contributi di W.F. BYNUM, G.N. CANTOR, J.L. HEILBRON, J.E. McEVoy, R. PORTER, P. ROSSI, G.S. ROUSSEAU, S. SCHAFER hanno mostrato la rilevanza di certe specifiche tematiche settecentesche, che appaiono assolutamente non trascurabili (6).

Quasi a voler confermare il suo « Cinderella-like status » (7), la storia della chimica non sembra aver profitto molto delle nuove prospettive storiografiche.

(1) *Ivi*, pp. 402-403.

(2) Cfr. P. ROSSI, *I saggi e le formiche. Un'apologia della storia della scienza*, Bologna, 1956, pp. 21-27; pp. 163-209; J. ROZSA, *Per una storia storica delle scienze*, in « *Giornale critico della filosofia italiana* », LXIII, 1984, pp. 285-314.

(3) Si veda l'Introduzione (pp. 1-7) di PORTER e ROUSSEAU a *The Ferment* cit. e G.N. CANTOR, *The Eighteenth Century Problem*, in « *History of science* », XX, 1982, pp. 44-63; J.V. GOLDING, *Science in the Enlightenment*, *ivi*, XXIV, 1986, pp. 411-424.

(4) C. TRUESDELL, *A program toward rediscovering the rational mechanics of the age of Reason*, in « *Archive for the history of the exact sciences* », 1, 1960, pp. 3-36.

(5) Cfr. i saggi di Schaffer, Rousseau, Bynum, Porter, Heilbron pubblicati in *The Ferment* cit. Si veda anche: P. ROSSI, *I segni del tempo*, Milano, 1979; J.G. McEVoy, *Joseph Priestley e Aerial Philosopher: Metaphysics and Methodology in Priestley's chemical Thought, from 1762 to 1781*, in « *Ambix* », XXV, 1978, pp. 1-55, pp. 93-116, pp. 153-175; *ivi*, XXVI, 1979, pp. 16-38; G.S. ROUSSEAU, *Science*, in P. ROZSA (a cura di), *The Context of English Literature. The Eighteenth Century*, London, 1983, pp. 153-207; L. JORDANOVA, R. PORTER (a cura di), *Images of the Earth*, Lancaster, 1979; J.L. HEILBRON, *Alle origini della fisica moderna*, Bologna, 1984; S. SCHAFER, *Priestley's Questions: An Historiographic Survey*, in « *History of science* », XXII, 1984, pp. 151-183; L. JORDANOVA (a cura di), *Languages of Nature*, New Brunswick, 1986, Part I.

(6) A. THACKERAY, *Atoms and Powers*, Cambridge Mass., 1970, p. VII. Vale la pena di

E' indubbio che i panorami delineati nel 1948 da J.R. Partington e nel 1949 da H. Butterfield risultano oggi datati e totalmente inaccettabili (*) e che, grazie alle ricerche di H. Guerlac e dei membri della « Cornell School » (†), il quadro della rivoluzione chimica si è di molto arricchito e precisato. Ma molte domande relative alla struttura e al significato di tale rivoluzione attendono ancora risposte esaurienti. La tendenza a presentare la chimica del Settecento in termini di paradigmi (flogistico ed antiflogistico) in contrasto ed a considerare quasi esclusivamente le opere dei chimici appartenenti all'area britannica e a quella francese risulta sempre dominante.

Pur criticando gli approcci tradizionali, lo stesso Crosland ha richiamato l'attenzione sulla necessità di prendere in considerazione i chimici « from the British Isles » e figure minori in quanto significativi per illustrare la reazione dei flogististi all'opera di Lavoisier e di studiare le comunità chimiche nazionali, privilegiando però quella scozzese o quella francese. Il saggio di Crosland contiene un invito per una nuova trattazione storica « of the whole question of chemistry, chemists and the Enlightenment » (‡), ma l'impostazione della discussione sembra derivare dalla convinzione che le vicende della rivoluzione chimica si siano consumate solo in ambito anglo-francese e che contesti linguistico-culturali diversi abbiano rilievo storico soltanto al fine di illustrare il destino dell'opera di Lavoisier. Non è forse un caso che nel suo saggio non venga ricordato neppure per inciso C.W. Scheele.

Da alcuni anni ho maturato la convinzione che fasi cruciali dell'evoluzione del pensiero chimico settecentesco non sono comprensibili senza un'attenta considerazione dell'influenza esercitata dalle ricerche dei naturalisti scandinavi, italiani e tedeschi. E' vero che fonti storiche primarie (memorie, manuali, lettere, protocolli di laboratorio) e studi scritti in svedese, in italiano e in tedesco hanno scarsissima udienza presso la comunità degli storici di lingua inglese, ma il significato complessivo della rivoluzione chimica può essere afferrato solo tenendo conto degli specifici contesti « nazionali » dell'indagine chimica che ebbero rilevanza ed un impatto reale e documentabile sul contesto generale. Nell'importante volume di F.L. Holmes su *Lavoisier and the chemistry of Life* i riferimenti a

segnalare che in una recente raccolta di saggi dedicati alle scienze nel Settecento la chimica viene trattata in sole tre pagine: R. VERHAUS (a cura di), *Wissenschaften im Zeitalter der Aufklärung*, Göttingen, 1985, pp. 236-239. Si veda anche: J.R.R. OCKEN, J.V. GOLINSKI, *The Spreading of the Word: New Directions in the Historiography of Chemistry 1600-1800*, in « History of science », XX, 1982, pp. 235-266; C. MEDINA, *Theory or practice? The Eighteenth-Century Debate on the Status of Chemistry*, in « Ambix », XXX, 1983, pp. 121-152.

(*) J.R. PARTINGTON, *Chemistry through the Eighteenth Century* (1948), in A. PARSONSON (a cura di), *Natural Philosophy through the 18th century*, London, 1972, pp. 47-66; H. BUTTERFIELD, *Le origini della scienza moderna* (1949), Bologna, 1971, pp. 223-242.

(†) H. GUERLAC, *Lavoisier - The Crucial Year*, Ithaca, 1966; In: *Essays and Papers in the History of modern science*, Baltimore-London, 1977; H. WOOLF (a cura di), *The Analytic Spirit. Essays in the History of Science in Honor of Henry Guerlac*, Ithaca, 1981, I. *The Chemical Revolution* (saggi di J.B. Gough, C.F. Perain, L.J. Burlingame).

(‡) M. CROSLAND, op. cit., p. 390 n. 5; p. 404.

Scheele, ai chimici svedesi ed italiani sono generici, insufficienti e, talora, non privi di inesattezze e tutto ciò rende discutibili le ricostruzioni ed alcune conclusioni dello storico americano ⁽¹⁾.

Se la scienza svedese, che costituisce uno dei capitoli più straordinari della storia della chimica del Settecento, riceve una così scarsa attenzione, non è possibile attendersi riferimenti precisi ai lavori dei chimici italiani. Nel 1963 A.G. Debus era arrivato ad una conclusione drastica: solo alla fine del Settecento « Italian scientists were playing a major role in the advance of chemistry » ⁽²⁾. Una ricostruzione della genesi della rivoluzione chimica può dunque ignorare il contributo dei naturalisti italiani alla nascita della chimica moderna.

Ciò che appare degno di nota è che una conclusione di questo tipo non è il risultato di indagini sistematiche sulla realtà storica della chimica di un dato contesto culturale, bensì la conseguenza di uno schema interpretativo generale che storici e filosofi si sono costruiti relativamente alla rivoluzione chimica. Facendo ricorso a paradigmi, a mutamenti di paradigmi o privilegiando l'opera di (pochi) chimici noti è possibile riassumere tutta la chimica del secolo XVIII in un contrasto epistemologico tra i sostenitori della « conventional phlogiston theory » e gli antiflogististi.

Indagini preliminari inducono invece a ritenere che alcuni capitoli della chimica settecentesca non sono pienamente comprensibili ove non si consideri l'opera di vari esponenti della comunità chimica italiana. Le ricerche e l'attività di Felice Fontana, Marsilio Landriani, Alessandro Volta, Pietro Moscati, Giovanni Fabbroni, Vincenzo Dandolo e Luigi V. Brugnatelli e dei chimici dell'Accademia delle scienze di Torino hanno un rilievo storico che supera i limiti delle vicende della scienza italiana. Quest'ultima costerà in effetti un punto di riferimento non trascurabile per la scienza europea. È sufficiente prendere in esame le opere e gli epistolari dei maggiori chimici e sfogliare le riviste del tempo per rendersi conto del ruolo svolto dai naturalisti italiani. Non si vuole qui rivendicare un qualche inesistente primato, ma mostrare che un discorso storico adeguato sulla chimica dell'età dei Lumi può essere costruito solo avendo presente il quadro complessivo della ricerca.

Lo scopo che questa comunicazione si propone non è quello di fornire una ricostruzione della chimica italiana nel secolo XVIII. Mi propongo uno scopo assai più modesto: illustrare brevemente alcune ricerche di chimica pneumatica compiute da Felice Fontana. Il « caso Fontana » serve tuttavia a mostrare il carattere in gran parte mitologico di quello schema storiografico che assegna alla scienza italiana un qualche ruolo soltanto dopo la nascita della chimica antiflogistica.

2. A partire dagli anni Settanta del Settecento fecero la loro comparsa nell'Europa continentale i lavori britannici di chimica pneumatica, contenenti scoperte

⁽¹⁾ F.L. HOLMÉR, *Lavoisier and the Chemistry of Life*, Madison Wisconsin, 1965. Per osservazioni più puntuali su questo volume mi permetto di rinviare alla mia recensione in « *Nuncius. Annali di storia della scienza* », I, 1986, n. 1, pp. 216-220.

⁽²⁾ A.G. DEBUS, *A Forgotten Chapter in the Introduction of the New Chemistry in Italy*, in « *Ambix* », XI, 1963, p. 157.

relative all'esistenza di arie specifiche ed irriducibili. Com'è noto, queste scoperte ebbero un impatto assai diversificato sulla chimica continentale. In Italia (e in Toscana in particolare) conobbero una grande fortuna e i gas divennero un oggetto primario di indagini sperimentali ed argomento di accese discussioni⁽⁹⁾.

Nel 1775 il trentino Felice Fontana (1730-1805), dal 1760 residente in Toscana e dal 1766 fisico di corte del Granduca Pietro Leopoldo, venne nominato Direttore del Reale Gabinetto di Fisica e Storia Naturale di Firenze⁽¹⁰⁾. In questo stesso anno pubblicò le *Ricerche fisiche sopra l'Aria fissa*, che conobbero ampia diffusione non solo in Italia (dove vennero ristampate su varie riviste), poiché vennero tradotte in francese e pubblicate sulle « Observations sur la physique » dell'Abate F. Rozier⁽¹¹⁾. Questa breve memoria sull'anidride carbonica liberata dal carbonato di calcio mediante l'acido solforico costituisce il primo contributo di Fontana alla chimica dei gas. Sempre nel 1775 pubblicò un opuscolo dal titolo *Descrizione, ed usi di alcuni stromenti per misurare la salubrità dell'aria che, con le Ricerche fisiche intorno alla salubrità dell'aria* (1775) di Landriani, segnò la data di nascita di un capitolo di fondamentale importanza dell'indagine chimica: l'eudiometria⁽¹²⁾.

Nell'autunno del 1775 Fontana, accompagnato da G. Fabbroni, intraprese un lungo viaggio in Francia e in Inghilterra destinato a protrarsi sino alla fine del 1779. In questi anni effettuò una serie impressionante di indagini sperimentali, prese contatti con i naturalisti più eminenti del tempo, acquistò strumenti per il Gabinetto Reale e partecipò alle sedute dell'Académie royale des sciences di Parigi e della Royal Society di Londra. Egli si occupò di chimica pneumatica, della questione della respirazione animale, della trasmutazione dell'acqua in terra, di chimica mineralogica, della composizione di un gran numero di acidi organici, dei rapporti

⁽⁹⁾ Alcune indicazioni sulla penetrazione delle ricerche beissianiche sul gas in Italia in F. ARBAS, *Alessandro Bicchieri e le terme di Montecatini*, in *Una Politeia per le Terme: Montecatini e la Val di Nievole nelle riforme di Pietro Leopoldo*, Siena, 1985, pp. 228-230; Id., *La chimica italiana alla metà del Settecento*, in V. CAPVILLETTI, F. DI TROCCHIO (a cura di), *De Seditus, et Causis*, Roma, 1986, pp. 209-211; Id., *Filosofia chimica e scienza naturale nel meridione*, in corso di stampa.

⁽¹⁰⁾ P.K. KNORRER, *Felice Fontana. Life and Works*, Trento, 1984, pp. 31-65; R.G. MAZZOLINI, G. ONGARO (a cura di), *F. Fontana. Carteggio con L. Marc'Antonio Caldini 1758-1794*, Trento, 1980.

⁽¹¹⁾ F. FONTANA, *Ricerche fisiche sopra l'aria fissa*, Firenze, 1775. Questo opuscolo venne ristampato nel 1775 nella « Antologia Romana », nella « Raccolta di Opuscoli Filo-medici » di Firenze e nel 1776 nella « Sclta di Opuscoli Interessanti » (rist. 1782) di Milano. La traduzione francese è in « Observations sur la physique », VI, 1775, pp. 280-289. Esiste una traduzione inglese manoscritta conservata presso la Royal Society di Londra. Per le varie opere di Fontana è necessario ricorrere a P.K. KNORRER, *Felice Fontana 1730-1805. An Annotated Bibliography*, Trento, 1980.

⁽¹²⁾ F. FONTANA, *Descrizione ed usi di alcuni stromenti per misurare la salubrità dell'aria*, Firenze, 1775. Cfr. L. BELLONI, *L'eudiometro del Landriani*, in « Actes du symposium international sur les sciences naturelles, la chimie et la pharmacie du 1630 au 1850 », Firenze, 1962, pp. 130-151; P.K. KNORRER, *Famine and fever in Tuscany. Eighteenth century concern with the environment*, in « *Physio* », XXI, 1979, pp. 7-35.

tra aria ed acqua e scopri la proprietà del carbone (carbonio attivo) di assorbire i gas. Queste ricerche dettero vita a memorie che vennero pubblicate in francese sulle « Observations » ed in inglese sulle « Philosophical Transactions » della Royal Society e solo in un secondo tempo in italiano. E questo fatto pone problemi filologici di non facile soluzione allo studioso delle opere fontaniane.

Non è possibile illustrare qui in maniera esaustiva le ricerche e le concezioni chimiche di Fontana ⁽¹⁷⁾, ma è importante tenere presente che egli arrivò ben presto ad occupare una posizione di primo piano nella comunità scientifica internazionale. Nelle opere dei vari naturalisti (e di Priestley in particolare) si ritrovano riferimenti continui alle sue ricerche. Converterà soffermarsi sulle concezioni fontaniane in merito all'aria fissa.

Nonostante che quest'aria fosse stata isolata per prima come gas specifico, essa costituì un vero e proprio enigma per i sostenitori di teorie flogistiche. Nelle *Ricerche Físiche* del 1775 Fontana affrontò la questione se l'acidità esibita dalle acque trattate con aria fissa fosse dovuta all'aria o all'acido solforico usato per ottenerla. Si soffermò in particolare sulla proprietà di queste acque di tingere in rosso il tornasole e concluse che l'aria ottenuta dalla pietra calcarea doveva la sua acidità all'acido usato per liberarla, di conseguenza nell'aria fissa non entrava, secondo lui, nessun principio acido e il suo carattere acido era del tutto accidentale.

Nel 1775 si oppose dunque alle concezioni del chimico svedese Torbern Bergman, il quale nel 1773 aveva invece affermato che l'aria fissa era un vero acido presente nell'atmosfera e aveva proposto di designarla con il termine *luftsyra* (acido aereo) ⁽¹⁸⁾. Scrive infatti Fontana:

A torto dunque si è creduto che l'esistenza di quell'acido ne costituisse un carattere proprio, ed essenziale, o che quell'aria fosse essa medesima un puro acido aereo. Quell'acido, quando vi è, vi è affatto accidentale, ma non è per questo accidentale a quell'aria la facoltà di poterne sciorre. Questa non perde mai, finché seguita ad essere aria fissa ⁽¹⁹⁾.

⁽¹⁷⁾ Per le varie opere fontaniane cfr. la *Bibliography* curata di Knoefel. Indicazioni sul loro contenuto e significato storico in P.K. Knoefel, *Felice Fontana. Life etc.*, pp. 165-190; Id., *The discovery of the absorbent property of activated carbon*, in « Archives Internationales d'histoire des sciences », XXIX, 1979, pp. 28-34; F. ARRET, *Le terre, l'acqua, le arie*, Bologna, 1984, passim.

⁽¹⁸⁾ T. BERGMAN, *Om Luftsyra*, in « Kongl. Vetenskaps Academiens Handlingar för År 1773 », XXXIV, 1773, pp. 170-186 (si è usata una ristampa a cura di S.M. Jonsson, Stockholm, 1956). Nel 1775 venne ristampata in versione latina ampliata con il titolo di *Commentatio de acido aereo* in « Nova Acta Regiae Societatis Scientiarum Upsaliensis », II, 1775, pp. 108-160. Cfr. B. MÖNSTER, *Torbern Bergman. A Bibliography of his Works*, Stockholm, 1957. Sulle discussioni in merito all'aria fissa: F. ABDEL, *Le terre etc.*, pp. 170-184. Sulla chimica svedese: H. OLSSON, *Kemienens historia i Sverige intill år 1800*, Uppsala, 1971, pp. 122-149 (su Bergman e Scheele) e pp. 297-301 (sul Kolytra).

⁽¹⁹⁾ F. FONTANA, *Ricerche físicas etc.*, p. XIV.

⁽²⁰⁾ M. LANDRIANI, *Ricerche físicas intorno alla salubrità dell'aria*, Milano, 1775, p. X, pp. 48-49.

Sul problema dell'acidità dell'aria fissa Landriani era arrivato nel 1775 alle stesse conclusioni di Fontana⁽²⁾. Le osservazioni di W. Bewley, di Priestley (1775) e di C.L. Berthollet (che nelle *Observations sur l'air* del 1776 attaccò proprio le concezioni dei due italiani)⁽³⁾ indussero in seguito Fontana a modificare la sua conclusione.

Priestley affrontò a varie riprese la questione dell'aria fissa che molti chimici consideravano il risultato dei processi di flogisticazione di aria. Ad esempio la riduzione delle calci metalliche con l'aiuto del carbone produceva aria fissa, si riteneva perciò che quest'ultima fosse un composto di aria e flogisto. Priestley si oppose decisamente a questa conclusione: il risultato dei processi di flogisticazione era per lui aria flogisticata (anoto), mentre l'aria fissa era un principio preesistente, una circostanza secondaria osservabile in vari processi pneumatici.

Nel 1776 Fontana pubblicò a Parigi le *Recherches physiques sur la nature de l'air nitreux et de l'air déphlogistiqué*, che costituiscono un testo di riferimento per tutti i chimici. Lo schema generale, nel quale si inseriscono le esperienze riportate da Fontana, è di tipo flogistico, influenzato decisamente dalle idee di Priestley. Il chimico italiano accettò l'idea della flogisticazione dell'aria e non dubitò mai che le arie « sono più malsane quanto più sono cariche di flogisto ». Per lui questa era una delle scoperte più belle di Priestley ed era il concetto generale che fondeva la chimica dei gas. Fontana era tuttavia più interessato di Priestley al problema della composizione dei vari gas e, soprattutto, in polemica con l'inglese riteneva che « l'ipotesi dell'Aria fissa preesistente, dell'Aria fissa precipitata dal flogisto è insostenibile ». Si trattava per lui di un composto di aria comune e flogisto, di un risultato primario dei processi chimici e non di una circostanza secondaria⁽⁴⁾.

Nel 1777 Priestley pubblicò il terzo volume dei suoi *Experiments and Observations on different kinds of Air*, nella Prefazione del quale si riferì alle *Recherches* di Fontana in termini positivi, ma non mancò di sottolineare il suo dissenso in merito alla natura dell'aria fissa:

The volume of Abbé Fontana's, has made me form considerable expectations from the remainder of his work, and from his farther progress in these inquiries; though his doctrine differs from mine in several points⁽⁵⁾.

⁽²⁾ J. PRIESTLEY, *Experiments and Observations on different kinds of Air*, Vol. II (1775), London, 1776, pp. 382-399. C.L. BERTHOLLET, *Observations sur l'air*, Paris, 1776, pp. 10-11.

⁽³⁾ F. FONTANA, *Recherches physiques sur la nature de l'air nitreux et de l'air déphlogistiqué*, Paris, 1776, pp. 58-59. Cfr. F. ABBATI, *La terre cit.*, pp. 206-210.

⁽⁴⁾ J. PRIESTLEY, *Experiments and Observations cit.*, Vol. III, London, 1777, pp. XI-XIII. Nella Preface Priestley fornisce un elenco dei cultori di chimica pneumatica, di questa « branch of experimental philosophy », cita per l'Italia Landriani, Fontana, Volta e Moscati e discute, oltre che le *Recherches fontanine*, i lavori di Moscati (p. XVIII), di Volta (p. XIX), e di Landriani e Volta sull'eudiometria (pp. XXIII-XXIV). Riferimenti ai lavori di Fontana « of Florence » e di Landriani « of Milan » si ritrovano anche nella Preface al secondo volume (1775) degli *Experiments* di Priestley. Quest'ultimo, dopo aver ricordato i padri fondatori

Il contrasto sulla natura dell'aria fissa era scientificamente rilevante, com'è dimostrato dal contenuto della traduzione francese (1780), a cura di J. Gibelin, del terzo volume degli *Experiments* di Priestley. In appendice a questa edizione vennero ristampate integralmente le *Recherches* fontaniane⁽²⁴⁾. Quest'opera era stata tradotta nel 1777 in tedesco da F.X. von Wasserberg⁽²⁵⁾ e il suo contenuto venne discusso sull'*Hannoversches Magazin* (6 Aug. 1779) da Scheele in una lunga lettera diretta a F. Ehrhart. Scheele indicava:

Ich habe neulich die Erfahrungen des Abts Fontana zu sehen bekommen. Die Versuche, welche dieser Mann, Herr Priestley und Herr Lavoisier, über die Reduction der metallischen Kalks und die Salpetersäure angestellt, sind schön und reizend⁽²⁶⁾.

La questione della natura e del ruolo dell'aria fissa continuò a richiamare l'attenzione di tutti i chimici e di Fontana in particolare. Nel 1782 quest'ultimo pubblicò una lunga *Lettera al Sig. Adolfo Murray*, dedicata alla respirazione, che contiene anche una specifica sezione dal titolo *Sopra l'aria fissa esistente nell'atmosfera*, nella quale ammette che le sue esperienze rendono probabile che l'aria fissa sia l'acido primitivo ed universale ipotizzato da Stahl⁽²⁷⁾.

della chimica pneumatica (Brownrigg e Black), pone i lavori di Fontana e Landriani accanto a quelli di Lavoisier e Bergman (*Experiments and Observations* cit. Vol. II, pp. VI-VIII).

(24) J. PRIESTLEY, *Experiences et Observations sur différentes espèces d'air*, Paris, 1780, vol. V (la ristampa delle *Recherches* è alle pp. 141-322).

(25) F. FONTANA, *Physische Untersuchungen über die Natur der Salpetersäure und der fixen Luft*, Wien, 1777. Come risulta dal titolo, quest'opera contiene, oltre alla traduzione delle *Recherches* del 1776, anche quella delle *Ricerche fisiche* del 1775.

(26) J. NORDSTRÖM, *Några Bortsjönds Brev och TidskriftsBidrag av C.W. Scheele*, in «*Lychnos*», 1942, pp. 209-210. In nota a pag. 210 Nordström segnala l'esistenza presso la Biblioteca Universitaria di Uppsala di un esemplare annotato della traduzione tedesca delle *Recherches* fontaniane appartenuto a Bergman. Nella *Foreign Correspondence* di quest'ultimo si ritrovano innumerevoli riferimenti a Fontana, con giudizi diversi. Nel 1779 B. Wilson scrisse di lui: «*I think he far excels all other philosophers who have visited this Kingdom*», mentre nel 1783 R. Kirwan indicò che «*l'Abbé Fontana montre aussi une petite Charlatarie qui panche de memo*». Conviene citare un passo di una lettera di F.X. Schwodauer, naturalista austriaco arrivato a Londra, del 3 luglio 1780, perché fornisce un quadro interessante delle ricerche chimiche fontaniane: «*You have probably seen the ingenious experiments of my Friend Fontana upon acids, animal and vegetable, especially those upon ants, as these were published in the Journal de Physique de l'abbé Rozier, as well as his observations on alkalis, on sulphur, on evaporation, and on the conversion of water into earth. You have probably received a book sur l'air nitreux et déphlogiqué, which he sent to you about six months ago by a friend of mine, who intended to go by the way to Stockholm to Petersburg*» (*Torbern Bergman's Foreign Correspondence*, a cura di G. Carlid, J. Nordström, Stockholm, 1965, pp. 327-328). Da una lettera dello stesso Schwodauer del 24 ottobre 1780 risulta che l'amico latore delle *Recherches* non si recò a Stoccolma ma direttamente a Pietroburgo e questo spiega perché Bergman lesse le *Recherches* solo nell'edizione tedesca (ivi, p. 330 e p. 432 e p. 187 per i giudizi di Wilson e Kirwan sopra ricordati).

(27) F. FONTANA, *Lettera al Sig. Adolfo Murray*, in «*Memorie di Fisica della Società Italiana*», I, 1782, pp. 648-706, tradotta in francese in «*Observations sur la physique*», XXII, 1783, pp. 447-464; XXIII, pp. 116-128; pp. 184-193. La traduzione venne effettuata

Le visioni in contrapposizione dell'aria fissa — risultato della flogisticazione di aria comune o entità chimica pre-esistente — avevano conseguenze importanti per le diverse interpretazioni dei processi di combustione, calcinazione e riduzione e per lo studio della respirazione animale.

Nel 1776 Priestley aveva letto alla Royal Society di Londra un *paper* dal titolo *Observations on Respiration*, nel quale aveva ribadito che la respirazione era un processo simile a quello di calcinazione, quindi una flogisticazione ed aveva affermato che il suo scopo consisteva nel liberare l'organismo dal flogisto accumulato mediante l'alimentazione ⁽²⁹⁾.

Questa concezione non mancò di sollevare innumerevoli discussioni che sono pur sempre legate al problema del risultato del processo di flogisticazione. Il quadro venne reso ancor più intricato dall'ammissione da parte di Scheele e Bergman che la respirazione spoglia invece l'aria del suo flogisto (si tratterebbe perciò di una deflogisticazione). Il punto cruciale risultò tuttavia la liberazione di aria fissa nell'atto di espirazione.

Nel 1781 Fontana affermò contro Priestley che dai polmoni fuoriesce aria fissa: l'aria comune è resa irrespirabile perchè in essa i polmoni trasferiscono flogisto ed aria fissa ⁽³⁰⁾. Nello stesso anno Priestley criticò le concezioni dell'italiano perchè il prodotto essenziale della respirazione continuava ad essere per lui aria flogisticata, mentre la precipitazione di aria fissa era soltanto una circostanza associata alla respirazione di aria comune ⁽³¹⁾. Nel 1783 Fontana riconsiderò tutta la questione in una *Lettre à M. le Duc de Chaulnes* e stabilì che sia gli inglesi (che ammettevano una precipitazione di aria fissa), sia gli svedesi (che consideravano la respirazione una sottrazione di flogisto) avevano torto: i polmoni liberano aria fissa e flogisto che sono le cause reali della nocività dell'aria respirata ⁽³²⁾.

A queste questioni una soluzione nuova e scientificamente significativa venne offerta da Lavoisier con il suo rifiuto del concetto di flogisticazione di aria e con la sua visione dell'azoto come gas specifico elementare e dell'aria fissa come composto di ossigeno e carbonio. Mi premeva qui far notare che fasi cruciali delle ricerche di chimica pneumatica e fisiologica videro un diretto coinvolgimento di Fontana. Quest'ultimo deve essere pertanto annoverato, a canto a Priestley,

a Digione per iniziativa di L.B. Goyton de Morveau (cfr. *Torbern Bergman's Foreign cit.*, p. 134). Sulla questione dell'acido primitivo: H.E. LE GRASSO, *Fixed Air: the universal acid*, in « *Ambix* », XX, 1973, pp. 88-94.

⁽²⁹⁾ J. PRIESTLEY, *Observations on Respiration and the use of blood*, in « *Philosophical Transactions* », LXVI, 1776, pp. 226-248.

⁽³⁰⁾ F. FONTANA, *Lettera cit.*, pp. 648-673.

⁽³¹⁾ J. PRIESTLEY, *Experiments and Observations relating to various Branches of Natural Philosophy*, Vol. II, Birmingham, 1781, sect. X. *Observations on Respiration with a view to ascertain the origin of fixed air discovered by it* (pp. 108-127).

⁽³²⁾ F. FONTANA, *Lettre à M. le Duc de Chaulnes*, in « *Observations sur la Physique* », XXIII, 1783, pp. 262-269. La versione italiana in Id., *Opuscoli scientifici*, Firenze, 1783. Questa importante raccolta di scritti fontaniani venne tradotta da J. Gibelin in francese nel 1784, mentre il testo italiano fu ristampato a Napoli nel 1787.

Scheele, Lavoisier e Spallanzani, tra i maggiori studiosi settecenteschi della respirazione. Fontana aveva compreso con lucidità l'esistenza di due modelli flogistici di interpretazione dei fenomeni della respirazione ben diversi — quello inglese e quello svedese — e propose una significativa alternativa « flogistica » nell'ambito della storia delle teorie chimico-fisiologiche.

3. E' opportuno giungere ad una conclusione. Le osservazioni sin qui svolte non intendono in alcun modo presentarsi come un'interpretazione complessiva dell'opera chimica di Fontana e del suo significato storico. Si voleva solo mettere in evidenza che Fontana rappresentò un interlocutore privilegiato per la gran parte dei chimici del tempo, che intrattenero con lui rapporti epistolari e discussero le sue concezioni. Se si accetta l'idea che la rivoluzione chimica sia una questione anglo-francese, non si comprende perché Priestley, Magellan, Kirwan, Macquer, Lavoisier e gli altri chimici francesi si sforzarono di instaurare canali diretti di comunicazione con i loro colleghi italiani. Inoltre alcune fasi centrali dell'evoluzione dell'indagine sperimentale videro un loro coinvolgimento diretto. Il significato di alcune rilevanti affermazioni (in merito alla produzione e composizione dell'aria deflogisticata) di Priestley nel primo volume (1779) dei suoi *Experiments and Observations relating to various Branches of Natural Philosophy* sfugge totalmente se non si tengono presenti le *Sperienze ed osservazioni sulle diverse specie d'arie fittizie* di Landriani e Moscati. Confrontando la sezione XIX degli *Experiments* del 1779 con la sezione I degli *Experiments* del 1777 risultano chiari i mutamenti teorici imposti a Priestley dalle ricerche dei due milanesi⁽¹²⁾. E' poi molto difficile tentare una ricostruzione adeguata della genesi della scoperta della composizione dell'acqua senza tener conto delle esperienze di Volta sulla combustione di idrogeno ed ossigeno in recipienti chiusi con l'ausilio dell'elettricità⁽¹³⁾.

Una ricostruzione delle ricerche e delle concezioni dei chimici italiani risulta perciò necessaria non solo per delineare un quadro dello status della chimica nelle varie aree culturali e politiche dell'Italia del Settecento, ma anche per chiarire momenti importanti dell'evoluzione del pensiero chimico.

Il tardo Settecento conobbe una serie di controversie scientifiche, tra le quali quella che si venne svolgendo intorno alla *chimie nouvelle* di Lavoisier occupa, senza dubbio, una posizione di primo piano.

La teoria antiflogistica incontrò duri ostacoli in Italia e si affermò seguendo

(12) J. PRIESTLEY, *Experiments and Observations relating to various* cit., London, 1779, in particolare la Preface. M. LANDRIANI, P. MOSCATI, *Sperienze ed osservazioni sulle diverse specie di arie fittizie*, in « Opuscoli scelti sulle scienze e sulle arti », III, 1780, pp. 122-133. Le ricerche dei due milanesi vennero pubblicate nel 1780, ma risalivano al 1776 (Priestley ne venne a conoscenza nel 1779 grazie ai suoi rapporti epistolari con Landriani). Si veda anche: M. LANDRIANI, *Della formazione dell'aria deflogisticata cogli acidi minerali*, in *In. Opuscoli Fisco-chimici*, Milano, 1781, pp. 151-178. Su questo episodio: F. ARRAT, *Le terre* cit., pp. 236-242.

(13) F. ARRAT, *Le terre* cit., pp. 275-282.

percorsi intricati. Queste difficoltà non risultano spiegabili ove non si ammetta che la cultura italiana presentava tradizioni specifiche con le quali la teoria nuova doveva confrontarsi. Fontana non accettò mai la *chimie française* perché era sostenitore di una precisa immagine di tipo flogistico dei mutamenti chimici.

Le strategie messe in atto dalla *coterie* antiflogistica francese per l'affermazione della teoria di Lavoisier in Italia dimostrano poi che i membri di tale *coterie* erano consapevoli, molto più degli storici, che le nuove concezioni dovevano sconfiggere tradizioni *radicate* di filosofia chimica, che avevano garantito alla chimica italiana, nel corso di mezzo secolo, una posizione tutt'altro che marginale nel contesto scientifico europeo (*).

(*) Sulla diffusione delle teorie lavoisieriane in Italia: F. ASSETT, *Spallanzani e la diffusione delle teorie di Lavoisier in Italia*, in G. MONTALCINI, P. ROSSI (a cura di), *L. Spallanzani e la biologia del Settecento*, Firenze, 1983, pp. 121-136; Id., *Lavoisier e Dandolo. Le edizioni italiane del *Traité Élémentaire de chimie**, in «Annali dell'Istituto di Filosofia della Facoltà di Lettere e Filosofia dell'Università di Firenze», VI, 1984, pp. 163-182. Id., *Tradizioni chimiche e meccanismi di difesa: G.A. Scopoli e la chimie nouvelle* (in stampa); Id., «*De Utilitate chemiae in aegrosia republica*». *La rivoluzione chimica nel Piemonte dell'antico regime* (in stampa) e i saggi di M. BERETTA e V. GIROMANI in questo volume di Ati.

ANTONIO DI MEO (*)

Chimica e livelli di realtà (**)

1. L'argomento di questa relazione riguarda la chimica del Settecento. In prima istanza potrebbe sembrare squisitamente filosofico, ed in parte lo è. Ma voglio subito chiarire che nella sua *essenza* esso è profondamente *storico*, anche se di tipo particolare. Non farò nessuna citazione esplicita di testi ed autori dell'epoca, sia per ragioni di brevità, che per rendere più compatta l'esposizione. Alcune delle questioni che qui affronto sono state da me trattate in altre occasioni, sotto punti di osservazione diversi (1). Questo dei « livelli di realtà », mi consente in parte di fonderli — e di estenderli — in una nuova prospettiva che mi pare rivesta un qualche interesse per lo storico (e il filosofo) della chimica. Ma credo siano preventivamente necessarie due brevi premesse sui concetti di « livello di realtà » e di « storia ».

2. In un recente volume collettaneo edito in Italia si afferma che l'idea che la *realtà* sia organizzata in *livelli* non è altro che una *metafora* e che come tale essa sta ad indicare l'esistenza, nella ricerca scientifica, di « un telaio piuttosto rigido, anche se non immutabile, di presupposti, di sottintesi, di credenze esplicite ed implicite » (2). Si afferma inoltre che questi livelli — per lo meno oggi — non devono intendersi internamente gerarchizzati (3).

(*) *Sezione di Teorie e Metodi della Scienza*, Istituto Gramsci, Roma.

(**) Relazione presentata al II Congresso Nazionale di « Storia e Fondamenti della Chimica » (Roma, 16-19 settembre 1987).

(1) Mi permetto di rinviare ai miei articoli *Modelli analogici, statuti scientifici e immagini della scienza nella chimica del XVIII secolo*, in *Atti del I Congresso di Storia della chimica*, a cura di P. Anonioti e L. Cerrusi, Torino, 1985. *Tempo e irreversibilità alle origini della chimica moderna*, in *Rivista di storia della scienza*, 2 (2) 1985, 207-235; *Validità e limiti di un'analogia fisica: i modelli statici e dinamici dell'equilibrio chimico*, in *Rappresentazione e oggetto della fisica alle altre scienze*, a cura di M. La Forgia e S. Petruccioli, Roma, Theoria, 1987.

(2) M. PIATTELLI PALMARINI, *Mappe della realtà e mappe della ragione*, in *Livelli di realtà*, a cura di M. Piattelli Palmarini, Milano, Feltrinelli, 1984, p. 31.

(3) *Ibidem*.

Ora, mentre ritengo vera la prima affermazione; per quanto riguarda la seconda, proprio grazie all'esistenza di quel « telaio », mi pare si possa dimostrare storicamente come in ogni epoca, ad ogni stadio dello sviluppo di una singola disciplina e delle relazioni di questa con le altre, si riproducano incessantemente tentativi, più o meno riusciti, di distinguere in maniera gerarchica tali livelli (come cercherò di far vedere nel caso della chimica del XVIII secolo).

Ma cosa intendo per « realtà » e per « livello »? Qui mi limito a darne delle definizioni molto circoscritte, e di tipo tutto sommato « operativo », inerenti all'argomento che tratterò. Considero infatti con « realtà » l'insieme degli oggetti pertinenti al campo di conoscenze definito (o meglio « costruito ») dalla chimica (del Settecento); mentre con « livello » un « grado » o « tipo » di quella stessa realtà che comporta (almeno ipoteticamente) un distinto comportamento nomologico e che risulta « in qualche modo » collegato (o collegabile) con tutti gli altri gradi o tipi.

3. Noi associamo intuitivamente al concetto di « storia » quello di « tempo », e quest'ultimo, perdipiù, fornito di una direzione e di un verso, cioè irreversibile. Può darsi storia, cioè, di eventi che si svolgono necessariamente in successione (nel caso della scienza, il succedersi delle teorie). Questo tipo di storia che privilegia il *matematico*, potremmo definirla *diacronica*. Ma può esistere una storia, mi si perdoni l'apparente paradosso, fondamentalmente *sincrona*, che privilegia cioè un particolare *stato* di eventi contemporanei fra loro, cioè i cui elementi costitutivi *coesistono* in un determinato intervallo di tempo (più o meno breve). Sempre nel caso della scienza si può studiare, ad esempio, un singolo autore, un testo, una serie di indagini o di programmi di ricerca *diversi ma contemporanei*. Infine può esistere un particolare tipo di storia il cui oggetto sono le strutture di più « lunga durata ». Sempre nel nostro caso, di livelli di una determinata disciplina più fondamentali, ovvero della trama teorica strutturante i suoi stessi fondamenti, e che, via via, ne presiede la costituzione in quanto sapere *distinto* dal resto dei saperi. Una storia, cioè, delle *forme invarianti* (o con velocità lente di variazione) che sostengono, per così dire, le stesse transizioni teoriche più veloci.

Nel caso specifico si tratterebbe di un qualcosa posto « al di dentro » della teoria e della pratica della chimica: quindi a rigore né una *metachimica* (cioè un « al di là ») né una *protocchimica* (un « prima », un « al di qua ») ma una struttura « fine » coesistente alla nascita ed allo sviluppo di questa scienza. A questo livello problematico, effettivamente, si realizza il punto di massima intersezione fra *storia* e *filosofia interna* della chimica.

4. La schematica distinzione che poco innanzi ho fatto fra *diacronia* e *sincronia* nel caso della storia (e giocata tutta sulla variabile *tempo*), ci introduce al primo dei livelli di realtà della chimica che ho intenzione di rendere perspicuo, e cioè quello « temporale », che in questa scienza assume immediatamente l'aspetto del rapporto fra *struttura* (sincronia) e *storia* (diacronia). La chimica, infatti, è la scienza che più di ogni altra si è posta, sin dalle origini, il problema di tale rapporto e in maniera *costitutiva*. Infatti il laboratorio del chimico non rivela solo

come la natura è ma anche *come essa si è formata*. La sintesi, ad esempio, non rappresenta solo il rovesciamento dell'analisi, per cui a partire dalle sostanze più semplici si risale via via a quelle più complesse confermando la validità del procedimento e dei risultati analitici, ma anche il modo reale attraverso il quale la natura stessa ha operato, per produrre il corpo composto preso in esame da un punto di vista analitico. In sostanza, si può affermare che l'ordine strutturale rivelato dalla sperimentazione chimica presiede anche al processo genetico di formazione naturale dei corpi materiali.

Sotto ogni *struttura* è quindi possibile intravedere una *storia*, e questa, a sua volta, è un processo implicante elementi strutturali che agiscono, vorrei dire *reagiscono*, non secondo arrangiamenti imprevedibili e casuali, ma secondo precise forme di legalità e schemi di comportamento, resi visibili dalla stessa chimica sperimentale.

La chimica può dunque essere considerata anche una forma particolare di storia naturale. Particolare perché, a differenza della storia naturale vera e propria, procede secondo una temporalità che è determinata dall'*artificio* e quindi essa è *abbreviata*. Anche qui è la variabile « tempo » a giocare un ruolo decisivo e *distintivo*: la natura, infatti, impiega tempi lunghissimi per produrre i corpi materiali. Il chimico, al contrario, per mezzo delle sue operazioni di laboratorio, riesce a produrre gli stessi corpi in tempi notevolmente più brevi. *La chimica è in ultima istanza una storia naturale abbreviata*. Tale forte concentrazione dei tempi naturali è dovuta, innanzitutto, al fatto che il chimico possiede la *conoscenza* dell'ordine strutturale dei corpi e delle regole che presiedono alla loro composizione. La sua *padronanza* del tempo; il suo *potere* di disporre del tempo, è direttamente proporzionale al grado di conoscenza teorica dei processi naturali ed alla abilità sperimentale nel riprodurli artificialmente.

Questo potere, a sua volta, produce un effetto autocatalitico sullo stesso tempo della scoperta: più si conosce, più diventa veloce la sperimentazione e di conseguenza più velocemente si ottengono nuove conoscenze.

Mi sembra che finora si sia riflettuto poco su questi aspetti « baconiani » della chimica. Sul fatto, cioè, che il sapere strumentale e metodico, il sapere che « violenta » la natura e la « costringe » a rivelare la sua composizione ed i suoi processi nascosti, *agisce innanzitutto sulla variabile tempo*. Solo così la chimica — ogni scienza sperimentale, in realtà — può divenire una scienza « utile », non solo per la conoscenza disinteressata degli oggetti materiali di propria pertinenza, ma anche per prodotti in maniera esponenzialmente crescente a beneficio del progresso sociale dell'uomo: a questo punto, quindi, il tempo della chimica interseca il tempo storico umano-sociale. Ma esaminati dal punto di vista analitico e sintetico i rapporti fra artificio e natura rivelano anche l'esistenza di un *rovesciamento* del loro rispettivo ordine temporale. Infatti il corpo composto, che viene *prima* dal punto di vista dell'indagine sperimentale è in realtà il punto di arrivo, finale, del processo naturale di formazione. Al contrario, l'*elemento*, che appare *ultimo* nella pratica analitica è in realtà il punto di partenza della formazione del composto. Si potrebbe affermare che la rivelazione dei diversi gradi di semplicità e di elementarietà del

corpi *ripercorre a ritroso la scala naturale dei tempi*. La sperimentazione, cioè, può risalire all'indietro (e velocemente) nella successione del tempo naturale e riportare il corpo materiale allo stato disaggregato da cui esso prese origine. Solo così può essere resa possibile una sua nuova formazione artificiale in tempi abbreviati. L'abbreviazione dei tempi della natura presuppone quindi una capacità dell'arte di rovesciare *materialmente* il verso della loro direzione.

Ma se la legalità della natura è sempre identica a se stessa; se il chimico opera con le stesse forze e con gli stessi principi con i quali opera la natura, da che cosa deriva allora la capacità dell'arte di abbreviare i tempi naturali? Su quali fattori essa agisce per ottenere questo straordinario risultato? La risposta sta nel fatto che nel passaggio da una struttura temporale all'altra, cioè da quella del « laboratorio della natura » a quella del « laboratorio dell'arte », si realizza il passaggio da un insieme di « circostanze » ad un altro. L'abilità — e quindi la potenza — del chimico consiste nel predisporre in laboratorio un insieme di condizioni sperimentali nelle quali le reazioni possano avvenire più facilmente, senza impedimenti, direttamente; cioè in condizioni di astrazione da tutti quegli « accidenti » che rendono lungo e tortuoso il corso della natura. L'abilità sperimentale del chimico consiste quindi nella sua capacità di *mesa e contatto* più conveniente delle sostanze reagenti. Solo mediante il *contatto*, infatti, è possibile che si producano, pressoché istantaneamente, le *mixture* fra sostanze differenti. Il tempo di laboratorio, quello artificiale e fenomenologico, quello esatto o approssimato determinato a livello sensibile, diventa la somma di tutti gli *istanti* insensibili necessari affinché le parti delle sostanze coinvolte possano incontrarsi convenientemente ed interagire tra di loro.

La tematica delle *circostanze* e del *contatto* è importante perché ci introduce ad un livello più profondo della storicità della scienza chimica (*). La storia naturale e quella artificiale, grazie a queste due categorie, si rivelano non essere lineari e puramente deterministiche; esse infatti non procedono in maniera semplice secondo le leggi strutturali più generali rivelate dalla scienza. Ma ogni *evento* concreto si produce all'interno di un insieme altrettanto concreto di condizioni all'interno delle quali queste stesse leggi agiscono. Cambiando le condizioni — le « circostanze » — possono prodursi eventi diversi o può non prodursi affatto l'evento atteso. La tematica delle *circostanze* collega quindi legalità generale della natura e spiegazione dell'*evento*, ovvero si dà concretamente storia (naturale od artificiale) solo attraverso una coniugazione stretta fra legalità strutturale generale e circostanze sperimentali concrete in cui opera questa legalità. La storia nasce, dunque, da una dialettica fra *leggi e circostanze*. Ma nel caso della chimica vi è qualcosa di più; ovvero il fatto che tutta una serie di leggi « particolari » — specialmente quelle delle affinità — contengono già *al loro interno* la problematica delle *circo-*

(*) Al carattere « circostanziale » della chimica settecentesca aveva già alluso P. Duhem nel suo *Le mixte et la combinaison chimique* del 1902. Quest'opera è stata ripubblicata da Fayard (Paris) nel 1985 a cura di I. Stengers.

stanze. Sono leggi cioè che comprendono sia il lato strutturale che quello storico-genetico della formazione dei corpi. Rappresentano un tipo di legalità che sottointende una *storia locale*, anzi che di questa svela il modo immanente del suo prodursi; esse sono, insomma, le *leggi della storia materiale della natura indagata dal punto di vista chimico*.

5. Quanto abbiamo visto finora contiene un presupposto, che è implicito nel dialogo sperimentale del chimico, cioè quello della *identità ontologica* fra i prodotti dell'arte e quelli della natura. L'idea di una chimica che spiega l'ordine e la genesi dei corpi può affermarsi solo supponendo che il « discorso » *juxta propria principia* della chimica sulla natura affermi qualcosa di corrispondente alla sua struttura reale.

Ma contrariamente a quanto spesso si pensa (e si afferma) la chimica non è una scienza *naturaliter* realista. Il realismo chimico, infatti, è un risultato di uno scontro teorico molto forte, combattuto fondamentalmente su tre fronti:

1) contro l'idea di una superiorità della natura rispetto alle possibilità conoscitive della *pratica* sperimentale ovvero contro l'idea di una natura inaccessibile, se non per imitazione, alla indagine scientifica (*);

2) contro l'idea « trasmutativa » dei processi e mutamenti materiali ovvero contro l'idea di una materia che modifica ed organizza le sue strutture per successivi arrangiamenti *formali* a partire da una *materia prima* omogenea (sia nel senso aristotelico che meccanicistico dei due termini) (**);

3) contro, infine, quella « iper-artificialista » della sperimentazione secondo la quale i « principi » ricavati per mezzo dell'analisi sono dei prodotti integrali dell'arte del chimico e non esistenti in natura così come vengono ricavati.

Per *realismo chimico* si deve intendere, invece, la concezione secondo la quale i corpi naturali sono effettivamente *composti* da *principi* materiali *distinti*, con gradi di complessità ed eterogeneità decrescenti fino ad arrivare alle sostanze elementari semplici, ovvero non più decomponibili con i mezzi attuali dell'analisi.

Tutti questi *principi* sono dotati altresì di proprietà e qualità specifiche tipiche ed individuali.

Con questo arriviamo a definire — dopo quello temporale — un secondo e più generale « livello di realtà » della chimica scientifica. Essa, infatti, non prende in esame i corpi — minerali, vegetali ed animali — in tutti i loro gradi di organizzazione e in tutte le loro possibili proprietà e comportamenti, ma si ritaglia uno specifico campo di pertinenza che consiste nel considerarli come dei *composti*, studiandone quindi, ed innanzitutto, le modalità ed i tipi della loro composizione e le loro capacità di interagire con altri corpi.

(*) Su questo argomento cfr. l'ormai classico P. ROSSO, *I filosofi e le macchine, 1400-1700*, Milano, Feltrinelli, 1976³.

(**) Sulla permanenza « forte », anche nel Settecento, di una idea trasmutativa dei fenomeni chimici cfr. F. ANSÀ, *Le terre, le acque, le arie*, Bologna, Il Mulino, 1984.

Sin dall'inizio, però, il realismo chimico non è *ingenuo*. L'analisi chimica di un oggetto materiale non consiste in una pura e semplice divisione per parti, sempre più semplici, ognuna delle quali sussisterebbe per sé, indipendentemente dalle altre. Le parti vengono sempre concepite all'interno di un *sistema di relazioni*, teoriche e materiali. La stessa parte più semplice, il *principio elementare*, è tale anche perché svolge una particolare funzione in relazione all'insieme degli altri principi elementari o più o meno composti. Dunque è il mondo delle interdipendenze che struttura il mondo materiale del chimico. Una sostanza, isolata concretamente, e depositata in un recipiente, appartiene al campo degli oggetti della chimica, solo in quanto è stata posta in relazione con l'insieme delle altre sostanze. Le sue proprietà, le sue qualità individuali, sono sempre definite in modo *reattivo*. Il suo stesso isolamento presuppone sempre almeno una *reazione*, e quindi una *relazione*. E' dunque in questo senso più elaborato che la chimica costituisce il livello più generale di realtà dei propri oggetti; li *costruisce*, e possiamo dire, li *crea*. Il mondo materiale del chimico è un mondo qualitativo essenzialmente *plurale*, intessuto di rapporti di implicazione reciproci. Le *sostanze* chimiche rappresentano quindi, anche se in maniera non immediatamente visibile, dei nodi di fasci complessi di relazioni.

6. Ma procediamo oltre nel rapporto fra *relazioni* e *livelli di realtà*, a gradi di maggiore astrazione. Il corpo composto appartiene al livello di realtà più immediatamente sensibile (ma già fortemente implicato in stati di relazione). I principi componenti non lo sono in maniera immediata. Essi possono essere resi sensibili solo attraverso l'estrazione mediante una tecnica analitica più o meno elaborata che procede fino al raggiungimento delle sostanze semplici; degli *elementi*. I principi quindi, all'inizio, appartengono al livello insensibile della realtà del corpo esaminato; ciò vuol dire che tramite la sperimentazione è quindi possibile allargare ed arricchire il campo di sensibilità del soggetto; di rivelare quello che immediatamente non è ancora noto e quindi osservabile, se non in maniera tentativa ed approssimata grazie alle qualità esteriori del corpo.

Giunti al livello elementare l'analisi si arresta, ovvero per livello elementare deve intendersi quello in cui l'analisi non procede oltre. L'*elemento*, infatti, gode di uno statuto teorico provvisorio: è semplice solo in quanto non è più *praticamente* decomponibile, ma non è detto che non possa esserlo aumentando la capacità risolutiva della analisi: esso, cioè, può sempre rivelarsi un *composto*. E' quindi una ulteriore forma di *relazione* che interviene, quella cioè con la *potenza* del mezzo adoperato. Se l'*elemento* può essere considerato almeno ipoteticamente un composto, ciò significa che sono possibili delle relazioni ancora sconosciute fra i suoi eventuali ed altrettanto sconosciuti componenti.

Le stesse *elementarità* e *semplicità* diventano concetti *relativi* ad un insieme di condizioni date, allo stato della scienza e dell'arte in un determinato momento. Come del resto relativi saranno quelli di *principio* e *composto*, perché ogni *principio* della scala analitica discendente è anche un *composto* di quella *sinetica* ascendente,

cioè ogni sostanza può essere vista come *principio* di un'altra più composta e contemporaneamente come *composto* rispetto ad una più semplice.

7. Ma esaminando in maniera più ravvicinata la classe di oggetti che abbiamo definita col termine di « elementi », arriveremo alla scoperta di un ulteriore livello di realtà della chimica settecentesca, posto al di sotto del sensibile sperimentale. Come abbiamo visto con il termine « elemento » viene definito generalmente l'ultimo termine *relativo* della scomposizione analitica dei corpi materiali. Esso cioè rappresenta il massimo grado di *semplicità* raggiungibile per via sperimentale, e come tale appartiene ad un livello mediato del campo del *sensibile*. Ogni elemento, però, rappresenta anche un insieme di qualità e proprietà della materia che egli possiede in modo eminente, nella maniera più assoluta e più pura.

Queste due definizioni — l'una operativa, l'altra qualitativa — entrano nel Settecento in forte contrasto tra loro. Infatti gli elementi, considerati come proprietà-qualità assolute della materia « plurale » dei chimici, in realtà non venivano mai isolati sperimentalmente allo stato puro, cioè nello stato della loro massima visibilità, ma sempre in relazione a qualche sostanza — *diversa* — che ne alterava il grado di purezza.

Gli elementi, cioè, si manifestavano solo in maniera *relativa* alla loro combinabilità con altre sostanze e a determinati processi chimici. Vi potevano essere delle sostanze che, per le loro qualità osservabili sperimentalmente, potevano, più di altre, approssimarsi a quelle elementari: ma esse erano appunto delle *approssimazioni* nel campo del sensibile di una realtà che nella sua forma più astratta sfuggiva dal campo dell'osservazione sperimentale e diretta del chimico. Da ciò ne deve derivare allora la supposizione dell'esistenza di un livello *elementare* della materia posto *al di là* del sensibile analitico, e che si rivela solo in maniera indiretta e relativa. Ma come è possibile sostenere l'esistenza di questo nuovo livello di cui non si poteva fare esperienza diretta o mediata dall'analisi? Attraverso quale meccanismo teorico era possibile raggiungerlo e definirne l'esistenza? La risposta sta nel fatto che alla semplificazione di tipo sperimentale i chimici ne aggiungono un'altra di tipo *razionale*, attraverso la quale viene costituito questo ulteriore livello di realtà che possiamo definire *intelligibile*. Coniugando, infatti, sperimentalismo e razionalismo si riproduce nella chimica una sorta di distinzione aristotelica fra *sensibile* ed *intelligibile* operanti con un rapporto temporale anch'esso rovesciato, questa volta però rispetto al problema della conoscenza. Cioè l'*intelligibile*, che è primo *per natura* — perché generatore del *sensibile* — è tuttavia secondo per il soggetto in quanto risultato finale del processo della conoscenza; mentre il *sensibile*, che è secondo *per natura*, è però il punto di partenza dello stesso processo.

Tale procedimento razionale opera anch'esso attraverso un ulteriore rovesciamento di un rapporto: quello fra *oggetto* e *predicato* ovvero fra *sostanza* e *qualità*. Mentre a livello empirico *sensibile* le *qualità* sono dei predicati di determinate sostanze; a quello *intelligibile* le *qualità* vengono ipostatizzate ed assolutezzate, diventando delle sostanze-soggetto costituenti l'*elemento*, ed il cui *predicato* è il *oggetto* del campo del sensibile.

Le sostanze elementari nel campo dell'intelligibile non rappresentano solo dei componenti materiali dei corpi ma anche — soprattutto — degli *stati limite della materia*. Qui risiede la forza della ipotesi di una *semplicità ristretta* della materia, cioè dell'esistenza di pochi principi elementari, e della difficoltà a rendere concretamente operativa in maniera allargata la concezione analitico-sperimentale degli elementi: se i principi elementari, cioè, rappresentano anche degli stati limite della materia, diventa ovvio che essi non possono essere esesi indefinitamente. L'associazione fra elemento e stato assoluto della materia rappresenterà un ostacolo allo sviluppo della chimica, in questo modo, infatti, si ricadeva in una concezione assoluta degli elementi, come costituenti ultimi e non ulteriormente analizzabili della materia (così come lo era nella chimica « filosofica » del XVII secolo).

Non è un caso, quindi, che l'idea *aperta* di semplicità, legata al pieno dispiegamento della concezione analitico-sperimentale, può essere adottata da Lavoisier in quanto egli giunge ad una nuova formulazione chimico-fisica degli stati possibili nei quali ogni corpo materiale poteva trovarsi a determinate condizioni.

8. Ma sin dalla fine del XVII secolo inizia a costituirsi nella chimica un altro livello di realtà posto nel dominio dell'*intelligibile*, vale a dire quello *microscopico*. La nascita della fisica moderna ha in effetti causato nella chimica una rivoluzione teorica di grande portata che consiste nella supposizione di un livello insensibile della materia di tipo corpuscolare (*atomistico o molecolare o particellare*) considerato come il vero scenario della produzione dei fenomeni chimici sensibili. Si afferma via via l'idea che la vera spiegazione di questi fenomeni andava ricercata nella cinematica o nella dinamica delle particelle invisibili della materia. Di questo livello di realtà sono possibili solo delle congetture approssimate, ed è praticamente impossibile ottenere la « certezza » che solo il calcolo può dare.

Naturalmente non tutti i chimici sono della stessa idea. Alcuni di loro sostengono — Lavoisier fra questi — che questo livello insensibile, microscopico, deve essere posto *addà* dell'oggetto della loro disciplina e che il solo scopo della loro ricerca deve essere quello di valutare — anche con la precisione del calcolo — la sola fenomenologia sensibile, del resto già così complicata. Ma la dialettica fra questi due livelli del *sensibile* nel senso di *fenomenologico* e dell'*insensibile* nel senso di *microscopico*, rappresenterà anch'essa uno dei più interessanti livelli *insistenti* di realtà della storia e della teoria della chimica.

VIRGILIO GIORMANI (*)

**Effetti della percussione tra acciarino e pietra focaia nel vuoto.
Una diatriba in area padana (1792-1795) tra chimici flogisticanti
e seguaci della nuova chimica (**)**

**The Results of the Percussion Between Flint and Steel in Vacuum. A Diatribe
in the Po Valley (1792-1795) Between Phlogistic Chemists and Followers of the
New Chemistry.**

ABSTRACT. — As F. Abbri pointed out, "beginning from 1785, the Italian chemists should confront themselves with the theory which realized the more consistent interpretation of some fifty years of studies about the gases: the antiphlogistic chemistry, the *chimie nouvelle* of Lavoisier". In the various polemics that followed about the great themes of the nature of air and water, with the analysis and the synthesis of this latter, it is possible to evidenziate a vein, peculiar to the Po Valley's scientists.

They consider again the Hauksbee's experiments (about 1705), in which, when flint and steel are struck together in the vacuum, no sparks are produced until air is admitted. G.A. Giobert, Father C. Barletti, abbé G. Tomasselli and the pharmacism, F. Du Pré and V. Dandolo (working in Turin, Pavia, Verona respectively and the latter two in Venice) report that no sparks are produced when the experiment is performed in a good vacuum. On the other hand, Father E. Pini, A.M. Leigna and M. Carburì (working in Milan, Verona and Padua respectively) report that the sparks are visible also in vacuum conditions. They explain this fact by assuming that the liberation of the steel's phlogiston occurs, when the steel and the flint are struck together, in the shape of sparks and this liberation does not depend from the gas in which the experiment is performed. V. Dandolo will make a bet on the validity of some Carburì's statements.

La polemica tra i seguaci delle teorie di Lavoisier e i suoi oppositori verte principalmente sui grandi temi della natura dell'aria e dell'acqua, con la scomposizione e ricomposizione di quest'ultima. Tuttavia, esiste tra i chimici dell'Alta Italia appartenenti alle due scuole intercorse, una non trascurabile discussione sull'ossidazione del ferro all'aria e sotto vuoto e sulla natura del composto così formatosi.

(*) Dipartimento di Chimica Organica, Università degli Studi di Padova.

(**) Relazione presentata al II Convegno Nazionale di « Storia e Fondamenti della Chimica » (Roma, 16-19 settembre 1987).

Per quanto ho trovato finora, il primo ad affrontare questo tipo di questione è il professore milanese, padre Ermenegildo Pini, con un lavoro del 1792, nel quale esamina le teorie esposte nella *Méthode de nomenclature chimique proposée par MM. de Morveau, Lavoisier, Berthollet et de Foucroy* (Paris, 1787) e conclude che siccome questi autori hanno cambiato « i principi e i nomi usati nella chimica », è necessario cambiare anche « il nome alla scienza da essi fondata », e poiché questa « consiste in semplici astrazioni », la si può chiamare « *meta-chimica*, come già da fisica si derivò il nome di *metafisica*, che è la scienza delle cose astratte ». Una di queste cose astratte è l'ossigeno: possiamo fare un esperimento, prima all'aria e poi « nel vuoto pneumatico, ove certamente non esiste il supposto ossigeno ». L'esperimento proposto dal Pini era molto comune a quell'epoca, nella quale per procurarsi del fuoco, si batteva l'acciarino contro una pietra focaia, trondone delle scintille. Queste — ricorda il Pini — sono costituite di « parti ferree infuocate, le quali staccansi dal ferro e trovansi mutate in una calce scoriificata ». Ora, osserva il Pini, « tali scintille si formano anche nel vuoto pneumatico, ove certamente non esiste il supposto ossigeno. Quindi [...] la calcinazione del ferro interviene anche senza che vi si combini il supposto ossigeno ». Allora non è esatto, quanto stabilisce « la nuova teoria [ossia] che tutte le calci metalliche [i cosiddetti 'ossidi'] sono una combinazione del metallo coll'ossigeno. Inoltre, siccome tal combinazione è accompagnata da materia ignea, che è molto analoga alla sostanza infiammabile già da me chiamata flogico » — è sempre il Pini che così scrive — « è del tutto verisimile, che questa venga somministrata dal ferro stesso e che per la sottrazione di tale sostanza infiammabile esso [ferro] venga a perdere la sua forma metallica » (1).

Al Pini risponde da Verona, l'anno dopo (1793), il professore abate Giuseppe Tommaselli. All'affermazione del Pini, che « si ottengono scintille dall'acciarino nel vuoto pneumatico » e che dunque il ferro si può ossidare anche se non c'è ossigeno, il Tommaselli oppone, « l'argomento è giusto, ma l'osservazione è falsa » (2), ossia, se veramente si ottenessero scintille nel vuoto, allora il ferro si potrebbe ossidare in assenza di ossigeno, solo che nel vuoto non si ottiene alcuna scintilla.

Ribatte il Pini: « come fa il Tommaselli così decisamente e senza prove, a dire l'argomento è giusto, ma l'osservazione è falsa? » « Questo certamente è il tuono di un gran fisico, che ha fatte per se stesso molte esperienze e che conosce quelle fatte da altri ». « Eppure, [a me risulta] che tutti gli scolari di fisica dell' [...] Università di Padova, che assistono a questo genere di esperienze, che dal [...] professore Stratico vengono esattamente eseguite con un'ottima mac-

(1) E. PINI, *Osservazioni sulla nuova teoria e nomenclatura chimica come inammissibile in mineralogia*, « *Memorie di matematica e fisica della Società Italiana* », 6 (1792), pp. 309-368. La citazione riguardante le scintille, alle pp. 317-318.

(2) G. TOMMASELLI, *Risposta alle osservazioni del padre Ermenegildo Pini sulla nuova teoria e nomenclatura chimica come inammissibile in mineralogia*, Verona 1793, pp. 1-36. La citazione è a p. 8.

china, vedono, che nel vuoto pneumatico le scintille si ottengono e con una vivacità, che non è sensibilmente diversa da quella che hanno nell'aria libera ».

Bisogna sapere che il Pini era stato a Padova, per fare ricerche di mineralogia sui Colli Euganei. Aveva visitato la « pregevole collezione di minerali » che il professor Marco Carburì, titolare della cattedra di chimica all'Università, aveva fatto nei suoi viaggi per l'Europa e la raccolta delle sue « preparazioni chimiche ». Certamente aveva gioito nel « sentire quanto [il Carburì] fosse [anche lui] alieno dalla nuova teoria e nomenclatura chimica » e fosse invece d'accordo con quanto pubblicato dal Pini, che una tale « nomenclatura non era ammissibile in mineralogia e che a questa nuova scienza conveniva dare il nome di *metachimica* ». Comunque, continuava sarcasticamente il Pini, anche con questo nome, essa sarà « una scienza meritevole di essere coltivata anche dagli uomini di sommo ingegno, come [lo] è parimenti la mitologia ». Tornando alla scintillazione del ferro nel vuoto, questa notizia era stata fornita al Pini dal professor Stratico, alla presenza del Carburì. Il Pini sa benissimo « che colle macchine pneumatiche non si può forse ottenere un vuoto assoluto e perfetto », ma lui ha parlato di « vuoto pneumatico », nella sua pubblicazione. D'altra parte, per verificare con un'altra testimonianza, ciò che del resto gli era già noto « sino dai primi suoi studi di fisica », avendo avuto a Milano di passaggio, il segretario della Royal Society, mr. Bladgen, « lo interrogai » — dice il Pini — « se conosceva qualche esperienza fattasi in Inghilterra sulle scintille dell'acciarino nel vuoto più perfetto, che si possa ottenere colle macchine inglesi e [il Bladgen] mi assicurò che a sua notizia le scintille anche in questo vuoto sono visibili ». Tutto questo il Pini lo scriveva in una lettera al Carburì, in data di Milano, 6 novembre 1793: in essa il tono è così violento contro il Tommaselli e seguaci, che quando la lettera venne pubblicata, fu ritenuta apocripa (*).

Contemporaneamente a questa *Lettera* del Pini, compare l'articolo di un anonimo il quale osserva che le scintille provenienti dal ferro « sono sempre effetto dell'aria vitale che poco o tanto rimane nella campana pneumatica, non potendosi conseguire mai un perfetto vacuo » (†).

La polemica prosegue con la comparsa nel marzo 1794, di tre articoli. Il primo è un feroce attacco al Pini da parte del farmacista veneziano Francesco Du Pré. Egli definisce il lavoro del Pini « uno zibaldone teatrale », opera « d'un intelletto depravato e d'un uomo in pieno possesso del più turpe fanatismo »; « una strabocchevole serie di ridicole inezie, di puerilità, di scherzi ». Secondo il Du Pré, « le scintille dell'acciarino non sono calce o ossido di ferro, ma ferro vetrificato » e il ferro, per vetrificarsi, non ha bisogno di ossigeno. Se il Pini « crede che il ferro

(*) Sulla *metachimica*, ossia la nuova teoria e nomenclatura chimica. *Lettera del p[adre] Pini, c[hi]rico e [regolare] b[ar]nabita al sig[no]r conte Carburì, p[ubblico] p[ro]fessore di chimica nella Università di Padova*, Milano, Marelli, 1793. Le citazioni, alle pp. 6, 36-37, 47.

(†) A. T., *Paragone sopra le scintille dell'acciarino*, « Nuovo giornale enciclopedico d'Italia », Venezia, 6 (novembre 1793), pp. 111-114.

si possa ossidare nel vuoto, che proceda agli esperimenti e mi saprà dire come sarà riuscito in questo proposito » (*).

Intanto si diffonde la notizia che a Padova il Carburì ha fatto degli esperimenti sulla produzione dell'aria infiammabile (l'idrogeno) e ne ha presentato i risultati all'Accademia Patavina, nella riunione del 9 gennaio 1794. Questi esperimenti sono stati replicati il 22 e il 24 gennaio, durante la lezione di chimica all'Università. Risulterebbe che il Carburì sia riuscito ad ottenere dell'aria infiammabile, arroventando delle palle cave, in ferro.

Inoltre Anton Maria Lorgna, fondatore della Società dei XL, pubblica un lavoro con la data di Verona 1 marzo 1794, in cui afferma di aver prodotto l'aria infiammabile, arroventando della limatura di ferro (**).

Queste notizie arrivano al Giobert, a Torino. Il Giobert è il primo chimico italiano che ha adottato le nuove teorie e le ha diffuse tra i colleghi d'Italia. Data la grande notorietà scientifica del Lorgna, il Giobert si preoccupa non poco, anche perché è stato frastanto informato che il Lorgna « si preparava ad attaccare con qualche nuovo e importante argomento la nuova chimica teoria ». In data di Torino, 19 marzo 1794, il Giobert indirizza un lavoro al Lorgna, nel quale torna prima di tutto sulla scintillazione e ricorda che il Pini aveva invocato le testimonianze dello Stratico, del Carburì e del Bladgen per affermare che la scintillazione avviene anche nel vuoto ed aveva dichiarato che questo esperimento « gli era noto fino da' primi suoi studi di fisica ». Il Giobert, con un tono pacato e assolutamente diverso da quello dei precedenti autori, dichiara che, nonostante « l'autorità di questi quattro uomini grandi », gli sarà consentito almeno qualche dubbio fino a che non si avrà qualche « dettaglio » dell'esperimento di scintillazione eseguito a Padova ed una « esatta » descrizione dell'apparecchio usato per fare il vuoto.

Nel frattempo dichiara « in faccia a tutti i chimici d'Europa », che se il ferro risulta « ossidato nel vuoto », egli si trova « pronto a rinunciare al ramo più importante della chimica teoria pneumatica, il qual riguarda la combustione de' corpi e l'ossidazione de' metalli ».

Per il momento ricorda che l'esperimento fatto nel 1705 da Haukabee — « la cui autorità può bilanciare quella dei valorosi fisici di Milano e di Padova », dato che « conosciamo e i dettagli dell'esperimento e la macchina esatta di cui ha fatto uso » — mostra che, aumentando il vuoto, le scintille diminuiscono di numero e di vivacità fino a sparire del tutto, per ricomparire, introducendo nuovamente un po' d'aria nell'apparecchio.

Il Giobert passa poi a considerare l'esperimento ripetuto dal Lorgna, ossia la

(*) Alcune riflessioni sulla lettera del padre Ermenegildo Pini diretta al conte Marco Carburì, pubblico professore nell'Università di Padova; contro la risposta dell'abate Tommaselli alla memoria del suddetto signor Pini, sulla nuova teoria e nomenclatura chimica come inenunciabile in mineralogia, del signor Francesco Du Pre, speciale veneziano, « Nuovo giornale enciclopedico d'Italia », 7 (maggio 1794), pp. 93-120. Le citazioni, alle pp. 95, 99, 105, 106, 108.

(**) Il lavoro del Lorgna apparve nel « Genio letterario d'Europa », Venezia 11 (maggio 1794), pp. 85-88.

produzione di aria infiammabile mediante riscaldamento della limatura di ferro entro una canna di fucile. Secondo il Giobert, l'aria infiammabile è stata invece prodotta dalla scomposizione dell'umidità contenuta nell'apparecchio. Se poi succede — continua il Giobert — « che siano per essere pubblicate quelle altre sperienze, presentate dal [...] Carburì all'Accademia [...] di Padova, fin d'ora risulta a mio credere che per l'oggetto cui sono dirette, non saranno nè per riuscire a noi nuove, nè per meritarsi somma attenzione » (1).

Il Carburì viene così tirato dentro nella polemica e il 10 aprile 1794, alla riunione settimanale dell'Accademia Patavina, espone quanto ha da dire in sua difesa contro il Giobert e due giorni dopo, invia al Pini ed alla stampa quanto esposto all'Accademia.

Il Carburì annuncia di aver prodotto aria infiammabile in ben quattro maniere: alla maniera di Lavoisier, facendo passare dell'acqua in una canna di fucile arroventata, oppure in una palla cava di ferro rovente, palla che il Carburì chiama « il suo globo ». Terza maniera, arroventando una miscela di carbone e ferro bruciato entro un altro dei suoi « globi » (e in questo caso il carbonio reagiva con l'ossido di ferro, dando ossido di carbonio, gas che il Carburì — come già il Priestley — confondeva con l'idrogeno). Quarta maniera, « arroventando sino all'incandescenza [uno dei suoi] globi di ferro, [...] benchè vuoto e senza niente contenere ». In quest'ultima esperienza egli afferma di ottenere, all'inizio, dell'aria fissa (anidride carbonica) e dell'aria flogisticata (azoto). Poi, gradatamente, al posto dell'aria flogisticata, egli osserva la presenza di aria infiammabile (idrogeno). Dopodichè il Carburì affronta il problema della scintillazione. Secondo lui il Giobert è in errore: « lo Stratico non si è sognato di dire, nè [il Carburì] di confermare, nè il padre Pini di stampare che per asserzione di Bladgen », di Stratico e di Carburì « si ossidi il ferro nel vuoto ». Il Giobert « attribuisce una troppo decaiva importanza » a questo esperimento, nel quale in fondo, occorre « saper con certezza due cose ». La prima, « se l'acciajo percosso con la selce scintilli nel vuoto pneumatico » e che questo succeda, lo sanno tutti quelli che hanno « veduto una sola volta questo esperimento »; non solo gli sperimentatori, afferma sarcasticamente il Carburì, ma « gli stessi domestici che pompano l'aria della macchina » pneumatica. Il Giobert, anzichè « citare [come fa] un lungo passo di Hauksbee », si faccia « ripetere a Torino l'esperimento » e ne sarà pienamente convinto.

La seconda cosa è di conoscere la qualità dei frammenti « dell'acciajo abrasi dalla » pietra. Ora questi frammenti, « raccolti ed attentamente osservati » sia

(1) G. A. GIOBERT, [Lettera al signor cavalier Lorgna [...]], « Annali di chimica », Paris, 5 (1794), pp. 224-247. Le citazioni sono alle pp. 224-227, 228-229, 235-236. Il passo di Hauksbee riportato dal Giobert alle pp. 227-229, proviene dalla traduzione francese di F. HAUKSBEER, *Physico-mechanical experiments on various subjects* [...], London 1719^e (*Expériences physico-mécaniques sur différents sujets, traduites de l'anglais de Mr. Hauksbee par Mr. De Breumont* [...], Paris 1734, I, p. 137, art. 3: expériences sur le frottement du caillou et de l'acier dans le vuide.

quando c'è l'aria nell'apparecchio, che sotto vuoto, sono sempre « della stessa identica qualità ed ugualmente attrahibili dalla calamita » (7).

Questa pubblicazione del Carburì, stampata con la data di Padova 12 aprile 1794, viene letta dal farmacista veneziano Vincenzo Dandolo il 28 maggio. Lo stesso giorno il Dandolo invia agli « Annali di Chimica » una violentissima risposta contro chi vuole ancora lottare « colla verità, deducendo ragionamenti da false ed inesatte sperienze ». Io nego — continua il Dandolo — 1°, « che da' globi di ferro arroventati si *senga* ad ottenere uno sviluppo d'aria infiammabile (gas idrogeno), d'aria fissa (gas acido carbonico) ed anche d'aria flogisticata (gas azoto) »; 2°, « che nel voto l'acciajo percossa dalla selce *dia* visibilmente una scintillazione eguale a quella che darebbe nell'aria aperta »; 3°, « che gli atomi di ferro abrasì dalla selce nel voto sieno identici con quegli abrasì dalla selce nell'aria aperta ».

« Io dichiaro [...] con tutta chiarezza che sono false le tre proposizioni » stampate dal Carburì e che se c'è qualcuno « che difendere e sostenere le volesse », sono pronto a scommettere 400 zecchini e il mio rivale ne depositi altrettanti, « senza frapportare inutili parole o scritti ». I due contendenti sceglieranno come giudici, tre scienziati competenti, i quali stabiliranno quali esperienze dovranno essere fatte per risolvere la questione (8).

All'articolo di sfida del Dandolo, comparso negli Annali di chimica di Pavia, il compilatore Brugnattelli fa seguire — alla pagina successiva — un articolo del padre Carlo Barletti, professore di fisica all'Università di Pavia. Il 20 giugno 1794, il Barletti ha rifatto l'esperimento di Hauksbee ed ha notato la scomparsa delle scintille, lavorando verosimilmente in un vuoto più spinto di quello ottenuto dal Carburì (9).

Sempre negli Annali di chimica di Pavia, compare anche, con data di Venezia 1° ottobre 1794, un articolo di Francesco Du Pré molto violento contro il Carburì, il quale, solo per aver trovato « attrahibili dalla calamita [...] le scintille abrase dalla silice [...] conchiuse che [...] non sono punto ossidate ». Du Pré pensa invece ad « una leggiera ossidazione » del ferro. Ripete l'esperimento del Carburì, conferma che le scintille sono attrahibili dalla calamita e ne osserva al microscopio l'aspetto metallico. « Bene asciume », egli le riscalda in presenza di fosforo, entro un'atmosfera di azoto, ottenendo dell'acido fosforico. Allora in quelle scintille c'è dell'ossido di ferro. Du Pré controlla che l'azoto usato non contenga ossigeno, riscaldandovi del fosforo, che fonde ma non si ossida. Allora si ritiene autorizzato a « poter sospettare che quelle scintille ch'erano attrahibili dalla calamita, fossero o alcune ossidate o tutte in qualche parte ».

(7) Lettera del zonte Marco Carburì al chiarissimo padre d[on] Ermenegildo Pini, c[hi] biologia r[es]polare; b[ar]nabita, pubblico professore di storia naturale ecc., Venezia, A. Zatta, 1794, pp. 1-15. Le citazioni, alle pp. 5, 8-9, 10.

(8) V. Dandolo, *Agli amici delle verità fisiche*, « Annali di chimica », Pavia, 7 (1794), pp. 27-32. I passi citati, alle pp. 28, 29, 30, 31.

(9) *Della percossa dell'acciajo nell'aria rarefatta. Sperienze del [padre] Carlo Barletti delle scuole Pie, fatte nella sala di Fisica della [re]gia [im]periale università di Pavia il 20 giugno 1794* [...], « Annali di chimica », Pavia, 6 (1794), pp. 33 e 42g.

Passa allora ad esaminare l'esperimento della scintillazione fatto dal Carburì e conclude che il suo vuoto era imperfetto. Ripete l'esperimento del Carburì, in atmosfera d'azoto e non ottiene alcuna scintilla, fino a che non fa entrare un po' d'aria nell'apparecchio (1).

Val la pena di notare che il Du Pré non accenna agli esperimenti del Barletti (che pure portano acqua al suo mulino), tanto che l'editore lo farà lui, in nota (2). E' solo in un lavoro successivo, che il Du Pré cita gli esperimenti del Barletti, dai quali « si ricava che le scintille hanno ancora luogo in un decimo del vuoto totale, mentre dal Carburì non ne fu adoperato che solamente un ottavo ». Però, « in questo vuoto d'un decimo, le scintille [...] diminuiscono » (3). Con un centesimo del vuoto totale, non si vedono più scintille: solo se si fa buio in sala, si può vedere « una luce rossiccia [come] una specie di aureola, intorno allo spigolo percorso [...] della pietra focaja » (4).

Concluderò ricordando che la scommessa proposta dal Dandolo su tre affermazioni del Carburì, non venne accettata. Noterò che per il Carburì, 400 zecchini erano più di due anni del suo stipendio, mentre non erano gran cosa per il Dandolo, ricco chimico industriale, traduttore e scrittore affermato. Non ho finora trovato nessun commento a stampa che parli di questa scommessa. Inoltre, quando si parla della questione delle scintille, risulta sempre una contesa tra il Pini, il Giobert e il Carburì; vengono nominati il Tommaselli, il Lorgna, il Barletti, il Du Pré, il Thouvenel, *mai* il Dandolo.

Per trovare qualche connessione tra il Dandolo e il Carburì, bisogna cercare fuori della chimica. Oltre alla rivoluzione chimica, la Francia sta esportando anche un altro tipo di rivoluzione e se il Dandolo aspetta a Venezia che l'armata francese lo liberi dal governo aristocratico (e ne prepara la strada con la cospirazione attiva), altrettanto fa a Padova il Carburì (5). I due, tanto battaglieri in campi irriducibil-

(1) Articolo di lettera del signor Dei Pré al signor Brugnatelli sopra alcune questioni chimiche, « Annali di chimica », Pavia, 7 (1794), pp. 251-289. Le citazioni, alle pp. 265-267.

(2) Articolo di lettera del signor Dei Pré, p. 259.

(3) Considerazioni sul Trattato di confabulazioni e scritti di m[onsieur]r Thouvenel, in F. Du Pré, *Ultime scritti in obbiezione della chimica teoria del flogisto, in attualità delle questioni tra il signor Gio[van]ni Antonio Giobert e il sigg. Anton Maria Lorgna, capitano brigadiere, conte Marco Carburì, p[ubblico] p[rofessore] di chimica nell'Università di Padova e del trattato di confabulazioni e scritti di m[onsieur]r Thouvenel, con una appendice sugli errori ed inammissibilità dell'ipotesi del flogisto*, Venezia, 1795, p. 31.

(4) G. BARLETTI, *Della persona*, pp. 215-216.

(5) Sul Carburì, vedi la voce a lui dedicata da U. BALZANI, in *Dizionario biografico degli Italiani*, 19, Roma 1976, pp. 723-725; V. GIOMMANS, *L'insegnamento della chimica all'Università di Padova dal 1749 al 1808*, « Quaderni per la storia dell'Università di Padova », 17 (1984), pp. 91-133. Sul Dandolo vedi l'ottimo lavoro di P. PASTO, *Un « uomo nuovo » dell'età napoleonica: Vincenzo Dandolo, politico e imprenditore agricolo*, « Rivista storica italiana », 94 (1982), pp. 45-97, come pure — sempre del Pisto — la voce Dandolo Vincenzo nel *Dizionario biografico degli Italiani*, 32, Roma 1986, pp. 511-516 e le considerazioni dell'Abbate sul Dandolo chimico (F. ANGI, *Lavoisier e Dandolo. Le edizioni italiane del « Traité élémentaire de chimie »*, in *Annali dell'Istituto di Filosofia*, Firenze, Olschki, 6 (1984), pp. 163-182. Una ricerca d'archivio sugli anni giovanili del Dandolo è stata presentata al Convegno inter-

mente avversa della chimica, sono filofrancesi in politica e, per uno dei tanti paradossi dei quali sono piene le storie, qualche mese prima della caduta della Repubblica Veneta, vengono consultati dal governo quali esperti, per suggerire alcune misure da prendere in caso di assedio della città, da parte dei francesi. Il Dandolo deve addirittura assicurare l'approvvigionamento idrico della città (« Venexia è in aqua et non ha aqua ») ⁽¹⁶⁾, nel timore che i francesi blocchino le barche-cisterna che portano l'acqua a Venezia, dai fiumi e dai pozzi della terraferma. Egli farà scavare alcuni pozzi e delle grandi vasche al Lido. Non serviranno, perché Venezia cadrà da sola, senza che si arrivi all'assedio, ma i suggerimenti del Dandolo torneranno utili quando gli austriaci, nel 1848-49, bloccheranno a loro volta la città ⁽¹⁷⁾.

nazionale per la storia della farmacia (Oslo 1987): V. GIORMANI, M. BRUNERA, *L'irresistibile ascezion du pharmacien venetien Vincenzo Dandolo entre 1775 et la chute de la Republique de Venise*. Di questa, il riassunto in *International Congress for the History of Pharmacy, Oslo, 23-26 June 1987. Abstracts Scientific Program*, Oslo, Norges Aponkerforening, p. 47, mentre il testo, tradotto in italiano, è in corso di stampa in « *Atti e memoria dell'Accademia Italiana per la storia della farmacia* ». Vedi anche il Guareschi, che riporta con molta chiarezza il problema della scintillazione: I. GUARESCHI, C.A. Lavoisier [...], in *Supplemento annuale alla Enciclopedia di chimica*, Torino, 19 (1903), pp. 453-455; I. GUARESCHI, *La chimica in Italia dal 1750 al 1800*, in *Supplemento*, Torino, 28 (1912), p. 446.

⁽¹⁶⁾ M. SANUDO, *Cronachetta*, Venezia, Fulin, 1880, p. 63.

⁽¹⁷⁾ G. FERRETTI, V. DANBOLO, *Breve ragguaglio sopra li pozzi del Lido e le cisterne di Venetia, composto in due memorie presentate a sua eccellenza il nobil uomo Giacomo Nasi cavalier, provveditore alle lagune e ai lidi*, Venezia 1796, pp. 9-11, 27-28; *Raccolta cronologico-ragionata di documenti inediti che formano la storia diplomatica della rivoluzione e caduta della Repubblica di Venetia corredata di critiche osservazioni*, Augusta, 1799, p. 196; M. COSTANTINI, *L'acqua di Venezia, l'approvvigionamento idrico della Serenissima*, Venezia, 1984, p. 106.

MARCO BERETTA (*)

La ricezione di Lavoisier da parte dei Chimici Lombardi (**)

The Reception of Lavoisier's Theory in Lombardia.

ABSTRACT. — In this paper is discussed the reception of Lavoisier's theory at the University of Pavia, the major Italian centre of the second half of XVIIIth century. Volta, Spallanzani, Landriani and Brugnatelli are the main scientists whose contributions have been influent with many experimental discoveries.

Although the lombard chemists were interested in the new theory concerning oxygen, they never succeeded in participating organically to the lively theoretical and methodological debate between Lavoisier and Priestley.

The reason for this may be found in the lack of philosophical tradition which would have been necessary to stimulate chemists to deeply study the epistemological categories on which Lavoisier's theory was based.

Verso la fine del XVIII secolo l'università di Pavia costituiva, per quanto concerneva le scienze naturali, un'istituzione tra le più significative nel nostro paese. Vi insegnavano, infatti, personalità del prestigio di Spallanzani (1729-1799) e Volta (1745-1827), vale a dire l'assoluta avanguardia scientifica in Italia.

Al di là di questi nomi universalmente noti, l'università ticinese poteva contare su dei validi professionisti della scienza che, pur non essendo altrettanto importanti, godevano quantomeno di una fama a livello nazionale, e adempivano al loro compito con risultati talvolta ragguardevoli.

A questa seconda categoria appartenevano, per non fare che pochi esempi, i medici Scarpa (1747-1832) e Rasori (1766-1837), i chimici Scopoli (1731-88) e Brugnatelli (1761-1818), il matematico Mascheroni (1750-1800) e il fisico Gregorio Fontana, la cui funzione fu per il progresso delle scienze nel nostro paese di vitale importanza.

(*) Università di Milano.

(**) Relazione presentata al II Convegno Nazionale di « Storia e Fondamenti della Chimica » (Roma, 16-19 settembre 1987).

Oltre a questo ingente numero di professori e personaggi illustri, gravitava intorno all'ateneo pavese anche tutto il mondo di eruditi e naturalisti milanesi che, occupando sovente cariche politico-istituzionali, avevano ricevuto il delicato incarico da parte del governo austriaco prima e da quello rivoluzionario poi, di coordinare l'istruzione in Lombardia e i difficili rapporti tra l'unica università e le concorrenti scuole della capitale.

Questi incarichi venivano ad esempio affidati a scienziati del calibro di Landriani (1751-1827) e Moscati (1724-1839) che colsero queste opportunità per imprimere degli stimoli vitali allo sviluppo delle scienze.

Da questo accenno, estremamente sommario dovrebbe tuttavia risultare chiara la connessione, spesso causale, tra il potere politico e lo sviluppo delle scienze, connessione che, come è stato più di una volta sottolineato, fu una caratteristica dominante dell'Illuminismo europeo.

Anche la chimica dunque doveva godere dei benefici influssi di questo momento storico fiorentissimo. Essa fa la sua presenza in Lombardia con un certo ritardo, solo nel 1796 infatti, veniva istituita con Brugnattelli la prima cattedra di chimica generale all'università di Pavia. Tardi se si pensa che la prima cattedra italiana veniva istituita nel 1737 a Bologna. Nonostante questo tardivo riconoscimento istituzionale, la chimica lombarda aveva già una solida tradizione alle spalle nell'insegnamento con Giovanni Antonio Scopoli che nella seconda metà del secolo aveva pubblicato numerosi manuali e tradotto e commentato con il giovane Volta il dizionario di chimica di Macquer (1718-84).

Inoltre Volta e Landriani si erano inseriti in modo tempestivo e con dei notevoli risultati, nel dibattito sulle arie degli anni '70; il primo, come è noto, con le « *Lettere sull'aria infiammabile* » del 1777 ed il secondo con le non meno significative « *Ricerche fisiche intorno alla salubrità dell'aria* » del 1775.

Questi importanti interventi tuttavia, erano più legati alle singole capacità sperimentali di personalità fuori dal comune, piuttosto che il frutto di una razionale pianificazione della ricerca chimica.

Oltre a ciò va sottolineato che gli interessi di Volta e di Landriani erano prevalentemente sperimentali, non entravano cioè nel merito del contrasto, in quegli anni così acceso, tra la teoria del flogisto e l'emergente teoria dell'ossigeno. Tutti e due aderivano alla teoria di Stahl non tanto perché fosse la meglio comprovata sul piano degli esperimenti, quanto perché la maggior parte dei chimici europei l'adottava ancora, rendendo in tal modo improbabile una sua imminente caduta.

Le scoperte di Lavoisier ma soprattutto le sue due opere più sistematiche; la « *Méthode de nomenclature chimique* » e il « *Traité élémentaire de chimie* », pubblicati a soli due anni di distanza, dovevano però costringere i chimici europei a prendere le parti dell'una o dell'altra teoria venute ora ad escludersi. Dopo l'elaborazione organica della teoria dell'acidità, che vedeva nell'ossigeno il vertice di una combinazione sofisticatissima e rigorosa di elementi e di composti, non era più possibile conciliare, come molti avevano fatto fino ad allora, la vecchia interpretazione della materia con i nuovi decisivi esperimenti sulla decomposi-

zione dell'acqua e sulla calcinazione dei metalli, rivelatesi, in un'ottica quantitativa e fiscalista, cruciali.

E' a questo punto che diventa estremamente interessante seguire l'atteggiamento e le reazioni dei naturalisti lombardi messi di fronte al clamore delle nuove scoperte. Il primo a dare il proprio parere era Marsilio Landriani, che si trovava a Parigi immediatamente dopo la pubblicazione della « *Méthode* » (1787), per incarico ufficiale del governo austriaco.

Durante questo soggiorno Landriani aveva avuto l'opportunità di conoscere direttamente tutti i più grandi scienziati e filosofi francesi ed in particolare: Lavoisier, La Place, Bailly, Buffon, Marmontel e Condorcet, con i quali, come lui stesso testimonia (1), si intratteneva quotidianamente. Il suo primo giudizio sulla nuova nomenclatura rivelava una certa esitazione, se infatti da una parte ne riconosceva l'indubbia comodità dall'altra dichiarava: « Sarebbe desiderabile che questa nuova nomenclatura non fosse appoggiata ad un sistema, il quale probabilmente avrà la fortuna degli altri quando le scienze chimiche saranno più inoltrate di quello che lo sono al presente » (2). A questo giudizio ufficiale un po' esitante sui contenuti della nuova teoria, Landriani doveva far seguire una posizione più decisa dopo i contatti avuti con Guyton De Morveau (1737-1816), un seguace di Lavoisier: « Ho letto la nuova nomenclatura chimica, scriveva nel settembre 1787 all'amico Senéquier, il Signor Morveau non parla che questa lingua. Egli mi ha quasi convinto dell'inesistenza del flogisto. Voi vedrete, continuerà più oltre, le note alla traduzione della Signora Lavoisier all'opera di Kirwan, che mi sembrano molto convincenti » (3).

Esattamente un anno dopo queste inequivocabili dichiarazioni iniziali, Landriani doveva ricredersi e in una lettera a Volta scriveva: « A Parigi [...] feci tutti gli sforzi per difendere il flogisto ed i flogisticanti » (4).

La lettura di queste lettere così discordi tra loro, sorprende ancor di più se si considera il prestigio che avvolgeva la figura di Landriani alla fine del secolo. Ma nell'analizzare le sue posizioni teoriche dobbiamo tener conto di due fattori non privi di influenza. Il primo era la sua stretta amicizia con Priestley, il maggiore sostenitore del flogisto, caratterizzata sempre da un profondo rispetto reciproco. Il secondo fattore, nettamente più importante, era l'interesse prevalentemente tecnico-sperimentale di Landriani per la chimica. Dopo la pubblicazione degli « *Opuscoli fisico-chimici* » nel 1781, i suoi scritti trattavano di argomenti tecnici, inerenti a problemi di meccanica dei fluidi, meteorologia e elettricità, toccando solo accidentalmente argomenti di carattere chimico. E' ragionevole credere, dunque, che il conflitto tra Stahl e Lavoisier, non fosse la sua principale preoccupa-

(1) In una lettera manoscritta conservata nei fondi Greppi, cart. 321, dell'Archivio di Stato di Milano.

(2) *Relazioni di Marsilio Landriani sui progressi delle manifatture in Europa*, Milano, 1981, pag. 67.

(3) Lettera manoscritta conservata nella Bibliothèque Publique et Universitaire, Salle Senéquier, di Ginevra.

(4) A. VOLTA, *Epistolario*, vol. III, Bologna, 1952, pag. 90.

zione e si può pertanto spiegare il suo oscillare dall'una all'altra teoria senza mai giustificare in modo esauriente le sue scelte.

Con Luigi Valentino Brugnatelli, ci troviamo di fronte ad una nuova generazione di scienziati, meglio disposti nei confronti delle novità. Allievo del flogista Scopoli, nel 1788 incominciava la sua attività di ricercatore e di insegnante di chimica presso il Collegio Ghislieri e successivamente all'università di Pavia; in quegli stessi anni fondava poi due fondamentali periodici: « *La Biblioteca fisica d'Europa* » (1788), che aveva nell'intendimento dell'editore il compito di divulgare su tutto il territorio nazionale, le memorie più importanti degli scienziati stranieri e gli « *Annali di chimica* » (1790), che ricalcavano nella struttura editoriale l'omonimo periodico francese fondato da Lavoisier un anno prima a Parigi.

Inutile dire che l'opportunità di avere un periodico interamente dedicato alla chimica, in un panorama editoriale già piuttosto avaro per le scienze in generale, costituiva un passo realmente importante ed insieme decisivo nel suscitare interesse per una scienza che fino ad allora sembrava essere monopolio esclusivo dei francesi e degli inglesi.

Già dal primo numero degli « *Annali* », Brugnatelli mostrava di possedere una personalità scientifica originale; i suoi interessi, infatti, erano incentrati sul conflitto tra le teorie chimiche più che sugli aspetti sperimentali. In particolare il suo obiettivo polemico era la nuova nomenclatura proposta da Lavoisier nel 1787.

« La teoria dei chimici pneumatici, scriveva nella prefazione, ha pur in Italia dei partigiani e dei difensori. Io l'ho adottata da lungo tempo nei miei corsi accademici [...] ».

Ma ben comprendo con mio spiacere che per quanto brillante ella sia deve ancora superare degli ostacoli per essere in tutte le sue parti solidamente comprovata [...].

Quello che in Italia tarderà a stabilirsi generalmente si è la nuova nomenclatura che i chimici pneumatici hanno introdotto » (1).

Ovviamente delle perplessità sul nuovo linguaggio tecnico erano già state sollevate da alcuni sostenitori del flogisto quali Sage (1740-1821), De La Méthérie (1743-1817), il finnico Gadolin (1760-1832) ed il medico spagnolo Aréjula, ma anche chimici famosi quali Kirwan (1738-1812) e Black (1728-99), appena convertiti alla teoria di Lavoisier, come Brugnatelli, non adottarono mai la nuova nomenclatura, che veniva considerata troppo astratta nei suoi principi e nelle regole metodologiche fisico-quantitative, contrarie per natura all'approccio generalmente empirista della tradizione scientifica inglese. Brugnatelli aveva dunque saputo introdurre in Italia una polemica di ampie proporzioni e che aveva per oggetto gli schemi teorici e metodologici della nuova chimica.

(1) Prefazione in, « *Annali di chimica* », I, 1790, pp. IX-X.

Le prime reazioni non si fecero aspettare; nel 1792 il mineralogista milanese Ermenegildo Pini (1739-1825) pubblicava una memoria in cui cercava di sostenere l'impossibilità di applicare la nuova nomenclatura alla mineralogia (*), a causa dell'astrattezza aridamente quantitativa dei suoi principi. « Suppongo, scriveva, che avendo essi [i francesi] mutati i principi, ed i nomi usati nella chimica conviene pure mutare il nome della scienza da essi fondata; la quale poichè consiste in semplici astrazioni, io per brevità chiamerò *Metachimica*, come già la fisica si derivò il nome di *Metafisica*, che è la scienza delle cose astratte » (**). L'obiettivo di Pini, rimasto fedele al flogisto, era di mettere in dubbio con la nomenclatura, non soltanto la congruenza di un vocabolario, ma anche i criteri metodologici quantitativi che avevano ispirato la chimica lavoisieriana e che, come è noto, costituivano la vera forza della nuova teoria.

In questo modo era arrivato a mettere in dubbio, come avevano fatto con ben maggiore profondità Priestley e Cavendish, l'interpretazione di Lavoisier sull'esperienza della decomposizione dell'acqua: « la bilancia e la misura, continuava, in questa esperienza che dicono? Non altro al più se non che il peso dell'acqua fu uguale a quello dei due gasi. Ma per determinare la natura dei corpi, ciò che risulta dalle loro composizioni, e risoluzioni, e la ragione, per cui da certe operazioni si hanno certi risultati basta egli il solo peso? [...] »

Io non credo che dal peso siasi mai dedotta una più leggera conseguenza » (**).

Era il ritorno alla chimica delle qualità.

Più seria e molto più influente fu la posizione di Brugnatelli che a metà del 1795 pubblicava sugli « Annali di chimica » un prospetto di riforma alla nuova nomenclatura dei francesi (*); ogni nome della quale veniva passato sotto il critico setaccio delle osservazioni del chimico pavese.

Primo tra tutti l'ossigeno che Brugnatelli considerava un'astrazione inesistente in natura. Questa sostanza, infatti, combinandosi liberava sempre una certa quantità di calore (termogeno), che mentre per i francesi era una quantità variabile e quindi trascurabile, per Brugnatelli costituiva una parte integrante ed invariante dell'ossigeno. Dunque il nuovo nome da adottare era *termossigeno* ed intorno a questa « nuova » sostanza era necessario costruire una nuova teoria se non alternativa, almeno più « precisa » e « rigorosa » di quella di Lavoisier.

Il termossigeno diventava il centro di un'immensa rete di trasformazioni linguistiche che in sostanza modificavano profondamente la struttura originaria della nomenclatura chimica francese. Tralasciando i dettagli di questa ambiziosa riforma, che dopo la morte dell'autore nel 1818 veniva universalmente rifiutata, è comunque storicamente molto importante cogliere i motivi e le cause che ispi-

(*) E. Pini, *Osservazioni sulla nuova teoria e nomenclatura chimica come inammissibili in mineralogia*, in « Memorie di matematica e fisica della Società italiana », VI, 1792, pp. 309-68.

(**) E. Pini, *Op. cit.*, p. 310.

(*) *Ibid.*, pag. 313 e pag. 315.

(*) *Prospetto di riforma alla nuova Nomenclatura Chimica proposta dai Sigg. Morveau, Lavoisier, Berthollet e Foucroy*, in, « Annali di chimica », VIII, 1795, pp. 149-73.

zarono Brugnatelli in questa impresa non priva di influenze anche oltre i confini nazionali.

Contrariamente ai Fontana, ai Fabbroni, ai Volta, Brugnatelli era intimamente convinto dell'importanza degli elementi teorici e speculativi nella costruzione e nello sviluppo della chimica. Non a caso più di una volta iscriveva nelle sue opere e nei carteggi passi e citazioni di Condillac il padre della metodologia scientifica settecentesca.

Questo atteggiamento costituiva, per l'Italia scientifica, una peculiarità; non si può infatti non notare nella maggioranza dei testi di chimica italiani l'assoluta mancanza di teoreticità, sostituita con un empirismo e sperimentalismo talvolta portati all'eccesso.

Il tentativo, come si può ben immaginare, doveva naufragare in una sconfitta prima e nell'indifferenza poi; Brugnatelli dopo una dura polemica con Berthollet (1748-1822) e Guyton de Morveau, consumatasi tra il 1798 e il 1804, si era dovuto rassegnare all'insuccesso e si era dedicato con dei risultati all'avanguardia allo studio delle applicazioni della pila voltiana ai fenomeni chimici, primo tra tutti quello della ramatura metallica, di cui fu lo scopritore.

Ma il suo prestigio era ormai compromesso a causa delle polemiche contro i francesi, e le ultime osservazioni lasciarono indifferente la comunità scientifica, e venivano riprese solo con Jacobi nel 1830. Diverso ancora l'atteggiamento dei due grandi della scienza lombarda settecentesca Volta e Spallanzani.

Per quanto riguarda il primo è ormai nota la sua prudenza nel dare un giudizio sul duello tra la teoria di Stahl e quella di Lavoisier. Certamente si può affermare che almeno fino al 1794 era più propenso ad appoggiare il flogista, adottando in pieno la vecchia nomenclatura ⁽¹⁰⁾. Nel 1795 Brugnatelli, in una sua memoria ⁽¹¹⁾, si diceva convinto di averlo convertito alla teoria termossigena, ma pur lasciando aperta anche questa possibilità, dall'epistolario di Volta ne emerge uno scettico distacco. In un fondamentale documento, rimasto inedito fino al 1952, lo scienziato comasco rendeva conto al Magistrato di Governo del programma di fisica per l'anno scolastico 1796 e per quanto riguardava la chimica, adottava la nuova nomenclatura francese, includendo nelle lezioni la dimostrazione di: « quanto più è fondata la nuova teoria della combustione di Lavoisier dell'antica di Stahl, la teoria cioè, che ripete il calore della combustione dell'aria vitale, che si disfa, fissandosi la sua base pesante nel combustibile (il quale effettivamente cresce altrettanto di peso), e abbandonando il calorico, che tenedo allo stato areiforme, » ma Volta va più oltre riconoscendo che l'ossigeno è realmente: « il principio acidificante universale » ⁽¹²⁾.

Appare chiaro da queste e da altre considerazioni che qua e là si trovano

⁽¹⁰⁾ A. VOLTA, *Op. cit.*, pag. 499.

⁽¹¹⁾ L.V. BRUGNATELLI, *Avvertimento*, in, « Annali di chimica », IX, 1795, prima pagina non numerata.

⁽¹²⁾ A. VOLTA, *Op. cit.*, pag. 534.

nell'epistolario degli anni 1796-1798, che Volta era ormai totalmente persuaso della nuova chimica, ma, malgrado ciò non assunse mai un atteggiamento radicale e definitivo sui principi teorici che la sottointendevano, preferendone la parte sperimentale.

Inoltre aveva visto da vicino la disfatta dell'amico Brugnatelli e gli sembrava sicuramente più opportuno scegliere la via ormai più comune, senza discuterne i fondamenti. Senza contare che il riconoscimento ottenuto con la dimostrazione della pila nel 1801 a Parigi, era una ragione per abbandonare ai propri destini il flogisto e il termossigeno, intensificando i rapporti con gli scienziati francesi che, non va dimenticato, occupavano cariche politiche di grande prestigio.

Per altri versi interessante fu l'approccio di Spallanzani. Interessatosi di chimica incidentalmente nella seconda metà degli anni '80, durante le sue ricerche sui vulcani e i minerali della Sicilia, ne approfondì lo studio fino a diventare uno degli studiosi più coerenti e moderni d'Italia.

In continuità con la tradizione però, Spallanzani aveva per gli aspetti teorici un interesse moderato, che non gli impediva tuttavia di difendere con successo le idee di Lavoisier. Ma prima di addentrarci nel merito di queste posizioni relativamente tarde, è forse meglio considerare le prime impressioni del naturalista emiliano sulla nuova teoria, non altrettanto decise.

In una lettera del marzo 1791 indirizzata all'amico ginevrino Senebier, scriveva: « A proposito di dottrine moderne accettate voglio un consiglio da voi ed è se nel mio libro credete meglio ch'io adotti la nuova nomenclatura oppure che segua la vecchia. E' vero che qualche termine è fondato sopra ipotesi, ma in generale queste espressioni mi sembrano giuste e precise » (17).

Già sei mesi più tardi, ringraziando Lavoisier della copia del « *Traité* » ricevuta in dono, dichiarava: « a riserva di Don Alessandro Volta dirò che la di lei nomenclatura in chimica e in fisica è universalmente abbracciata dalla nostra Università; riguardo a me ne vedrò Ella una prova nel mio viaggio nelle due Sicilie in massima parte vulcanico » (18).

E' molto difficile stabilire, partendo da queste dichiarazioni quanta parte ebbe Senebier, anch'egli indeciso, nel convincere Spallanzani ad adottare la nuova nomenclatura, o quanta invece vada attribuita al suo formidabile intuito nel comprendere l'importanza e la novità rivoluzionaria delle interpretazioni di Lavoisier. Comunque sia, a questa controversa conversione, seguiva una quantomeno chiara posizione con la pubblicazione di un volumetto interamente dedicato ad un argomento chimico.

Si tratta, come è noto, del « *Chimico esame degli esperimenti del Professor Goetting* », pubblicato a Modena nel 1796; un libello che confutava a poco tempo di distanza le esperienze del chimico tedesco Goetting (1755-1809) di Jena sulla combustione del fosforo, con le quali aveva cercato di dimostrare che

(17) L. SPALLANZANI, *Epistolario*, vol. IV, Firenze, 1962, pag. 229.

(18) *Ibid.*, pag. 273.

l'emissione di luce da parte del fosforo era dovuta alla presenza dell'azoto e non dell'ossigeno, come sostenuto dalla *coterie* lavoisieriana. Inoltre secondo Goettling l'azoto non era una sostanza semplice bensì una combinazione della base dell'ossigeno con la luce.

Queste esperienze che avevano trovato molti seguaci tra i quali Brugnatelli, trovavano nel volume di Spallanzani la più pronta ed incisiva risposta.

« Penetrato delle verità delle chimiche dottrine francesi, scriveva, ho esaminato a sangue freddo, e con la maggiore imparzialità le critiche mosse da questo tedesco [...], e parute essendomi tutte difettose [...], ho creduto conveniente il pubblicare in un'opuscolo i miei rilievi, acciocchè le prodotte difficoltà non ritardino gli avanzamenti di questo importante ramo del sapere »⁽¹⁾.

Con la consueta precisione Spallanzani aveva ripetuto esperimenti ed osservazioni più volte e in condizioni tecniche e ambientali differenti, in modo da dimostrare senza ombra di dubbio, che era possibile ottenere, attraverso qualche accorgimento, l'azoto in forma pura. Il successo di quest'opera, che venne accolta con entusiasmo dai francesi, mette d'altra parte in luce la caratteristica tipica dei testi di chimica italiani.

Innanzitutto per la quantità enorme di esperimenti che, contrariamente allo stile francese, non veniva sintetizzata in un numero significativo di esempi; in secondo luogo la difesa di Spallanzani della teoria dell'ossigeno era generata da un aspetto molto particolare e circoscritto di essa, vale a dire da una questione prettamente sperimentale.

Questo modo di procedere era tanto comune che i chimici italiani avevano serie difficoltà nell'intendere quelle parti dei testi di chimica che travevano la loro origine da una più o meno profonda riflessione « filosofica ». Questo fatto, tutt'altro che secondario, impediva la comprensione degli aspetti fondativi della rivoluzione di Lavoisier. Brugnatelli, è vero, ne aveva intravisto l'importanza, ma il suo tentativo di riforma teorica non coglieva che estrinsecamente gli elementi filosofici della nuova nomenclatura, disperdendosi in tal modo in una sincretistica e disorganica ricerca di nuovi vocaboli, senza un filo conduttore preciso. Ed anche laddove i suoi rilievi critici erano giustificati, la confusione generale ne soffocava la validità.

Suo malgrado gli mancavano gli strumenti filosofici, o per meglio dire, le categorie epistemologiche, per essere in grado di comprendere la struttura teorica del nuovo linguaggio.

Di questa lacuna ne erano stati ben coscienti i francesi, ed in particolare Berthollet e Guyton de Morgeau, che in più di un'occasione glielo rinfacciarono.

A questo punto non è facile trarre delle conclusioni che tengano conto nel suo complesso di tante posizioni così diversificate e in apparente avversione tra loro. Tuttavia, malgrado le diversità e le ambiguità, mi sembra siano rintracciabili delle posizioni che fanno capo ad una stessa tradizione scientifica.

(1) *Op. cit.*, vol. V, pag. 141.

Indubbiamente la teoria di Lavoisier aveva diviso anche i chimici lombardi in due fronti contrapposti, ma le discussioni e le polemiche non si accesero mai su questioni che non inerissero specifiche considerazioni sperimentali, e fenomeni chimici determinati e circoscritti.

Vi furono tra l'altro molti chimici che non soltanto non erano in grado di decidersi, ma pretendevano di realizzare una sintesi impossibile tra Stahl e Lavoisier. Abbiamo già parlato di Landriani e Brugnatelli, ma la lista potrebbe continuare con il veneto Vincenzo Dandolo (1758-1819) e molti altri che non vedevano nelle due teorie principi e metodologie contrapposte strutturalmente.

A questo atteggiamento generalizzato si possono sommarariamente attribuire due cause: la più influente e profonda fu certamente la mancanza di una solida tradizione filosofica, sufficientemente presente nel contesto scientifico italiano, cosa che invece aveva caratterizzato lo straordinario sviluppo della scienza in Francia nel XVIII secolo.

Mentre tutti i « Philosophes » erano impegnati in primo piano nel fornire gli strumenti metodologici alle scienze, in Italia, gli argomenti di carattere scientifico, venivano trattati dai filosofi da un punto di vista meramente erudito. La fondazione del famoso periodico scientifico, gli « *Opuscoli scelti sulle scienze e sulle arti* », da parte di Amoretti e Soave, il maggior filosofo lombardo, non si tradusse mai nella pratica in un connubio proficuo tra scienza e filosofia né tantomeno contribuì a fondare una scienza più filosofica.

Un'altra causa se si vuole meno astratta ma altrettanto influente, trova la sua origine nei condizionamenti istituzionali che le scienze baconiane e particolarmente la chimica, dovettero subire. L'intendimento del governo austriaco prima e di quello napoleonico poi era infatti finalizzato ad una ricerca scientifica produttiva e quindi in massima parte applicativa e tecnologica. Il fiorire delle società di agricoltura, e nel caso milanese dell'importante Società Patriottica, relegavano il ruolo della chimica a ricerche che dovevano rispondere a più o meno mediate esigenze economiche. Non che queste componenti non fossero presenti anche in Francia e negli altri paesi, tuttavia non esisteva una connessione causale così evidente tale da condizionarne lo sviluppo.

GIULIA LEVI (*)

**L'accesso alle fonti e la loro interpretazione:
confronto tra due stesure successive
di un Mémoire di Lavoisier (**)**

Sources and Their Interpretation: A Comparison between Two Consecutive Editions of a Mémoire by Lavoisier.

ABSTRACT. — How to exploit primary sources in history of chemistry, both for personal research and for didactic purpose, even in secondary school? This problem always shows to be important in our times.

Even a single text may have different semantic interpretations, according to the period or to the cultural background in which it is considered.

Controversies grow up if exist two versions of a same text. It is for instance the case of Lavoisier's Mémoire in which he reveals the existence of oxygen.

It is interesting to put the first edition of 1775 aside the second one of 1778, with the aim to show the unchanged parts and more to underline the alterations. Even the change of a word or of an adjective is significant because it is an evidence that in the latter version the theory of oxygen had become more vigorously established in Lavoisier's mind, completely substituting the phlogistic theory.

Nevertheless the first edition allows to us to understand how advanced chemical science was in those years, when the chemistry of principles was still prevailing. Lavoisier's oxygen is slowly going to loose the nature of a principle, to keep that of an element, with its features and its quantitative data.

The right interpretation of the combustion is the way to go until the reform of nomenclature.

La nostra stessa presenza qui è prova della nostra convinzione dell'utilità dello studio della storia della chimica e del suo inserimento a livello didattico per vari motivi: innanzitutto per dimostrare l'autonomia conoscitiva della chimica rispetto alle altre scienze e inoltre perché questo atteggiamento di tipo storico-critico, se opportunamente svolto, può portare gli allievi ad un arricchimento cul-

(*) Ordinaria di chimica presso il Civico Istituto Professionale « F. Balbo », Torino.

(**) Relazione presentata al II Convegno Nazionale di « Storia e Fondamenti della Chimica » (Roma, 16-19 settembre 1987).

turale e ad una sensibilizzazione ai problemi dell'evoluzione del pensiero scientifico.

Il testo di Lavoisier che ho scelto, o meglio il confronto fra due stesure successive dello stesso testo, si propone come un esempio concreto di approccio storico-critico allo studio dell'epoca in cui la chimica stava nascendo come scienza autonoma con i suoi oggetti, il suo linguaggio e i suoi metodi. A questo testo, come a qualunque altro, ci si può avvicinare in modi diversi; ne ho individuati tre, ognuno dei quali può essere didatticamente utilizzato per allievi di una certa fascia d'età.

Un primo approccio di tipo biografico colloca il testo nel suo milieu storico-culturale. Si tratta di un *Mémoire* intitolato « Sur la nature du principe qui se combine avec les métaux pendant leur calcination et qui en augmente le poids », che fu pubblicato sul *Journal de Rozier* nel 1775 e pubblicato in seguito fra i resoconti dell'Académie des Sciences nel 1778.

Il *Journal de Rozier* aveva come titolo completo « Observations et mémoires sur la physique, sur l'histoire naturelle et sur les arts »; usciva mensilmente dal 1771 e aveva il merito di diffondere rapidamente le conoscenze scientifiche; per quanto non fosse una rivista specializzata, erano stati pubblicati diversi articoli sul problema della trasmutazione dell'acqua in terra, sull'aria fissa, sulla calcinazione dei metalli. In particolare, nel 1773, aveva pubblicato l'opera di Priestley *Observations on different kinds of air*, tradotta in francese, anche se abbastanza grossolanamente; per cui Lavoisier, che qui lesse l'opera di Priestley, visto che non conosceva l'inglese, venne ad averne informazioni piuttosto distorte.

Che la calcinazione dei metalli portasse ad un aumento di peso era cosa nota già da tempo e i più fedeli seguaci di Stahl avevano cercato di giustificare questo fatto attribuendo al flogisto un peso negativo. Ma altri erano di parere opposto. Per esempio Jean Rey nel 1630 scriveva: « Questo aumento di peso viene dall'aria che è stata appesantita e resa in qualche modo adesiva dall'azione violenta e continua del calore del forno; l'aria si attacca alle minute particelle della calce metallica, così come l'acqua appesantisce la sabbia con cui è mescolata ». Così diceva nella risposta al farmacista Brun di Bergerac, riportata ad opera di Bayen sul *Journal de Rozier* nel 1775.

A quell'epoca Lavoisier era già noto nel mondo accademico francese da più di una decina d'anni, era diventato associato all'Académie des Sciences nel 1772, proprio nell'anno in cui avevano avuto inizio i suoi studi sulle arie e sui processi chimici che tendono a liberarle. Certo la cronologia dei suoi lavori è piuttosto confusa perché egli pubblicava i suoi *Mémoires* il più presto possibile sul *Journal de Rozier* per assicurarsi la priorità delle sue scoperte e poi li ripubblicava a distanza di anni sui resoconti dell'Académie, ma rimaneggiati e rivisti alla luce delle sue nuove conoscenze, come vedremo tra poco nei due testi che considereremo.

Comunque, negli *Opuscules physiques et chimiques*, pubblicati a Parigi nel 1774, Lavoisier riportava le sue prime osservazioni sull'aumento di peso del fosforo e dello zolfo quando sono bruciati e sulla calcinazione del piombo. Già

aveva notato che il minio quando è bruciato libera un'aria che non è aria fissa, ma è aria dell'atmosfera, ora aggiunge:

«L'aria comune è costituita da diverse porzioni, una delle quali può essere fissata; perciò non è un elemento semplice ma un misto o un composto» e qui riecheggia la suddivisione dei corpi materiali secondo Stahl. Ancora però Lavoisier non può decidere «se la parte che si può fissare nella combustione e nella calcinazione è una sostanza essenzialmente diversa dall'aria o se è l'aria stessa a cui qualcosa è stato aggiunto o portato via». Egli usa allora il termine neutro di fluido elastico e si propone di studiare le proprietà dell'aria liberata dalla riduzione delle calci metalliche, così come quelle dell'aria rimasta in un ambiente chiuso dopo che un metallo è stato calcinato o il fosforo bruciato; infine paragonerà queste proprietà con quelle dell'aria fissa, usando gli stessi test di Black e di Priestley, cioè verificando se l'aria in questione (1) precipita l'acqua di calce, (2) si scioglie in acqua, (3) è assorbita dall'alcali caustico, (4) permette la combustione di una candela, (5) permette la respirazione di un animale. Infatti per Priestley respirazione e combustione erano simili perché entrambi i fenomeni scaricavano flogisto nell'aria, trasformandola in aria flogistica. L'aria nitrosa dava effervescenza se mescolata con l'aria comune, diminuendo di 1/5 il volume dell'aria comune iniziale. Non dava effervescenza invece né con l'aria fissa né con l'aria infiammabile, pertanto il test dell'aria nitrosa era diventato una misura della «bontà» dell'aria in esame, cioè della sua respirabilità, sostituendo il test del tempo di vita di un topo. Questo test introdotto da Priestley aveva reso il termine *aria comune* quasi sinonimo di *aria respirabile*.

Queste premesse sono necessarie per comprendere gli ostacoli epistemologici e le difficoltà concettuali di Lavoisier al momento della prima stesura del suo *Mémoire*.

Se affrontiamo più da vicino questo testo, vediamo che ha una struttura elementare, divisa in settori, come i *Mémoires* dello stesso periodo. Vi si distinguono 14 paragrafi, più o meno lunghi. Il primo pone il problema ed è notevole che la prima frase sia seguita da un punto interrogativo, visto che non è un inizio molto comune. Ma porre domande significative può essere importante come fornire risposte conclusive.

Il secondo paragrafo esprime una contestazione dell'opinione generale secondo cui la riduzione delle calci metalliche è dovuta all'intervento del flogisto. La parola-chiave nei primi paragrafi è *état* (*état de chaux* ↔ *état de métal*, *état éminemment respirable* ↔ *état d'air fixe*), il che ci mostra che a quell'epoca la chimica di Lavoisier era ancora una chimica dei principi: una stessa sostanza può rivelarsi sotto molteplici forme o stati.

Il terzo e il quarto paragrafo riguardano le difficoltà sperimentali che Lavoisier ha incontrato effettuando la riduzione delle calci di ferro senza aggiunta di carbone, mentre il quinto presenta i dettagli sperimentali della riduzione del mercurio precipitato *per se*. Questo è un momento molto importante dal punto di vista epistemologico; innanzitutto la parola-chiave è *répétition* (all'ultima riga del paragrafo): Lavoisier non fornisce risultati dettagliati di nessuna esperienza

reale, ma mescola in un unico resoconto circostanze che derivano da successive ripetizioni della stessa esperienza. Infatti se utilizziamo i dati sperimentali dei paragrafi 6, 7 e 8 osserviamo che Lavoisier riporta dei risultati molto buoni: egli usa:

$$1 \text{ oncia} = 576 \text{ grani} = 576 \cdot 0,0531 \text{ g} = 30,59 \text{ g} = 0,141 \text{ moli di HgO} \\ (\text{PM di HgO} = 216,59)$$

e

$$48 \text{ grani} = 48 \cdot 0,0531 \text{ g} = 2,55 \text{ g} = 0,212 \text{ moli di carbonio.}$$

Sulla base dell'equazione stechiometrica



nelle condizioni normali di temperatura e pressione si dovrebbero ottenere 0,070 moli di CO_2 , cioè 1,58 litri. Lavoisier ha ottenuto 64 pollici cubici = $64 \cdot 19,84 \cdot 10^{-3}$ litri = 1,27 l di aria fissa « senza contare — dice — la porzione assorbita dall'acqua della campana ». Nonostante questa perdita di 0,31 l il risultato è abbastanza buono ed è una riprova che si tratta di un'esperienza idealizzata. Lo stesso calcolo si può fare sui valori riportati nei paragrafi 9, 10, 11 che sono in certo modo speculari ai tre precedenti; si tratta della riduzione del mercurio senza aggiunta di carbone. Lavoisier usa:

$$1 \text{ oncia} = 576 \text{ grani} = 576 \cdot 0,0531 \text{ g} = 30,59 \text{ g} = 0,141 \text{ moli di HgO} \\ \text{e ottiene}$$

$$7 \text{ grossi} = 7 \cdot 3,82 = 26,77 \text{ g}$$

$$18 \text{ grani} = 18 \cdot 0,0531 = 0,96 \text{ g}$$

$$\underline{\hspace{1.5cm}} \\ 27,73 \text{ g} = 0,138 \text{ moli di Hg metallico}$$

con

$$78 \text{ pollici cubici} = 78 \cdot 19,84 \cdot 10^{-3} \text{ l} = 1,55 \text{ l di aria.}$$

Sulla base dell'equazione stechiometrica



nelle condizioni normali di temperatura e pressione si dovrebbero ottenere 1,58 l di ossigeno!

L'aria ottenuta usando carbone manifestava tutte le proprietà dell'aria fissa. L'aria ottenuta senza l'uso del carbone invece « con gran sorpresa » reagiva negativamente ai test standard per l'aria fissa: non si scioglie in acqua, non precipita l'acqua di calce, non si unisce con gli alcali né riduce la loro causticità, inoltre potrebbe servire di nuovo per calcinare i metalli e *reagisce con l'aria nitrosa come l'aria comune.*

Nel 1774 Lavoisier aveva affermato che l'aria è un'entità divisibile, nel 1775 si rende conto che la calcinazione avviene per mezzo di una particolare porzione

dell'aria atmosferica. Ma qui sorge una contraddizione: essa è aria comune e al tempo stesso più pura dell'aria comune. Questa ambivalenza del linguaggio sottintende un'ambivalenza delle idee di Lavoisier in questo momento; per ora egli sospende il giudizio, non ha ancora ripudiato la teoria del flogisto, anche se gli rimangono parecchie perplessità.

Nella stesura del 1778 Lavoisier cambia il linguaggio con cui descrive l'aria l'aria ottenuta per riscaldamento dell'HgO; ora essa è « la porzione dell'aria più salubre e più pura, in uno stato eminentemente respirabile ». Inoltre cancella il paragrafo in cui affermava che quest'aria reagiva al test dell'aria nitrosa come l'aria comune.

Questi cambiamenti hanno destato negli storici alcuni sospetti. Infatti Lavoisier sembrerebbe voler mostrare che già nel 1775 aveva compreso chiaramente la natura dell'aria liberata dalla calce di mercurio, mentre non l'aveva ancora distinta del tutto dall'aria comune. In realtà nel 1778, quando il suo edificio teorico è ben rinsaldato, gli esperimenti sulla calce di mercurio gli appaiono essenziali e decisivi per dimostrare le sue tesi, e al tempo stesso gli scritti del 1775 gli sembrano confusi e ambigui. La pubblicazione nei resoconti dell'Académie (in ritardo di 2 o 3 anni) era per lui l'occasione di correggere queste ambiguità e anche di aggiungere un nuovo paragrafo. Infatti, in luogo di quello dove riconosceva a Priestley il merito di aver identificato come aria fissa la combinazione fra aria comune e flogisto, ora Lavoisier sostituisce la chiara affermazione che l'aria fissa è il risultato della combinazione della porzione eminentemente respirabile dell'aria con il carbone.

Alcuni storici poi prestano fede all'accusa di Priestley secondo la quale Lavoisier si è orientato verso lo studio della riduzione della calce di mercurio (per riscaldamento con e senza carbone) solo dopo aver appreso da Priestley stesso le caratteristiche di quell'aria « che faceva bruciare una candela molto meglio che l'aria comune », in occasione del viaggio dell'inglese a Parigi nel 1774 al seguito di Lord Shelburne.

In realtà valutare la disputa fra i due scienziati solo sulla base della priorità della scoperta dell'ossigeno è piuttosto artificioso. Va tenuto presente, con la chiarezza fornita dalla prospettiva storica, che i due scienziati si muovevano in una differente dimensione epistemologica e sotto una diversa spinta teorica. Per Priestley lo scopo della ricerca scientifica era l'utilità, pertanto egli intendeva ripristinare l'aria viziata dalla respirazione e dalla combustione eliminandone il flogisto, tanto è vero che aveva denominato *aria deflogisticata* l'ossigeno che aveva ottenuto. Lavoisier invece si poneva come scopo di comprendere il ruolo di quell'aria ancora sconosciuta nelle trasformazioni chimiche, perciò, anche se la dinamica sperimentale era — per così dire — ereditata da Priestley, la scoperta o meglio l'identificazione dell'ossigeno da parte di Lavoisier va collocata in un contesto completamente differente.

Oltre a quelli visti fin qui, si potrebbero stabilire altri livelli di lettura di questo testo, in ogni caso sarà compito dell'insegnante valutare il tipo di approccio più adatto per la formazione dei suoi allievi.

MÉMOIRE

Sur la nature du principe qui se combine avec les métaux pendant leur calcination, et qui en augmente le poids (1).

Là à la rentrée de l'Académie le 26 Avril, par M. LAVOISIER.

Existe-t-il différentes espèces d'air? Suffit-il qu'un corps soit dans un état d'expansibilité (2) durable pour constituer une espèce d'air? Enfin, les différents airs que la nature nous offre, ou que nous parvenons à former, sont-ils des substances à part, ou des modifications de l'air de l'atmosphère? Telles sont les principales questions qu'embrasse le plan que je me suis formé et que je m'étois proposé de mettre sous les yeux de l'Académie: mais le temps, consacré à nos séances publiques, ne me permettant pas de traiter aucune question dans toute son étendue je me renfermerai aujourd'hui dans un seul cas particulier, et je me bornerai à faire voir que le principe qui s'unit aux métaux pendant leur calcination, qui en augmente le poids et que les constitue dans l'état de chaux, n'est ni une des parties constituantes de l'air, ni un acide particulier répandu dans l'atmosphère, que c'est l'air lui-même entier, sans altération, sans décomposition, au point même que, si après avoir été engagé dans cette combinaison, on le rend libre, il en sort plus pur, plus respirable, s'il est permis de se servir de cette expression, que l'air de l'atmosphère est plus propre à entretenir l'inflammation et la combustion des corps.

La plupart des chaux métalliques ne se réduisent, c'est-à-dire, ne reviennent à l'état de métal, que par le contact immédiat d'une matière carbonneuse ou d'une substance quelconque, qui contienne ce qu'on nomme le *phlogistique*; le charbon que l'on emploie se détruit en entier dans cette opération, lorsque la dose en est bien proportionnée, d'où il suit que l'air qui se dégage des réductions métalliques par le charbon, n'est pas un être simple, qu'il est en quelque façon le résultat de la combinaison du fluide élastique dégagé du métal et de celui dégagé du charbon; donc, de ce qu'on obtient ce fluide dans l'état d'air fixe, on n'est point en droit d'en conclure qu'il existoit dans cet état, dans la chaux métallique, avant sa combinaison avec le charbon.

Ces réflexions m'ont fait sentir combien il étoit essentiel pour débrouiller le mystère de la réduction des chaux métalliques, de diriger toutes mes expériences

(1) Les premières expériences relatives à ce Mémoire, ont été faites il y a plus d'un an; celles sur le mercure précipité par se, ont d'abord été tentées au verre ardent dans le mois de novembre 1774, & faites avec toutes les précautions & les soins nécessaires dans le laboratoire de Montigny, conjointement avec M. de Trudaine, les 28 février, 1^{er} & 2 mars de cette année; enfin, elles ont été répétées de nouveau le 31 mars dernier, en présence de M. le Duc de la Rochefoucauld, de M. de Trudaine, de M. de Montigny, de M. Marquer, & de M. Cadet.

(2) Ce mot est aujourd'hui consacré pour les physiciens & pour les chimistes, depuis qu'un auteur moderne en a fait de sens dans un article très étendu, rempli des vues les plus vastes & les plus neuves, & qui portent partout l'empreinte du génie. Voyez *Encyclopédie*, tome 6, page 274, au mot *expansibilité*.

sur celles qui sont réductibles sans addition. Les chaux de fer m'offroient cette propriété; en effet, de toutes celles, soit naturelles, soit artificielles, que nous avons exposées au foyer des grands verres ardents, soit de M. le Régent, soit de M. de Trudaine, il n'en est aucune qui n'ait été réduite en totalité.

J'ai essayé en conséquence de réduire, à l'aide du verre ardent, plusieurs especes de chaux de fer sous de grandes cloches de verre renversées dans du mercure, et je suis parvenu à en dégager, par ce moyen, une grande quantité d'air; mais comme, en même-temps cet air se trouvoit mélangé avec l'air commun contenu dans la capacité de la cloche, cette circonstance jettoit une grande incertitude sur mes résultats; aucune des épreuves auxquelles je soumettois cet air, n'étoit parfaitement concluante, et il m'étoit impossible d'assurer si les phénomènes que j'obtenois, dépendoient de l'air combiné, de celui dégagé de la chaux de fer, ou de la combinaison des deux ensemble. Ces expériences n'ayant point rempli mon objet, j'en supprime ici le détail; elles trouveront d'ailleurs leur place naturelle dans d'autres Mémoires.

Comme ces difficultés tenoient à la nature même du fer, à la qualité fractaire de ses chaux, à la difficulté de les réduire sans addition, je les ai regardées comme insurmontables, et j'ai cru dès-lors devoir m'adresser à une autre especes de chaux d'un traitement plus facile, et qui eût, comme les chaux de fer, la propriété de se réduire sans addition. Le mercure *précipité per se*, qui n'est autre chose qu'une chaux de mercure, comme l'ont déjà avancé quelques auteurs, et comme on en sera mieux convaincu encore par la lecture de ce Mémoire; le mercure *précipité per se*, dis-je, m'a paru propre à remplir complètement l'objet que j'avois en vue; personne, en effet, n'ignore aujourd'hui qu'il est réductible sans addition à un degré de chaleur très-médiocre. Quoique j'aie répété un grand nombre de fois les expériences que je vais rapporter, je n'ai pas cru devoir donner ici le détail de chacune d'elles en particulier, dans la crainte de trop grossir ce Mémoire, et j'ai confondu dans un seul récit, des circonstances qui appartiennent à plusieurs répétitions de la même expérience.

Pour m'assurer d'abord si le mercure *précipité per se* étoit une véritable chaux métallique, s'il donnoit les mêmes résultats, la même especes d'air par la réduction, j'ai essayé d'abord de le réduire par la méthode ordinaire, c'est-à-dire, pour me servir de l'expression reçue, par une addition de phlogistique.

J'ai mêlé en conséquence une once de cette chaux avec quarante-huit grains de charbon en poudre, et j'ai introduit le tout dans une petite cornue de verre de deux pouces cubiques au plus de capacité, que j'ai placée dans un fourneau de réverbère proportionné à sa grandeur. Le col de cette cornue avoit environ un pied de longueur, et trois à quatre lignes de diamètre; il avoit été coudé en différens endroits à la lampe d'émailleur, et son extrémité étoit disposée de manière à pouvoir s'engager sous une cloche de verre suffisamment grande, remplie d'eau. Cet appareil, tous simple qu'il est, est d'autant plus exact, qu'il n'y a ni soudure, ni lut, ni enfin aucun passage, à travers lequel l'air puisse s'introduire s'échapper.

Si-tôt que le feu a été mis sous la cornue, et qu'elle a senti les premières

impressions de la chaleur, l'air commun qu'elle contenoit s'est dilaté, et il en a passé quelque peu dans la cloche; mais, vu la petitesse de la partie vuide de la cornue, cet air ne pouvoit pas faire d'erreur sensible, et sa quantité, en évaluant tout au plus haut, pouvoit à peine monter à un pouce cubique. Si-tôt que la cornue a commencé à s'échauffer davantage, l'air s'est dégagé avec beaucoup de rapidité, et a monté à travers de l'eau dans la cloche: l'opération n'a pas duré plus de trois quarts-d'heure, encore le feu a-t-il été ménagé pendant cet intervalle. Lorsque la totalité de la chaux du mercure a été réduite, et que l'air a cessé de passer, on a remarqué la hauteur où l'eau s'étoit arrêtée dans la cloche, et on a trouvé que la quantité d'air dégagé avoit été de soixante-quatre pouces cubiques, sans compter la portion qui avoit nécessairement dû être absorbée par l'eau en la traversant.

Cet air a été soumis sur le champ à un grand nombre d'épreuves, dont je suis obligé de supprimer le détail, et il en résulte 1°. qu'il étoit susceptible de se combiner avec l'eau par l'agitation, et de lui communiquer toutes les propriétés des eaux acides ou aériennes, telles que sont celles de Seltz, de Pougues, de Bussang, de Pyrmont, etc. 2°. qu'il faisoit périr en quelques secondes les animaux qu'on y plongeoit; 3°. que les bougies et généralement tous les corps combustibles s'y éteignoient à l'instant; 4°. qu'il précipitoit l'eau de chaux; 5°. qu'il se combinait avec une grande facilité avec les alcalis, soit fixes, soit volatils; qu'il leur ôtoit leur causticité, et leur donnoit la propriété de cristalliser. Toutes ces qualités sont précisément celles de l'espece d'air connu sous le nom d'air fixe ou méphitique, tel qu'on l'obtient de toutes les chaux métalliques par l'addition du charbon; tel qu'il se dégage des effervescences des matières en fermentation, et il étoit donc constant que le mercure *précipité per se*, rentrait dans la classe des chaux métalliques.

Il n'étoit plus question que d'examiner cette chaux seule, de la réduire sans addition, de voir s'il s'en dégageroit de même de l'air; et en supposant qu'il s'en dégageroit, de déterminer dans quel état étoit cet air. Pour remplir cet objet, j'ai mis dans une cornue, également de deux pouces cubiques de capacité, une once de mercure *précipité per se* seul: j'ai disposé l'appareil de la même manière que dans l'expérience précédente, et j'ai fait en sorte que toutes les circonstances fussent exactement les mêmes: la réduction s'est faite cette fois un peu plus difficilement que par l'addition du charbon; elle a exigé plus de chaleur, et il n'y a eu d'effet sensible que lorsque la cornue a commencé légèrement à rougir; alors l'air s'est dégagé peu à peu, a passé dans la cloche, et en soutenant le même degré de feu pendant deux heures et demie, la totalité du mercure a été réduite.

L'opération achevée, il s'est trouvé d'une part, tant dans le col de la cornue, que dans un vaisseau de verre que j'avois disposé au-dessous de l'eau sous son bec, 7 gros 18 grains de mercure; de l'autre, la quantité d'air passée dans la cloche, s'est trouvée de 78 pouces cubiques; d'où il suit qu'en supposant que toute la perte de poids dû être attribuée à l'air, chaque pouce cubique devoit peser un peu moins de deux tiers de grain, ce qui ne s'écarte pas beaucoup de la pesanteur de l'air commun.

Après avoir ainsi fixé ces premiers résultats, je n'ai rien eu de plus pressé que de soumettre les 78 pouces cubiques d'air que j'avois obtenus, à toutes les épreuves propres à en déterminer la nature, et j'ai reconnu avec beaucoup de surprise; 1°. qu'il n'étoit pas susceptible de se combiner avec l'eau par l'agitation; 2°. qu'il ne précipitoit pas l'eau de chaux; 3°. qu'il ne contractoit aucune union avec les alcalis fixes ou volatils; 4°. qu'il ne diminueoit en rien leur qualité caustique; 5°. qu'il pouvoit servir de nouveau à la calcination des métaux; 6°. qu'il étoit diminué comme l'air commun, par une addition d'un tiers d'air nitreux; enfin, qu'il n'avoit aucune des propriétés de l'air fixe. Loin de faire périr comme lui les animaux, il sembloit, au contraire, plus propre à entretenir leur respiration: non-seulement les bougies et les corps embrasés ne s'y éteignoient pas, mais la flamme s'y élargissoit d'une manière très-remarquable; elle jettoit beaucoup plus de lumière et de clarté que dans l'air commun. Toutes ces circonstances m'ont pleinement convaincu que cet air étoit non-seulement de l'air commun, mais encore qu'il étoit plus respirable, plus combustible, et par conséquent, qu'il étoit plus pur même que l'air dans lequel nous vivons.

Il paroît prouvé d'après cela, que le principe qui se combine avec les métaux pendant leur calcination, et qui en augmente le poids, n'est autre chose que la portion la plus pure de l'air même qui nous environne, que nous respirons, et qui passe dans cette opération, de l'état d'expansibilité à celui de solidité: si donc on l'obtient dans l'état d'air fixe dans toutes les réductions métalliques où l'on emploie le charbon, c'est au charbon même qu'est dû cet effet, et il est très-vraisemblable que toutes les chaux métalliques ne donneroient que l'air commun, si l'on pouvoit toutes les réduire sans addition, comme le mercure *précipité per se*.

Tout ce que je viens de dire de l'air des chaux métalliques, peut s'appliquer naturellement à celui qu'on obtient du nitre par la détonation: on fait par nombre d'expériences déjà publiées, et dont j'ai répété le plus grand nombre, que la plus grande partie de cet air est dans l'état d'air fixe, qu'il est mortel pour les animaux qui le respirent, qu'il a la propriété de précipiter l'eau de chaux, de s'unir seulement avec la chaux et les alcalis, de les adoucir et de les faire cristalliser; mais comme en même temps la détonation du nitre n'a lieu que par l'addition du charbon ou d'un corps quelconque qui contient du phlogistique, il est très-vraisemblable qu'il s'opère encore dans cette circonstance, une conversion de l'air commun en air fixe; d'où il suivroit que l'air combiné dans le nitre, et qui produit les explosions terribles de la poudre à canon, est de l'air commun, de l'air atmosphérique privé de son expansibilité.

De ce que l'air commun se change en air fixe lorsqu'on le combine avec le charbon, il sembleroit naturel d'en conclure que l'air fixe n'est autre chose qu'une combinaison de l'air commun et du phlogistique. Cette opinion est celle de M. Priestley, et il faut convenir qu'elle n'est pas sans vraisemblance; cependant, lorsqu'on descend dans le détail des faits, elle se trouve si fréquemment contredite, que je crois devoir inviter les physiciens et les chymistes à suspendre encore leur jugement: j'espère être bientôt en état de leur exposer les motifs de mes doutes.

MÉMOIRE
SUR
LA NATURE DU PRINCIPE

QUI SE COMBINE AVEC LES MÉTAUX PENDANT LEUR CALCINATION
ET QUI EN AUGMENTE LE POIDS (1)

Existe-t-il différentes espèces d'air? Suffit-il qu'un corps soit dans un état d'expansibilité (2) durable pour constituer une espèce d'air? Enfin, les différents airs que la nature nous offre, ou que nous parvenons à former, sont-ils des substances à part, ou des modifications de l'air de l'atmosphère? Telles sont les principales questions qui embrassent le plan que je me suis formé, et dont je me propose de mettre successivement le développement sous les yeux de l'Académie. Mais le temps consacré à nos séances publiques ne me permettant pas de traiter aucune de ces questions dans toute son étendue, je me renfermerai aujourd'hui dans un seul cas particulier, et je me bornerai à faire voir que le principe qui s'unit aux métaux pendant leur calcination, qui en augmente le poids et qui les constitue dans l'état de chaux, n'est autre chose que la portion de l'air la plus salubre et la plus pure; de sorte que, si l'air, après avoir été engagé dans une combinaison métallique, redevient libre, il en ressort dans un état éminemment respirable, et plus propre que l'air de l'atmosphère à entretenir l'inflammation et la combustion des corps.

La plupart de chaux métalliques ne se réduisent, c'est-à-dire ne reviennent à l'état de métal, que par le contact immédiat d'une matière carbonneuse, ou d'une substance quelconque, qui contienne ce qu'on nomme le *phlogistique*. Le charbon qu'on emploie se détruit en entier dans cette opération, lorsque la dose en est bien proportionnée; d'où il suit que l'air qui se dégage des réactions métalliques par le charbon n'est pas un être simple; qu'il est en quelque façon le résultat de la combinaison du fluide élastique dégagé du métal, et de celui dégagé du charbon; donc, de ce qu'on obtient ce fluide dans l'état d'air fixe, on n'est point

(1) Mémoire lu à la rentrée publique de Pâques 1775, relu le 8 août 1778. (*Mémoires de l'Académie des sciences*, année 1775, p. 520). Les premières expériences relatives à ce mémoire ont été faites il y a plus d'un an; celles sur le mercure précipité *per se* ont d'abord été tentées au verre ardent dans le mois de novembre 1774, et faites ensuite avec toutes les précautions et les soins nécessaires dans le laboratoire de Montigny, conjointement avec M. Trudaine, les 28 février, 1^{er} et 2 mars de cette année; enfin, elles ont été répétées de nouveau, le 31 mars dernier, en présence de M. le duc de la Rochefoucauld, de MM. Trudaine, de Montigny, Masquer et Cadet.

(2) Le mot d'*expansibilité*, que j'emploierai dans ce mémoire, est aujourd'hui consacré pour les physiciens et pour les chimistes, depuis qu'un auteur moderne en a fixé le sens dans un article très-étendu, rempli des vues les plus vastes et les plus nouvelles. (*Voy. Encyclopédie*, t. II, p. 274).

en droit d'en conclure qu'il existait dans cet état dans la chaux métallique avant sa combinaison avec le charbon.

Ces réflexions m'ont fait sentir combien il était essentiel, pour débrouiller le mystère de la réduction des chaux métalliques, de diriger toutes mes expériences sur celles qui sont réductibles sans addition. Les chaux de fer m'offraient cette propriété: en effet, de toutes celles, soit naturelles, soit artificielles, que nous avons exposées au foyer des grands verres ardents, soit de M. le Régent, soit de M. Trudaine, il n'en est aucune qui n'ait été réduite en totalité sans addition.

J'ai essayé, en conséquence, de réduire, à l'aide du verre ardent, plusieurs espèces de chaux de fer sous de grandes cloches de verre renversées dans du mercure, et je suis parvenu à en dégager par ce moyen une grande quantité de fluide élastique; mais, comme en même temps ce fluide élastique se trouvait mélangé avec l'air commun contenu dans la capacité de la cloche, cette circonstance jetait une grande incertitude sur mes résultats; aucune des épreuves auxquelles je soumettais cet air n'était parfaitement concluante, et il m'était impossible d'assurer si les phénomènes que j'obtenais dépendaient de l'air commun, de celui dégagé de la chaux de fer, ou de la combinaison des deux ensemble. Ces expériences n'ayant point rempli mon objet, j'en supprime ici le détail; elles trouveront d'ailleurs leur place naturelle dans d'autres mémoires.

Comme ces difficultés tenaient à la nature même du fer, à la qualité réfractaire de ses chaux, et à la difficulté de les réduire sans addition, je les ai regardées comme insurmontables, et j'ai cru dès lors devoir m'adresser à une autre espèce de chaux, d'un traitement plus facile, et qui eût, comme les chaux de fer, la propriété de se réduire sans addition. Le mercure précipité *per se*, qui n'est autre chose qu'une chaux de mercure, comme l'ont déjà avancé quelques auteurs, et comme on en sera mieux convaincu encore par la lecture de ce mémoire, le mercure précipité *per se*, dis-je, m'a paru propre à remplir complètement l'objet que j'avais en vue: personne, en effet, n'ignore plus aujourd'hui que cette substance est réductible sans addition à un degré de chaleur très-médiocre. Quoique j'aie répété un grand nombre de fois les expériences que je vais rapporter, je n'ai pas cru devoir donner ici le détail de chacune d'elles en particulier, dans la crainte de trop grossir ce mémoire, et j'ai confondu, en conséquence, en seul récit des circonstances qui appartiennent à plusieurs répétitions de la même expérience.

Pour m'assurer d'abord si le mercure précipité *per se* était une véritable chaux métallique, s'il donnait les mêmes résultats, la même espèce d'air par la réduction, suivant la méthode ordinaire, c'est-à-dire pour me servir de l'expression reçue, avec addition de phlogistique, j'ai mêlé une once de cette chaux avec 48 grains de charbon en poudre, et j'ai introduit le tout dans une petite cornue de verre de deux pouces cubiques au plus de capacité, que j'ai placée dans un fourneau de réverbère proportionné à sa grandeur. Le col de cette cornue avait environ un pied de longueur et trois à quatre lignes de diamètre; il avait été coudé en différents endroits à la lampe d'émailleur, et son extrémité était disposée de manière à pouvoir s'engager sous une cloche de verre suffisamment grande, remplie d'eau et renversée dans un baquet également rempli d'eau: l'appareil qui est maintenant

sous les yeux de l'Académie suffira pour lui donner une idée de l'opération. Cet appareil, tout simple qu'il est, est d'autant plus exact, qu'il n'y a ni soudure, ni lut, ni enfin aucun passage à travers lequel l'air puisse s'introduire ou s'échapper.

Sitôt que le feu a été mis sous la cornue, et qu'elle a senti les premières impressions de la chaleur, l'air commun qu'elle contenait s'est dilaté, et il en a passé quelque peu dans la cloche; mais, vu la petitesse de la partie vide de la cornue, cet air ne pouvait pas faire d'erreur sensible, et sa quantité, en évaluant tout au plus haut, pouvait à peine monter à un pouce cubique. A mesure que la cornue a commencé à s'échauffer davantage, l'air s'est dégagé avec beaucoup de rapidité, et a monté au travers de l'eau dans la cloche; l'opération n'a pas duré plus de trois quarts d'heure, encore le feu a-t-il été ménagé pendant cet intervalle. Lorsque la totalité de la chaux de mercure a été réduite, et que l'air a cessé de passer, j'ai marqué la hauteur où l'eau s'était arrêtée dans la cloche, et j'ai trouvé que la quantité d'air dégagé avait été de 64 pouces cubiques, sans compter la portion qui avait dû nécessairement être absorbée par l'eau en la traversant.

J'ai soumis cet air à un grand nombre d'épreuves dont je supprime le détail, et il en a résulté, 1° qu'il était susceptible de se combiner avec l'eau par l'agitation, et de lui communiquer toutes les propriétés des eaux acidules, gazeuses ou aériennes, telles que sont celles de Selt, de Pougues, de Bussang, de Pyrmont, etc. 2° qu'il faisait périr en quelques secondes les animaux qu'on plongeait; 3° que les bougies, et généralement tous les corps combustibles, s'y éteignaient à l'instant; 4° qu'il précipitait l'eau de chaux; 5° qu'il se combinait avec une grande facilité avec les alcalis soit fixes, soit volatils, qu'il leur ôtait leur causticité et leur donnait la propriété de cristalliser. Toutes ces qualités sont précisément celles de l'espèce d'air connue sous le nom d'*air fixe*, tel que je l'ai obtenu de la réduction du *minium* par la poudre de charbon, tel qu'il se dégage des terres calcaires et des alcalis effervescents par leur combinaison avec les acides, des matières végétales en fermentation, etc. Il était donc constant que le mercure précipité *per se* donnait les mêmes produits que les autres chaux métalliques, par la réduction avec addition de phlogistique, et qu'il rentrait par conséquent dans la classe générale des chaux métalliques.

Il n'était plus question que d'examiner cette chaux seule, de la réduire sans addition, de voir s'il s'en dégageait de même quelque fluide élastique, et, en supposant qu'il s'en dégageât, d'en déterminer la nature. Pour remplir cet objet, j'ai mis dans une cornue, également de deux pouces cubiques de capacité, une once de mercure *précipité per se* seul; j'ai disposé l'appareil de la même manière que dans l'expérience précédente, et j'ai fait en sorte que toutes les circonstances fussent exactement les mêmes; la réduction s'est faite cette fois un peu plus difficilement que par l'addition du charbon; elle a exigé plus de chaleur, et il n'y a eu d'effet sensible que lorsque la cornue a commencé légèrement à rougir; alors l'air s'est dégagé peu à peu, a passé dans la cloche, et, en soutenant le même degré de feu pendant deux heures et demie, la totalité du mercure a été réduite.

L'opération achevée, il s'est trouvé d'une part, tant dans le col de la cornue que dans un vaisseau de verre, que j'avais disposé au-dessous de l'eau sous son

bec, 7 gros 18 grains de mercure coulant; de l'autre, la quantité d'air passée dans la cloche s'est trouvée de 78 pouces cubiques; d'où il suit qu'en supposant que toute la perte de poids dût être attribuée à l'air, chaque pouce cubique devait peser un peu moins de deux tiers de grain, ce qui ne s'écarte pas beaucoup de la pesanteur de l'air commun.

Après avoir ainsi fixé ces premiers résultats, je n'ai rien eu de plus pressé que de soumettre les 78 pouces cubiques d'air que j'avais obtenus à toutes les épreuves propres à en déterminer la nature, et j'ai reconnu avec beaucoup de surprise:

1° Qu'il n'était pas susceptible de se combiner avec l'eau par l'agitation;

2° Qu'il ne précipitait pas l'eau de chaux, mais qu'il la troublait seulement d'une manière presque insensible;

3° Qu'il ne contractait aucune union avec les alcalis fixes ou volatils;

4° Qu'il ne diminuait en rien leur qualité caustique;

5° Qu'il pouvait servir de nouveau à la calcination des métaux;

6° Enfin, qu'il n'avait aucune des propriétés de l'air fixe: loin de faire périr, comme lui, les animaux, il semblait, au contraire, plus propre à entretenir leur respiration; non-seulement les bougies et les corps embrasés ne s'y éteignaient pas, mais la flamme s'y élargissait d'une manière très-remarquable; elle jetait beaucoup plus de lumière et de clarté que dans l'air commun; le charbon y brûlait avec un éclat presque semblable à celui du phosphore, et tous les corps combustibles en général s'y consumaient avec une étonnante rapidité. Toutes ces circonstances m'ont pleinement convaincu que cet air, loin d'être de l'air fixe, était dans un état plus respirable, plus combustible, et, par conséquent, qu'il était plus pur que l'air même dans lequel nous vivons.

Il paraît prouvé, d'après cela, que le principe qui se combine avec les métaux pendant leur calcination, et qui en augmente le poids, n'est autre chose que la portion la plus pure de l'air même qui nous environne, que nous respirons, et qui passe, dans cette opération, de l'état d'expansibilité à celui de solidité; si donc on l'obtient dans l'état d'air fixe, dans toutes les réductions métalliques où l'on emploie le charbon, c'est à la combinaison de ce dernier avec la portion pure de l'air qu'est dû cet effet, et il est très-vraisemblable que toutes les chaux métalliques ne donneraient, comme celles de mercure, que de l'air éminemment respirable, si l'on pouvait toutes les réduire sans addition, comme on réduit le mercure *précipité per se*.

Tout ce qu'on vient de dire de l'air des chaux métalliques peut s'appliquer naturellement à celui qu'on obtient du nitre par la détonation; on sait, par nombre d'expériences déjà publiées, et dont j'ai répété le plus grand nombre, que la plus grande partie de cet air est dans l'état d'air fixe, qu'il est mortel pour les animaux qui le respirent, qu'il a la propriété de s'unir facilement avec la chaux et les alcalis, de les adoucir et de les faire cristalliser; mais, comme en même temps la détonation du nitre n'a lieu que par l'addition du charbon ou d'un corps quelconque

qui contient du phlogistique, on ne peut guère douter qu'il ne s'opère encore, dans cette circonstance, une conversion d'air éminemment respirable en air fixe; d'où il sulvrait que l'air combiné dans le nitre, et qui produit les explosions terribles de la poudre à canon, est la portion respirable de l'air de l'atmosphère privé de son expansibilité, et qui est un des principes constituants de l'acide nitreux.

Puisque le charbon disparaît en entier dans la revivification de la chaux de mercure, et qu'on ne retire, dans cette opération, que du mercure et de l'air fixe, on est forcé d'en conclure que le principe auquel on a donné, jusqu'ici, le nom d'air fixe, est le résultat de la combinaison de la portion éminemment respirable de l'air avec le charbon; et c'est ce que je me propose de développer d'une manière plus satisfaisante, dans la suite de mémoires que je donnerai sur cet objet.

BIBLIOGRAFIA

Observations sur la physique, sur l'histoire naturelle et sur les arts, Tome V, Part. 1, maggio 1775.

Mémoires de l'Académie des Sciences, anno 1775, p. 520 e segg.

GALLINUSI C., *Il criterio dell'oggettività. Un'interpretazione della storia del pensiero scientifico*. Il Mulino, Bologna 1981.

ABBRI F., *Le terre, l'acqua, le arti. La rivoluzione scientifica del Settecento*. Il Mulino, Bologna 1984.

HOLMES F.L., *Loewister and the Chemistry of Life. An exploration of Scientific Creativity*. The University of Wisconsin Press, London 1985.

CARLO FIORENTINI (*)

Fu l'ipotesi di Prout l'ostacolo epistemologico
che impedì a Dumas di arrivare alle conclusioni di Gaudin? (**)

Was Prout's Hypothesis an Epistemological Obstacle for Dumas? Gaudin, Dumas
and Avogadro's Hypothesis.

ABSTRACT. — Results of vapor pressure measurements, that could have allowed Dumas to generalize the Avogadro-Ampère hypothesis, on the contrary lead him to a *cui-de-sac*. Why? In contrast with the opinion held by the majority of historians on this problem, I believe that Dumas was very doubtful about Avogadro's hypothesis, not only in his "Leçons" of 1836, but also in his paper of 1826. The discovery of anomalous densities enforced Dumas' scepticism towards Avogadro's principle because it was considered as a confirmation of Prout's hypothesis.

La maggioranza degli storici della chimica, che si sono occupati dell'atteggiamento di Dumas nei confronti dell'ipotesi di Avogadro-Ampère, hanno distinto due fasi:

i) Dumas, negli anni dal 1826 al 1832, sarebbe stato un convinto sostenitore dell'ipotesi; in questi anni avrebbe pensato, con l'utilizzo del proprio metodo per determinare la densità di vapore, di poter apportare un contributo alla conferma dell'ipotesi e più in generale alla teoria atomistica;

ii) in una seconda fase, Dumas, non essendo in grado di dare una spiegazione adeguata delle densità anomale del fosforo, del mercurio e dello zolfo, sarebbe arrivato a rifiutare l'ipotesi stessa (1). Come testimonianza di questo mutato

(*) I.T.G. Brunelleschi, Empoli.

(**) Relazione presentata al II Convegno Nazionale di « Storia e Fondamenti della Chimica » (Roma, 16-19 settembre 1987).

(1) Afferma a questo proposito R. Fox: « Ma la soddisfazione ebbe vita breve, e dal 1836 il suo atteggiamento era cambiato ed era approdato ad una profonda sfiducia all'intero concetto di atomo. Fu in quell'anno che svolse il corso di lettura al "Collège de France" a Parigi sulla storia e sullo stato presente della chimica che è diventato molto noto come le "Leçons sur la philosophie chimique". Il suo atteggiamento nei confronti dell'esistente teoria

atteggiamento viene riportato il giudizio formulato da Dumas nelle « *Leçons de philosophie chimique* » del 1836: « Noi non avremo che un'ipotesi da aggiungere a tutte le altre che sono già troppe » (7).

A. Locke, differenziandosi dall'opinione prevalente, ritiene, al contrario, che anche le « *Leçons* » siano testimonianza di un atteggiamento immutato nei confronti dell'ipotesi: « E' chiaro che lontano dal negare l'ipotesi pari, egli ha mostrato qui che l'ipotesi di Avogadro-Ampère può essere portata in completo accordo con tutti i dati empirici disponibili » (8).

Personalmente concordo con l'interpretazione fornita dalla maggior parte degli storici delle pagine dedicate all'ipotesi nelle « *Leçons* », ma ritengo non sufficientemente chiarite le cause della modificazione dell'atteggiamento di Dumas. Non è fornita nessuna spiegazione adeguata; come unica causa viene riportata la scoperta delle densità anomale di alcuni elementi.

Ma questa spiegazione non è convincente; infatti la fiducia iniziale di Dumas nei confronti dell'ipotesi non poté essere messa in crisi alcuni anni dopo dalla scoperta delle densità anomale, in quanto questa scoperta molto probabilmente avvenne nel 1826: come è già stato messo in evidenza da Fox (9), Dumas, in un importante articolo del 1832, afferma di aver ottenuto col fosforo e lo zolfo, fin dalle prime esperienze del 1826, risultati così inaspettati, da non aver osato pubblicarli: « Feci allora alcune esperienze sul fosforo e lo zolfo, e devo confessare che i risultati che ottenni con queste ultime sostanze furono talmente per me inattesi, che non osai pubblicarli. Qualche tempo dopo ripresi queste esperienze, e trovando sempre lo stesso risultato, mi risolsi a sperare che nuovi fatti venissero a gettare qualche luce su questa anomalia. Il viaggio recente di Mitscherlich a Parigi, il desiderio che mi ha manifestato di assistere ad alcune esperienze di questo tipo, mi ha spinto a rideterminare la densità del vapore di fosforo e di zolfo ed a studiare di nuovo questa questione » (10).

Questa retrodatazione della scoperta delle densità anomale mi sembra inoltre confermata da un'osservazione presente nel « *Memoire sur quelques points de la theorie atomistique* » del 1826; in questo articolo, come nell'introduzione al « *Traité de chimie* » del 1828, Dumas determina un peso atomico per il fosforo e l'arsenico in accordo con i più recenti pesi atomici di Berzelius (conseguenti questi ultimi all'assunzione delle formule P_2O_5 ed As_2O_5 in sostituzione delle for-

atomica era ora diventato di scetticismo ». R. Fox, *The Caloric Theory of Gases from Lavoisier to Regnault*, Oxford, 1971, 286.

(7) J.B. DUMAS, *Leçons de Philosophie Chimique*, Paris, 1837; le citazioni delle « *Leçons* » sono state prese dalla traduzione italiana « *Lezioni di Filosofia chimica* », Livorno, 1842.

(8) A.J. ROCKE, *Gay-Lussac and Dumas*, « *Isis* », 69, 599-1978.

(9) R. FOX, *The Caloric Theory*, 285.

(10) J.B. DUMAS, *Dissertation sur la densité de la vapeur de quelques corps simples*, « *Ann. chim.* », 50, 173-1832.

mule precedenti PO_2 e AsO_2 ; il metodo impiegato si basa sulla legge dei volumi di Gay-Lussac e sull'analogia tra fosforo, arsenico ed azoto.

$$d_{\text{ossido}} = 2 d_{\text{az. fosfor.}} - 3 d_{\text{azoto}}$$

A proposito delle densità così ricavate, Dumas, però, afferma: « osservo di nuovo, comunque, che non attribuisco un grande valore a queste induzioni » (*).

Questa osservazione non può che essere spiegata che con l'ammissione che già nel 1826 Dumas avesse constatato delle densità anomale per alcuni elementi.

Come mai le scoperte di Dumas, che avrebbero potuto permettere un ampliamento dell'ipotesi di Avogadro (in questo modo verranno utilizzate da Gaudin nel 1831) condussero al contrario Dumas in un vicolo cieco?

In relazione al rapporto Dumas-Gaudin, Ghaigneau, in una monografia pubblicata recentemente, osserva: « Durante sei anni, Dumas cerca di precisare la nozione di molecola e di connettervi la costituzione delle sostanze. Difende questa nozione contro tutti i suoi contemporanei. Poi, per una inspiegabile contraddizione, l'abbandona nel momento in cui le aveva appena attribuito una tale credibilità che Laurent ed in seguito Gerhardt vi attribuiranno la più grande importanza... Allora ci si pone la seguente questione: come è possibile che Dumas non abbia preso in completa considerazione le idee espresse da Gaudin? Ecco l'enigma » (†).

Esistono indubbiamente delle somiglianze tra le conclusioni di Gaudin ed alcune osservazioni di Dumas presenti nella « Dissertazione » del 1832: « Il fosforo e l'arsenico si avvicinano, si può dire, più dell'azoto che agli altri corpi semplici; ma essi ne sono separati in modo netto sia per il peso atomico e la formula delle loro combinazioni, che per l'assenza di isomorfismo tra esse. Così un atomo di fosforo equivale a due atomi di cloro ».

Relativamente alla legge delle combinazioni gassose bisogna notare come un fatto importante che in ciascun volume di idrogeno fosforato o di cloruro di fosforo, non entra che un quarto di volume di vapore di fosforo. Fino ad ora, il limite di questi tipi di divisioni si era formato ad un mezzo volume (‡).

Ma Dumas non fece nel 1832, né nel 1836, il passo decisivo, consistente nell'attribuire un significato ontologico alle frazioni di atomo, postulate per spiegare le reazioni tra gas.

La retrodatazione della scoperta del fenomeno delle densità anomale è importante; ritengo infatti che possa costituire la chiave per capire l'atteggiamento di Dumas nei confronti dell'ipotesi di Avogadro-Ampère nell'arco degli anni 1826-1836. S. Kapoor, in un lungo saggio su Dumas del 1969, discute della posizione di Dumas nei confronti dell'ipotesi di Avogadro-Ampère in connessione dell'atteggiamento nei confronti della teoria atomistica; secondo Kapoor, Dumas

(*) J.B. DUMAS, *Memoire sur quelques points de la theorie atomistique*. « Ann. chim. », 33, 390 1826.

(†) M. GHAIGNEAU, *J.B. Dumas, chimiste et homme politique*. Paris, 1984, 164, 169.

(‡) DUMAS, *Dissertation*, 173-174.

sarebbe passato dall'accettazione incondizionata della teoria atomistica ad una graduale presa di distanza, come sarebbe dimostrato dal confronto dell'introduzione al « *Traité de Chimie* » del 1828 con le « *Leçons* » del 1836 ⁽⁷⁾.

Indubbiamente un chimico, come Dumas, che non limitava la ricerca chimica alla scoperta di nuovi fenomeni, ma che riteneva fondamentale l'individuazione dei principi più generali della chimica, non poteva non ritenere la teoria atomistica un importante punto di riferimento. Ma un'analisi attenta degli scritti del 1826 e del 1828 non mi sembra che rilevi un'adesione entusiastica alla teoria stessa. Nell'articolo del 1826, se da una parte Dumas afferma che « dopo la creazione della teoria atomistica i risultati dedotti da questa ammirabile concezione hanno acquistato ogni giorno una nuova importanza e sono divenuti la base di tutte le ricerche di chimica che esigono qualche precisione » ⁽⁸⁾, dall'altra sottolinea: « Oltre lo scopo essenziale di questa serie di ricerche che consiste nel sostituire con delle nozioni positive i dati arbitrari sui quali si basa la teoria atomistica tutta intera » ⁽⁹⁾.

A mio parere, anche nell'introduzione del 1828, contrariamente all'opinione di Kapoor, le pagine dedicate alla teoria atomistica sono rivelatrici di un atteggiamento problematico: conseguentemente lo scetticismo nei confronti dell'atomismo delle « *Leçons* » sarebbe l'esplicitazione di posizioni epistemologiche già presenti fin dal 1826.

Mentre nelle « *Leçons* » è Dumas che, in prima persona, mette in evidenza i limiti dell'atomismo, nei primi due scritti, ci troviamo di fronte ad una esposizione impersonale, oggettiva. Questi due saggi sono stati interpretati da S. Kapoor come esposizione di concezioni condivise dall'autore; al contrario, anche il carattere impersonale della scrittura potrebbe portare ad interpretare i due saggi come esposizione distaccata di concezioni, ritenute importanti dalla maggioranza dei chimici, rispetto alle quali si mantiene un atteggiamento di apprezzamento ma contemporaneamente di riserva.

Lo scetticismo nei confronti dell'atomismo è, nelle « *Leçons* », molto più esplicito; ci troviamo di fronte ad un'evoluzione o invece ad una più chiara esposizione, senza più diplomatismi, di una posizione già presente nel 1826? Che Dumas, nel 1826, fosse prudente lo abbiamo già constatato a proposito delle densità anomale di alcuni elementi; preferì pubblicare i valori calcolati col ragionamento analogico, benché molto diversi da quelli ricavati sperimentalmente; i suoi dubbi sono testimoniati soltanto dall'affermazione isolata, già citata, in un articolo di 55 pagine ⁽¹⁰⁾. Nell'introduzione del 1828, la prudenza è spinta al massimo; il suo disimpegno, in riferimento al ragionamento analogico, può essere colto soltanto dall'utilizzo di alcune locuzioni dubitative nella sua esposizione: « In effetti, se si ha 2,695 per la densità dell'idrogeno arsenicato, e quando si ammette

⁽⁷⁾ S.C. Kapoor, *Dumas and organic classification*, « *Ambix* », 16, 7-13 1969.

⁽⁸⁾ DUMAS, *Memoire sur quelques*, 337.

⁽⁹⁾ DUMAS, *Memoire sur quelques*, 340.

⁽¹⁰⁾ Vedi nota (6).

che contiene un volume e mezzo di idrogeno e mezzo volume di vapore di arsenico si trova $(2,695 \cdot 2) - (0,0687 \cdot 3) = 5,1836$, densità del vapore di arsenico »⁽¹⁷⁾.

Dumas, mentre nel 1826 e nel 1828, era un giovane chimico che si stava affacciando allora alla ribalta scientifica, in un periodo, in riferimento alla prima metà dell'Ottocento di massima accettazione della teoria atomistica, nel 1836 è ormai un chimico affermato, è uno dei chimici francesi più significativi; può ormai, senza diplomazia, chiarire le sue riserve nei confronti dell'atomismo. Inoltre le sue critiche sono in sintonia con un movimento più generale di rivolta contro l'atomismo, che si sviluppa a partire dagli anni trenta; in particolare, la maggior parte dei chimici tedeschi, che precedentemente avevano costituito la comunità dei chimici più convinta delle concezioni atomistiche, ripudia gli atomi e si converte agli equivalenti.

Esiste una relazione tra lo scetticismo di Dumas nei confronti dell'atomismo ed il suo atteggiamento nei confronti dell'ipotesi di Avogadro-Ampère?

L'ipotesi centrale di questo articolo consiste nella risposta affermativa a questa domanda. La ricognizione delle densità anomale potrebbe, fin dal 1826, aver rinforzato le sue riserve nei confronti della teoria atomistica, e lo scetticismo nei confronti dell'atomismo potrebbe avergli impedito di attribuire un significato ontologico alle frazioni di atomo postulate per spiegare le reazioni tra gas.

In molti suoi scritti, in una stessa pagina, si ha l'impressione che Dumas sia arrivato a conclusioni simili a quelle di Gaudin, ma subito dopo appare una affermazione contraddittoria o apparentemente incomprensibile. In una pagina famosa dell'introduzione al « *Traité* » non si capisce quale legame esista tra l'affermazione iniziale e quella finale: « Bisogna dunque ammettere che gli atomi di cloro e di idrogeno si sono divisi in 2 per formare gli atomi di acido cloridrico. Ciascuno di questi ultimi si compone allora di un mezzo atomo di cloro e di un mezzo atomo di idrogeno »⁽¹⁸⁾. « Gli atomi dei gas semplici conteranno dunque sempre un certo numero di molecole che ci è sconosciuto »⁽¹⁹⁾.

Nonostante che nell'introduzione Dumas non formuli nessun giudizio negativo sull'ipotesi, grande è l'affinità con quelle pagine delle « *Leçons* » in cui discute dell'ipotesi; anche nelle « *Leçons* » l'atteggiamento di Dumas non è lineare; infatti se conclude con quell'osservazione che ho già riportato « Noi non avremo che un'ipotesi da aggiungere a tutte le altre che sono già troppe »⁽²⁰⁾, nella pagina precedente ha affermato: « Così credendo che la chimica abbia alcun mezzo

⁽¹⁷⁾ J.B. DUMAS, *Traité de Chimie Appliquée aux Arts*, Paris, 1828, Vol. I, Introduction, XXXVII-XXXVIII.

⁽¹⁸⁾ J.B. DUMAS, *Traité de Chimie Appliquée aux Arts*, Paris, 1828, Vol. I, Introduction, XXXVIII-XXXIX.

⁽¹⁹⁾ J.B. DUMAS, *Traité de Chimie Appliquée aux Arts*, Paris, 1828, Vol. I, Introduction, XL.

⁽²⁰⁾ Vedi nota 2.

per definire il peso degli atomi, si può dire che prendendo volumi uguali di gas, si ha ora un numero uguale di atomi chimici, ora il doppio ed il triplo di questo numero; giammai meno »⁽¹⁷⁾.

Da un certo punto di vista si può affermare che alcune pagine delle « Leçons » costituiscono la più coerente applicazione dell'ipotesi di Avogadro-Ampère ai valori delle densità di vapore forniti dall'esperienza; mentre nel 1828 aveva affermato che « gli atomi dei gas semplici conteranno dunque sempre un certo numero di molecole che ci è sconosciuto »⁽¹⁸⁾, nel 1836 afferma che « si ha ora un numero uguale di atomi chimici, ora il doppio ed il triplo di questo numero »⁽¹⁹⁾. L'interpretazione di A. Roche, che ho citato all'inizio, è obiettivamente basata su questo atteggiamento ambivalente di Dumas.

La risoluzione dell'apparente contraddizione, rilevata a pagina XXXIX dell'introduzione, può fornire la soluzione del quesito centrale, sollevato nel corso di questo articolo: se esista una relazione tra lo scetticismo nei confronti dell'atomismo ed il rifiuto dell'ipotesi di Avogadro-Ampère?

All'inizio della pagina XXXIX dell'introduzione, Dumas osserva che i rapporti di combinazione in volume tra gas possono essere spiegati per mezzo dell'ipotesi di Avogadro: il fatto che 1 litro di idrogeno ed 1 litro di cloro formino 2 litri di acido cloridrico può essere spiegato ammettendo che gli atomi di cloro ed idrogeno si dividano in 2 durante la reazione; è necessario quindi introdurre il concetto di mezzo atomo per il cloro e per l'idrogeno, e sulla base di altre reazioni per altri elementi, quali l'ossigeno, l'azoto, ecc. Ma Dumas, benché nell'introduzione al « Traité » del 1828 non ne parli, sa che le densità del fosforo e dello zolfo da lui determinate comporterebbero la divisione per 4 e per 6 rispettivamente dell'atomo del fosforo e dello zolfo.

La necessità di ammettere la divisibilità degli atomi daltoniani in alcuni casi per due, in altri per quattro o per sei, conduce Dumas, da una parte, a *adibitare della concezione atomistica* (gli atomi daltoniani semplici dovrebbero essere indivisibili), dall'altra, a *non attribuire nessun significato ontologico a queste frazioni di atomo* (ai mezzi atomi di cloro, di idrogeno, ecc.).

L'affermazione di Dumas « gli atomi dei gas semplici conteranno dunque sempre un certo numero di molecole che ci è sconosciuto »⁽²⁰⁾, che abbiamo indicato in precedenza come apparentemente incomprensibile, diventa chiara se accettiamo:

- i) che, nella stesura della pagina XXXIX, Dumas ha in mente, pur omettendole, le densità dello zolfo e del fosforo ricavate sperimentalmente;
- ii) che l'ipotesi della divisibilità degli atomi non solo in 2 parti, ma anche in 4 ed in 6, porta Dumas non alle conclusioni di Gaudin, ma alla messa in discussione della concezione atomistica di Dalton: per Dumas gli atomi daltoniani

(17) DUMAS, *Leçons*, 264.

(18) Vedi nota 15.

(19) Vedi nota 17.

(20) Vedi nota 15.

non sono indivisibili, ma sono costituiti da un numero indeterminato di molecole chimiche.

L'elemento decisivo nel determinare lo scetticismo di Dumas sia nei confronti dell'atomismo che dell'ipotesi di Avogadro fu probabilmente proprio la scoperta delle densità anomale: fin quando fosse stato necessario ammettere soltanto la divisibilità per due, forse Dumas sarebbe stato disponibile a concedere a questi mezzi atomi uno statuto ontologico.

Acquista ora un significato preciso un'affermazione presente nell'articolo del 1826, in quel contesto incomprensibile: « Consiste nel considerare le molecole dei gas semplici come fossero suscettibili di una divisione che si produce al momento della combinazione e che varia secondo la natura del composto »⁽¹⁾.

In teoria il numero di molecole chimiche costituenti la molecola fisica potrebbe essere grande, ma Dumas, nel 1828, pensa che sia molto piccolo: « D'altra parte, questa (la molecola fisica) è in rapporto semplice con la precedente (la molecola chimica), cioè che essa è formata da un gruppo di molecole chimiche rappresentato da un numero intero, e probabilmente da un numero molto piccolo »⁽²⁾.

A che cosa si sta riferendo Dumas? Forse ai mezzi atomi di cloro ed idrogeno? Evidentemente, come abbiamo già argomentato, no. La sua è un'affermazione indeterminata o Dumas ha qualcosa di preciso in mente?

Dumas non dà nessuna risposta, ma una congettura può essere fatta: vi è un collegamento, per Dumas, tra il numero di molecole chimiche costituenti la molecola fisica e l'ipotesi di Prout? E' casuale che Dumas concluda le considerazioni atomistiche dell'introduzione al « *Traité* » con queste osservazioni sull'ipotesi di Prout? « Più chimici inglesi, tra i quali occorre sottolineare Thomson, hanno ammesso un rapporto semplice tra i pesi dell'atomo di idrogeno e quelli degli altri corpi... che non esiste nessuna ragione conosciuta che ciò sia così; ma questo risultato non sarà per nulla da rifiutare per questo solo motivo, se in tutti i casi l'esperienza ne dimostrerà la verità »⁽³⁾.

Col passare degli anni, Dumas attribuirà sempre più importanza all'ipotesi di Prout, tanto che nel 1859 le dedicherà un lungo articolo, caratterizzato da un significativo impegno ontologico: « Decomporre i radicali della chimica minerale sarà dunque un'opera più difficile di quella che Lavoisier ebbe la capacità di intraprendere e di completare. Poiché ciò sarà mettere in evidenza non solamente degli esseri nuovi e sconosciuti, come se ne scoprono di tempo in tempo, ma degli esseri di una natura nuova e sconosciuta di cui il nostro spirito non può per nessuna analogia rappresentarsi le sembianze o le proprietà.

Significherebbe portare l'analisi della materia ad un punto, al quale non è stata mai portata la conoscenza dell'uomo, né dalle forze naturali più energiche,

(1) DUMAS, *Mémoire sur quelques*, 338.

(2) DUMAS, *Introduction*, XXXIX.

(3) DUMAS, *Introduction*, XLVIII.

né dalle combinazioni e dai procedimenti della scienza più potenti. Significherebbe utilizzare delle forze che noi ignoriamo o delle reazioni che nessuno ha immaginato. Si tratta dunque di uno di quei problemi che il pensiero umano ha bisogno di meditare durante secoli... (26).

A conclusione di questo articolo è possibile fare alcune osservazioni sull'atteggiamento di Dumas nei confronti della teoria; dalle « Leçons » sembrerebbe di poter ricavare un'epistemologia molto precisa: i) Dumas sottolinea l'importanza della teoria; è significativo in questo senso il confronto che Dumas istituisce tra Lavoisier e Priestley (27), riportato da S. Kapoor nell'articolo citato; ii) ma il ruolo attribuito alla teoria da Dumas sembrerebbe molto diverso, molto più limitato rispetto al ruolo attribuitole dai geniali creatori dell'atomismo: « Egli è perché v'ha un rapporto tra i chimici attuali e gli antichi — il metodo. Ma qual'è questo metodo, vecchio come la nostra scienza e che fin dal suo nascere può essere caratterizzato? Esso è una fede la più completa nelle testimonianze dei sensi. Esso è come una fiducia senza confini accordata alla esperienza; una soggezione cieca alla potenza dei fatti antichi e moderni; i chimici vogliono vedere bene cogli occhi del corpo, prima che con quelli della mente. Essi vogliono fare teorie per i fatti, e non cercare fatti fra teorie preconceute... » (28).

Quel che ci resta è piuttosto la convinzione che la chimica ha perduto la sua vera traccia, come avvenne mai sempre quando abbandonando la esperienza, ella ha voluto camminare senza guida in mezzo alle tenebre. Con la esperienza alla mano voi trovate gli equivalenti di Wenzel, gli equivalenti di Mitscherlich, ma cerchereste vanamente gli atomi... » (29).

Ma l'impostazione epistemologica di Dumas è riconducibile a questa concezione riduttiva della teoria? O quelle osservazioni di metodo sono utilizzate da Dumas per evidenziare i limiti di teorie non condivise? Come si armonizza la sua fiducia nell'ipotesi di Prout con la concezione di una teoria strettamente aderente all'esperienza?

(26) J.B. DUMAS, *Mémoires sur les équivalents des corps simples*. « Ann. chim. », 55, 208 1859.

(27) DUMAS, *Leçons*, 171-173.

(28) DUMAS, *Leçons*, 6.

(29) DUMAS, *Leçons*, 284.

NICOLETTA NICOLINI (*)

Le prime applicazioni tecnologiche della pila di Volta: il caso del telegrafo di S.T. Sömmering (**)

Early Technological Applications of Voltaic Cell: The Case of S.T. Sömmering's Telegraph.

ABSTRACT. — At the beginning of nineteenth century H. Davy's works with the Voltaic cell had different opportunities of application.

Besides the Voltaic arc of the same Davy as a new source of heat to study the chemical reactions, we have in this period the first use of electric telegraph which developed in a very explosive way after thirty years about only. The problem of distant communication was not new, but up to that time it had been solved by optics.

On the other hand the new projects of the last years of eighteenth century employed the Leyden jar as a source of static electricity and notwithstanding author's obtained success, it was impossible to think of an application on a large scale because of a so changeable source. S.T. Sömmering, famous and estimated anatomist thought of utilizing the distant gas formation for telegraphic targets, studying both the effects of the Voltaic cell on the nervous activity and the decomposition of water. The demonstration of the prototype, in a meeting of Munich in 1809, has got the precious isolation of wires with the silk and the pure rubber, so that we can witness the electric wire's birth, but it pointed out its great advantages as to traditional telegraphs too.

In spite of Sömmering's great activity with his continuous demonstrations in different scholars' meetings and the favourable acceptance of the telegraph in intellectuals' clubs even in Marie de Staff's one, there was not the expected commercial popularization of the product whose solution rather original can be carried out in practice with a little difficulty.

So the case of Sömmering's telegraph does not want to be an archeological recovery of a little lucky instrument, but it is an example of a machine not sufficiently coherent to the process in which it is employed.

Lo scopo di questa comunicazione è quello di mettere in evidenza come la pila di Volta abbia aperto campi di applicazione più ampi della sola ricerca del « segreto dell'affinità chimica ».

Non entro nel dettaglio dell'arco voltaico per mancanza di tempo ma svilupperò in modo più particolareggiato il primo uso pratico dell'elettricità e cioè il telegrafo

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

(**) Relazione presentata al II Convegno Nazionale di « Storia e Fondamenti della Chimica » (Roma, 16-19 settembre 1987).

di S.T. Sömmering, non tanto per un recupero archeologico di uno strumento poco fortunato ma come esempio di macchina non sufficientemente coerente con il sistema in cui si colloca.

Il problema della comunicazione a distanza fino all'inizio dell'800 era stato affrontato in svariati modi ed era essenzialmente adoperato per scopi militari.

Anticamente vi erano le trasmissioni con il fumo, il fuoco, le bandiere, i vasi a sincronismo, tutti regolati da codici particolari; ma un grande sviluppo sia pratico che commerciale si ha con il telegrafo ottico del francese C. Chappe, basato su un sistema metallico a T, le cui parti, tutte mobili, potevano essere comandate da una serie di corde e pulegge ed assumere quindi posizioni diverse che corrispondevano a segnali prestabiliti.

Nel 1794 si costruisce la prima linea telegrafica Parigi-Lilla con il metodo Chappe e le successive seguono le vittorie di Napoleone nelle varie campagne. Nel 1810 le linee telegrafiche erano già migliaia di chilometri e la telegrafia Chappe può essere considerata il simbolo della potenza militare napoleonica.

Nello stesso periodo però abbiamo i primi tentativi di telegrafia elettrica, effettuati con dei fili metallici ognuno dei quali corrispondeva ad un elettroscopio con delle palline di sambuco o delle piume. Mettendo in comunicazione la macchina elettrostatica con gli elettroscopi si muovevano le palline (o le piume) della lettera prescelta. La sorgente però era troppo capricciosa e non si poteva pensare di sfruttare su larga scala questo tipo di telegrafo se non a piccole distanze.

In questo quadro si collocano le ricerche di S.T. Sömmering.

Nato nel 1755 a Thorn (Pomerania), il Sömmering è un medico chirurgo noto e stimato e dal 1804 membro dell'Accademia delle Scienze di Monaco. Il suo campo è ovviamente lo studio dell'anatomia ma parallelamente a questa dimostra un certo interesse alla pila di Volta e ai suoi effetti fisiologici sulle attività nervose. Proprio gli esperimenti sulla decomposizione dell'acqua e l'osservazione del diverso rapporto tra lo sviluppo di idrogeno ed ossigeno, lo spingono a sfruttare questi fenomeni a fini telegrafici.

L'occasione a Sömmering viene fornita da un colloquio con Montgela, Ministro della guerra bavarese, che, preoccupato per le campagne vittoriose di Napoleone del 1809, pensa di coinvolgere l'Accademia delle Scienze di Monaco per degli studi su sistemi di telegrafia ottica. Sömmering però ritiene che il telegrafo ottico sia superato e che la pila di Volta sia in grado di fornire quella erogazione continua di corrente che mancava ai precedenti tentativi di telegrafia elettrica. Intraprende con passione gli studi sul telegrafo e mostra il prototipo all'Accademia delle Scienze il 28 agosto 1809 (fig. 1).

La struttura del telegrafo proposto è molto semplice. Sulla base di un recipiente di vetro riempito di acqua e appoggiato su un piedistallo sono fissate 35 punte d'oro che corrispondono alle 25 lettere dell'alfabeto tedesco e alle 10 cifre. Le punte sono collegate con dei fili di rame, isolati prima con la seta e avvolti poi nel caucciù, alla parte trasmittente, la quale è formata da 35 cilindretti di ottone, ognuno con un foro che consente l'alloggiamento dei terminali collegati al polo + e - della pila. Gli elementi della pila (15 iniziali poi aumentati) sono

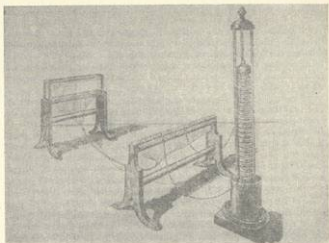


Fig. 1

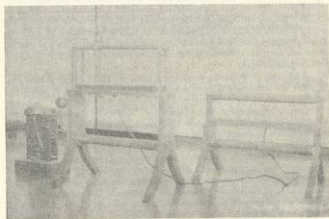


Fig. 2

costituiti da dischi di zinco intervallati da feltri inumiditi di acqua salata, e da talleri di Brabante, particolari monete d'argento in uso negli Stati tedeschi.

L'operatore fissa i poli della pila negli alloggiamenti delle lettere che vuole trasmettere chiudendo così il circuito: nella cella ricevente avverrà l'elettrolisi dell'acqua con il relativo sviluppo di gas in corrispondenza delle punte d'oro delle lettere prescelte. Si trasmettono due lettere per volta e stabilendo che l'idrogeno, più abbondante, sia sempre la prima lettera e l'ossigeno la seconda, si può scrivere via via la parola.

I vantaggi del nuovo telegrafo sono stati evidenziati dallo stesso Sömmering rispetto al telegrafo ottico: non era legato alla trasmissione diurna, né limitato da nebbie o cattivo tempo; la sua azione è estensibile a qualsiasi distanza senza stazioni intermedie; si trasmettono direttamente le lettere nel proprio alfabeto senza la necessità di imparare codici particolari; non ha bisogno di appositi alloggiamenti e quindi le spese di impianto sono altamente contenute; ma ciò che è più importante, i fili di trasmissione si possono far scorrere sotto la terra o sotto l'acqua e quindi funzionare in tutta segretezza, indubbio vantaggio in tempo di guerra.

Le critiche al nuovo telegrafo non si fanno attendere molto. Prätorius sui *Gilbert's Annalen* si chiede quale sia la fabbrica in grado di produrle i fili e di isolarli, quanto costino gli operai e quanto duri il lavoro di stesura dei cavi, quanto costi il raddoppio di parte dell'impianto visto che il trasmittente non può ricevere, ecc. « Insomma — dice Prätorius — il nuovo telegrafo può essere visto solo come un paradosso, e l'idea originaria può essere riconducibile solo ad uno scherzo ».

Bisogna in realtà convenire che Sömmering aveva trascurato un particolare decisivo: come richiamare l'attenzione di chi doveva ricevere il messaggio. Solo successivamente presenta una soluzione che lo soddisfa pienamente anche se poco elegante. Inserisce nell'apparecchio ricevente un cucchiaino capovolto su due elettrodi dai quali, all'inizio della trasmissione, si sviluppano idrogeno ed ossigeno. Dopo circa mezzo minuto il cucchiaino si solleva e una pallina collegata al meccanismo scivola e cade attraverso un imbuto su una capsula che fa scattare una piccola campanella (fig. 2).

Il telegrafo di Sömmering comunque presenta dei grandi problemi legati soprattutto alla complessità dello strumento, alla durata della pila e all'isolamento dei fili.

Quest'ultimo aspetto è stato evidenziato da W. Ostwald che nella sua descrizione quasi appassionata del telegrafo di Sömmering, ne parla come del primo caso di procedura di isolamento, rammaricandosi che non scriva da chi o come abbia avuto l'idea.

In realtà Sömmering, da fisiologo, aveva confidenza con i fasci nervosi e l'insieme delle fibre riunite in uno o più fasci e separate da sottili membrane connettivali, richiama l'isolamento dei fili conduttori telegrafici. Egli stesso parla ripetutamente di una splendida analogia che accomuna la funzione di trasmissione ai centri nervosi a quella di trasmettere lettere. Le soluzioni adottate, la seta e il caucciù, non potevano comunque ritenersi soddisfacenti anche se i collegamenti realizzati possono essere considerati dei prototipi del filo elettrico. Solo 35 anni

dopo, l'introduzione dai mercati cinesi della guttaperca poté risolvere definitivamente il problema.

Nonostante i commenti entusiasti di numerosi circoli di studiosi che apprezzavano soprattutto la novità del sistema di trasmissione e nonostante la passione con cui Sömmering presenta il suo telegrafo sia allo Zar Alessandro che a Francesco I d'Austria e i loro relativi apprezzamenti, lo strumento non ha diffusione.

Non basta imputarne la causa a Napoleone che lo bolla come « un'idea tedesca », ma al di là dei problemi accennati in precedenza sulla durata della pila e sulla complessità della struttura, che permangono, bisogna riconoscere che il telegrafo nel 1810 è visto ancora come un divertimento o abbinato a scopi militari.

Lo sfruttamento di uno strumento da un punto di vista produttivo è strettamente legato alla cultura e alle esigenze che gli uomini hanno in un determinato periodo; dall'« invenzione » all'« uso » possono passare diversi secoli e la storia è piena di questi esempi.

In Europa la lentezza dei processi di rinnovamento da economie agricole a economie industriali non fa da stimolo allo sviluppo delle linee telegrafiche. E' in Inghilterra che, sotto la spinta di una intensa attività mineraria, si sente l'esigenza di applicare il telegrafo elettrico (secondo il modello Wheatstone) ai controlli del funzionamento della rete ferroviaria già sufficientemente diffusa negli anni '40. In Francia invece, nonostante gli stimoli di Arago che spinge ad un rinnovamento del sistema telegrafico e le dimostrazioni dello stesso Wheatstone al Collège di Francia nel 1837 e nel 1840, si rimane perlopiù ancorati al sistema ottico fino al 1853.

Questo stato di inerzia, imputabile a varie cause, farà aumentare sempre più il divario tecnologico tra Inghilterra e Francia e, probabilmente per recuperare le occasioni mancate, spingerà Napoleone III nel 1860 a rendere il giusto merito ad una scoperta troppo trascurata assegnando 40.000 franchi di premio all'americano S. F. Morse.

BIBLIOGRAFIA

- OBERLEHNER R., *Information, Daten und Signale*. RoRoRo 1987.
- OSTWALD W., *Elektrochemie*. Leipzig 1896.
- FISCHER H., *Fernsprech und Meldewesen in Altertum*. Schweinfurt 1904.
- WALKER C., *Nouveau manuel complet de la télégraphie électrique*. Paris 1851.
- MORISS F.N.M., *Traité de télégraphie électrique*. Paris 1849.
- THOMAS H., *Traité de télégraphie électrique*. Paris 1922.
- SINGER C., *Storia della tecnologia*. Boringhiani 1964.
- CARDWELL S.L., *Tecnologia, scienza e storia*. Il Mulino 1972.
- OLIVIERO A.F., *L'uomo e la macchina*. Ed. Riun. 1987.
- KÖNIG D., *Telegraphs and telegrams in revolutionary France*. «*Sc. Mon.*», 39, 431-437, 1944.
- FEYERABEND E., *Der erste praktisch verwendete elektrische Telegraph*. «*Tec. Ges.*», 22, 83-86, 1933.
- STRICKER W., *S.T. Simmering nach seinen Leben und Werken geschildert*. Frank. u. M. 1862.
- SÖMMERING S.T., *Ueber einen elektrischen Telegraphen*. «*Denk. Münch. Akad.*», 2, 401-414, 1811.
- SÖMMERING S.T., *Ueber Simmering's elektrischen Telegraphen*. «*Schweiz. Journ.*», 2, 217-247, 1811.
- PRÄTORIUS C.L.A., *Ueber die Unstattheltigkeit der elektrischen Telegraphen für weite Fernen*. «*Gilb. Ann.*», 39, 116-122, 1811.
- SÖMMERING S.T., *Bemerkungen über Herrn Peem. List. Prätorius Aufsatz: ü. die Unstat. der elektrischen Telegr. für weite Fernen*. «*Gilb. Ann.*», 39, 478-482, 1811.
- SÖMMERING W., *Auszüge aus dem Tagebuch von S.T. Simmering als Beitrag zur Geschichte der Erfindung des galvanischen Telegraphen*. «*Pogg. Ann.*», 107, 644-647, 1839.
- SÖMMERING W., *Der elektrische Telegraph*. Frank. u. M. 1863.

NEDO GELSOMINI (*)

Hugo Schiff e l'insegnamento della chimica a Firenze nella seconda metà dell'800 (**)

Hugo Schiff and Chemical Education in the Second Half of the Nineteenth Century in Florence.

ABSTRACT. — Hugo Schiff (Frankfurt a. M. 1834, Florence 1915) was educated in Germany and completed his studies in University of Goettingen, with F. Wöhler (1800-1882), but he spent his life in Italy, where carried out his major scientific work. Professor in Florence (1867), Turin (1876) and Florence again (1879), he discovered the so called "Schiff's bases", the fuchsin test for aldehydes and devised the Schiff nitrometer. In the Laboratories at Florence and Turin he was always a persevering and indefatigable worker and brought numerous experimental investigations to a successful conclusion.

The didactic and scientific activities of Hugo Schiff in Florence from 1876 to 1879 are reported.

L'insegnamento della chimica ebbe praticamente inizio a Firenze nel 1868 « con sette studenti e altrettanti uditori », e fu Hugo Schiff, chiamato da Carlo Matteucci a ricoprire la Cattedra di Chimica, da molti anni vacante, presso il Museo di Fisica e Storia Naturale dell'Istituto di Studi Superiori di Firenze (1) a tenere il primo corso regolare, a livello universitario, di Chimica Generale e Organica per gli studenti di Farmacia.

In brevi appunti, ritrovati nella Biblioteca di Chimica dell'Università di Firenze, e che vengono riportati integralmente, è possibile ricostruire l'attività didattica e scientifica di Hugo Schiff dalla fine del 1867 a tutto il 1869.

(*) Dipartimento di Chimica Organica «U. Schiff». Università di Firenze.

(**) Relazione presentata al II Congresso Nazionale di «Storia e Fondamenti della Chimica» (Roma, 16-19 settembre 1987).

(1) Nel 1859 il governo provvisorio toscano guidato dal Ricasoli e con il Ridolfi Ministro della Pubblica Istruzione decretò la creazione a Firenze dell'Istituto di Studi Superiori e di Perfezionamento designando come soprintendente Gino Capponi. Nel 1924 l'Istituto fu trasformato in Università degli Studi.

1867

La cattedra di chimica al Museo fu creata nel 1807 e conferita al Prof. Gazzari. Già un anno dopo fu dichiarato il locale del laboratorio non essere adatto allo scopo, per le sue condizioni tanto locali quanto sanitarie; il Prof. Gazzari fu trasferito allo Spedale, e con lui la maggior parte del corredo di laboratorio. Durante 60 anni la cattedra di Chimica al Museo era vacante. L'attuale prof. di Chimica nominato il 1 Dic. 1867, non trovò proprio nulla che avesse potuto servire sia all'insegnamento della Chimica, sia ai lavori del laboratorio. Dovevasi montare tutto di primo principio, nello stesso locale dichiarato inadatto già 60 anni fa, ed oltre a ciò senza bilancio straordinario. La riduzione del locale e l'acquisto degli strumenti necessari fu terminato in soli tre mesi, cosicchè le lezioni potevano essere incominciate già verso la fine di febbraio.

Alle lezioni di chimica inorganica presero parte sette studenti di farmacia e altrettanti uditori del Museo. Queste lezioni furono fatte due volte la settimana nei mesi di marzo e di aprile, quattro volte la settimana nei mesi seguenti. Un'altro corso sulle generalità della Chimica Organica (una volta la settimana al principio, due volte più tardi) fu frequentato da tre studenti di farmacia e da un uditore.

Ai lavori del laboratorio presero parte uno degli scolari iscritti per il corso normale, il quale era occupato di alcune preparazioni per la collezione dei prodotti.

Nel primo tempo furono completate alcune ricerche sugli eteri dell'acido borico e sopra una nuova serie di alcaloidi artificiali ossigenati e solforati. I risultati ottenuti furono oggetto di due memorie inserite negli annali di chimica di Liebig. I lavori concernenti le uree condensate, sopra le quali fu già pubblicato un sunto nel Nuovo Cimento, furono continuate e condussero ad una serie di nuovi fatti, i quali in parte servivano a metter a chiara evidenza alcune osservazioni fatte dal Piria e fino ad ora non spiegate. L'aiuto Sig. Bencini continua queste ricerche.

La maggior parte di queste ricerche non è ancora pubblicata, ma molti dei risultati si trovano già rammentati in una serie di monografie sopra i gruppi più importanti della Chimica Organica stampate nell'« Enciclopedia Chimica » di Torino. L'insieme di queste monografie è destinato a formare il materiale per un trattato di Chimica Organica Teorica. Le quattro serie di ricerche sopra citate conducono a due altre sopra le sintesi di certi corpi azotati; fino ad ora sono stati eseguiti soltanto alcuni sperimenti riguardo queste due serie, per le quali il metodo non è ancora ben precisato.

1868

L'insegnamento cattedratico ed i lavori del laboratorio incontrano molte difficoltà per via della mancanza di prodotti chimici e di molti strumenti necessari, i quali colla dote attuale del laboratorio possono essere acquistati soltanto nel corso di più anni. Mancano p.e. gli apparecchi per i metodi analitici più esatti,

quelli per le analisi volumetriche e gasometriche, e persino il mercurio, vasi di platino, fornelli ecc. Oltre a queste, l'istituzione di un corso pratico, trova fin ad ora altre difficoltà nelle condizioni del locale del laboratorio; le stanze sono basse e mancano di ventilazione, cosa di prima necessità per un laboratorio di chimica, alcuni posti mancano di luce, altri (essendo il laboratorio la parte più bassa del Museo ed al livello della strada) sono umidi a segno tale che devono essere sgomberati; la corticina destinata ai lavori che spandano cattivo odore, occupa un posto più alto del laboratorio e rimanda tutti i vapori nel laboratorio medesimo; la bilancia di precisione per la vicinanza della strada, si trova in movimento continuo ecc. ecc. Anche senza parlare delle condizioni sanitarie del laboratorio posso asserire che il Museo di Firenze, tra le molte sue specialità, ha anche quella di possedere il più brutto laboratorio di chimica tra i tanti che avevo occasione di vedere. Le condizioni esposte più in alto non permetterebbero l'istituzione di una scuola pratica di chimica nel locale attuale, anche nel caso che il posto vi si trovasse. E' vero che un'altra stanza è stata assegnata al laboratorio appunto per la scuola pratica; ma la riduzione di tale stanza esigerebbe delle spese, che il fondo generale dello stabilimento non permetteva di fare in quest'anno.

1869

Nell'anno scolastico 1868/69 il laboratorio di chimica è stato aggrandito mediante l'aggiunta di una sala, destinata a scuola pratica. In mancanza di un fondo d'impianto, una buona parte della dote dovè impiegarsi alla prima montatura, la quale rimane tuttora assai deficiente, essendo che la dote del laboratorio di chimica, oltre a servire al materiale scientifico, era costretta a supplire ai bisogni del fondo generale dell'edificio. E' per questa ragione che gli apparati più importanti mancano sempre in questo laboratorio e permettono ai lavori di estendersi soltanto sopra una parte ristretta della scienza.

Per la collezione di prodotti chimici è stata acquistata una serie di preparazioni di chimica organica ed un'altra serie di metalli rari.

Le ricerche eseguite nell'anno decorso versarono principalmente sopra la costituzione chimica delle glicosidi vegetali. Furono ultimate le ricerche sopra la salicina e la populina e loro derivati e principiate delle ricerche analoghe sopra l'arbutina, l'amigdalina e la florizina. Una parte dei risultati di questi lavori, come una memoria estesa sulle uree condensate, è stata pubblicata negli *Annali di Liebig*, nel *Nuovo Cimento* e nel *Giornale di Chimica di Gottinga*. Alcuni articoli di chimica teorica furono stampati nell'*Enciclopedia Chimica di Torino*. Ai lavori del laboratorio presero parte due allievi; l'uno si occupava di chimica mineralogica, l'altro di alcune materie grasse di provenienza vegetale.

Nelle lezioni orali, alle quali assistettero 20 a 25 uditori, furono esposte le generalità della Chimica Organica. Delle lezioni elementari per gli allievi della Scuola di Farmacia delle quali questa cattedra è incaricata, si parla in altra relazione.

« Per le lezioni di chimica fu montata una piccola sala, la quale però allo stato attuale si mostra poco conveniente e meno decorosa, benchè una piccola spesa avesse bastata a renderla almeno un poco più decente ».

Hugo Schiff era nato a Francoforte sul Meno il 26 aprile 1834, allievo del Wohler, si laureò a Göttinga il 30 gennaio 1857. Più tardi, a Firenze, era solito ripetere ai suoi allievi: « Si ricordi che lei discende da Berzelius, perchè Berzelius insegnava la chimica al vecchio Wohler e il Wohler la insegnava a me » (1).

Con gli studenti, però, non ebbe mai buoni rapporti. Un suo allievo dei primi anni del novecento così lo ricorda: « ...eravi a Firenze Prof. di chimica il terribile Hugo Schiff. Era un padre, un fondatore della Chimica: storiche le sue lezioni. Bellissima quella sull'urea. Vestivo con un lungo stoffelino, ripeteva con gli stessi mezzi del Maestro, il Wohler, la stessa reazione con la quale questo pioniere trasformò l'isocianato d'ammonio in urea. Era un poeta! Ma questo padre della Chimica era quanto di più malvagio si possa trovare in un tedesco. Un bel vecchione, piuttosto piccolo, con un bel barbone fluente, gli occhi piccoli porcini e cattivi... » (2).

A Torino dove si era trasferito nel 1877 lo Schiff fu al centro di una violenta contestazione degli studenti. Le lezioni di Chimica furono sospese, fu aperta un'inchiesta e fu appurato che la causa dei disordini doveva ricercarsi nella severità degli esami, nell'aula insufficiente per il gran numero degli studenti e per la voce non sempre intelligibile del Professore (3).

Anche a Firenze, dove ritornò nel 1879, il suo comportamento provocò non pochi malumori, tanto che molti studenti preferirono andare in altre Università. Ad una precisa richiesta del Soprintendente dell'Istituto di Studi Superiori, per conoscere la ragione dei molti trasferimenti, lo Schiff rispose accusando gli studenti di scarso entusiasmo, di poca volontà e voglia di studiare.

Quando nel 1909 fu, per legge, fissato a 75 anni il limite di età dei professori universitari, Hugo Schiff fu tra i pochi a continuare l'insegnamento per meriti eccezionali.

Morì l'8 settembre 1915 e fra le sue ultime volontà vi fu quella di avere un funerale semplicissimo, senza fiori nè seguito, alla mattina presto col più modesto carro funebre (4).

(1) S. BERLINOZZI, « Gazz. Chim. Ital. », 83, 693 (1953).

(2) P. SACCARDI, Comunicazione privata del 1969. P. Saccardi allievo di A. Angeli, laureato in chimica il 18 maggio 1915, è stato professore di chimica nell'Università di Camerino.

(3) Dal verbale dell'Adunanza del Consiglio Accademico dell'Università di Torino tenuto il 6 novembre 1877. Alf. d.g.: Inchiesta sui disordini nella Scuola di Chimica Generale, relatore il Prof. Garelli.

(4) M. BERTI, « J. Chem. Soc. Trans. », 424 (1916).

Forma cristallina e struttura molecolare: la fase di transizione e la vicenda di William Barlow (1845-1934) (***)

Crystal Form and Molecular Structure: The Transitional Period and the Vicissitude of William Barlow (1845-1934).

ABSTRACT. — The analysis of the historical development in XIX century of the study of crystalline matter allows to identify two distinct approaches, one which can be described as a chemico-crystallographic approach and the other as a physico-geometric approach. In the first case the morphological study of crystals was helpful for determining the molecular constitution of substances. In the second, the nature of the constitutive units of a crystal was investigated by geometric procedures and through the study of some physical properties meant to characterize the static and dynamic behaviour of crystalline matter. The work of William Barlow in the period 1883-1903 belongs to this line of research.

In the successive years 1906-1910 the researches which Barlow carries out with William J. Pope (1870-1939) touch on problems of direct chemical interest. Starting with a definition of homogeneity applicable to the discrete systems, and on the assumption of closest-packing of atoms in the crystal lattices, they propose a theory connecting valency and the volumetric properties of molecular atoms to the morphologic characters of crystals. The two approaches mentioned above thus converge on a unique line of research: by information jointly derived from the molecular constitution of the substance and the morphological study of its crystals, the valency-volume theory was meant to help in defining the stereochemistry of the molecule and its location in the crystal lattice.

After an ephemeral and limited appearance of success the Barlow and Pope theory was confronted with the results coming out of the X-ray crystal diffraction analysis, which allowed to easily point out its inadequacy. The transition literally crossed Barlow's scientific and personal life. In these vicissitudes it is possible to identify various aspects of historical and epistemological interest.

(*) Gruppo di Chimica Teorica, Università di Palermo.

(**) Departamento de Química, Pontificia Universidade Católica do Rio de Janeiro.

(***) Relazione presentata al II Congresso Nazionale di «Storia e Fondamenti della Chimica» (Roma, 16-19 settembre 1987). Questa ricerca è stata svolta con il contributo erogato a L. Paoloni dal Ministero della Pubblica Istruzione (Quota 60%) per gli anni 1983 e 1984 (reso disponibile con oltre un anno di ritardo). Una borsa di ricerca trimestrale è stata concessa a L.T.S. Parente dal Ministero di Educazione e Cultura, CAPES, Brasilia.

1. INTRODUZIONE

L'idea che una regolarità periodica delle particelle costitutive fosse alla base dell'interpretazione delle regolarità morfologiche di cristalli è stata ripetutamente proposta da parecchi studiosi a partire dal secolo XVI. Il primo a tener conto della composizione chimica delle sostanze sembra essere stato René Just Haüy (1743-1822). Nel suo *Traité élémentaire de physique* (1805), proprio con riferimento ai cristalli di calcite, afferma che il limite ultimo della sua suddivisione meccanica sono i romboidi di carbonato di calcio, da lui chiamati *molécules intégrantes* per distinguerli dalle molecole elementari della calce (CaO) e dell'acido carbonico (CO₂) da cui risultano essere composti [1]. In questa visione di Haüy sono presenti gli ingredienti problematici sui quali durante il secolo XIX si misureranno coloro che, per diverse strade, cercheranno di trovare una spiegazione che risulti soddisfacente rispetto alle variabili via via messe in evidenza dal progresso degli studi sulla natura dei corpi materiali. Resta però fuori dalla nostra considerazione la rassegna dei contributi che Haüy ed altri hanno dato alla elaborazione dell'analisi sistematica della morfologia cristallina, l'intento essendo di selezionare quegli aspetti che ci sono sembrati più rilevanti al tema di questa ricerca.

Il merito più rilevante di Auguste Bravais (1811-1863), dal nostro punto di vista, è l'aver fondato su base matematicamente rigorosa la geometria dei sistemi (discreti) di punti ordinati [2]. Egli anzitutto definisce un linguaggio al quale si uniformeranno nei decenni successivi tutti gli studiosi di cristallografia:

— *Rangée*, sistema rettilineo di punti equidistanti; l'intervallo fondamentale tra due punti vicini viene detto parametro della *rangée*;

— *Réseau*, insieme dei punti di una serie di *rangées* eguali, parallele ed equidistanti tra loro, giacenti in un medesimo piano, ciascuno dei punti di una *rangée* essendo punto di partenza di una retta arbitrariamente inclinata sulla direzione comune;

— *Assemblage*, insieme dei punti di una infinità di *réseau* disposti su piani paralleli separati da un intervallo arbitrario, in modo tale che tutte le rette omologhe siano similmente dirette.

Dopo aver dimostrato una serie di teoremi riferibili agli *assemblages* simmetrici, Bravais pubblica due successive memorie sotto il titolo generale *Études cristallographiques*. La prima (febbraio 1849), che tratta « *du cristal considéré comme un simple assemblage de points* », si conclude, con la ben nota classificazione dei reticoli elementari. Più direttamente interessante dal nostro punto di vista è la seconda (agosto 1849), che si riferisce al cristallo « *considéré comme un assemblage de molécules polyatomiques* ». La molecola è pensata come un poliedro di atomi organizzati intorno al baricentro, ed è questo il punto che propriamente si situa in ciascun vertice (*sommet*) dei reticoli. Una molecola possiede diversi centri o poli (*pôles*) di forza, che « *sont probablement les atomes constituants* », dai quali deriva la *polarité moléculaire*. Questa si manifesta direttamente

nella simmetria dei cristalli, poiché il passaggio dello stato fluido allo stato solido richiede che ogni molecola si collochi al suo posto con una orientazione conveniente allo sviluppo della faccia: « *La polarité moléculaire et la variabilité des forces avec la direction sont des conséquences de la figure polyédrale de la molécule et de la loi suivant la quelle les forces émanées de chaque sommet varient suivant la distance* ».

2. L'APPROCCIO CHIMICO-CRISTALLOGRAFICO

L'isomorfismo chiave di accesso alla costituzione molecolare delle sostanze

L'isomorfismo designa il caso di sostanze diverse, chimicamente analoghe, che assumono la stessa, o « quasi » la stessa, forma cristallina e possono cristallizzare insieme in rapporti variabili. La caratterizzazione del fenomeno (1819-1821) è attribuita ad Eilhardt Mitscherlich (1794-1863), anche se osservazioni simili erano state fatte alcuni anni prima (1812) da William H. Wollaston (1766-1828). Ma è senza dubbio merito di Mitscherlich di aver riconosciuto che la prima condizione delle sostanze isomorfe è di possedere il medesimo numero di atomi nella molecola (in base alle osservazioni fatte sui fosfati e gli arseniati di potassio). La circostanza più rilevante nel contesto storico della scoperta dell'isomorfismo apparve essere l'indipendenza della forma cristallina dalla natura degli atomi componenti la molecola della sostanza. La legge dell'isomorfismo, come venne chiamata, ebbe un ruolo notevole nella chimica poiché, consentendo di definire la composizione atomica della molecola permise di decidere sulla scelta del peso atomico di diversi elementi.

Nella prima metà del secolo XIX furono messi a punto procedimenti adeguati a fornire misure accurate degli angoli tra le facce, necessari per riconoscere gli elementi di simmetria di un cristallo. I risultati ottenuti da Bravais stimolarono la diffusione di convenzioni di cui è opportuno dare qui una sommaria illustrazione per consentire la comprensione dei problemi che si posero e delle vicende ad essi inerenti.

L'appartenenza di una sostanza cristallina ad una delle 32 classi dei sei sistemi di simmetria viene fatta in base agli elementi (assi, piani) riconosciuti nel cristallo. La sua caratterizzazione quantitativa è fatta in base: (1) ai rapporti tra tre parametri, $a:b:c$, misura relativa della lunghezza degli spigoli (assi morfologici) del reticolo elementare; (2) agli angoli interassiali α, β, γ , rispettivamente tra le coppie di assi bc, ac, ab . Per convenzione i rapporti $a:b:c$ sono espressi ponendo $b=1$. Va tuttavia rilevato (per l'intelligenza dei successivi argomenti) che potevano esservi scambi nella denominazione di tali parametri poiché l'accrescimento ineguale delle facce in cristalli di una stessa sostanza ottenuti sotto condizioni anche di poco diverse (o non perfettamente controllabili), rendeva ambigua la scelta delle facce di riferimento.

L'isomorfismo delle sostanze organiche

Non tutte le speranze riposte nello studio delle sostanze isomorfe avevano dato i risultati attesi. Ecco in proposito l'autorevole opinione di Paul H. von Groth (1843-1927), professore a Monaco di Baviera, alla cui scuola erano in vario modo legati molti personaggi della nostra storia. In un articolo [3] del 1870 egli scrive: « Tutte le ricerche finora compiute per applicare la teoria dell'isomorfismo, divenuta così eminentemente importante per la parte inorganica della chimica, ai composti organici non hanno condotto a risultati soddisfacenti perché i diversi gruppi atomici che si trovano in questi ultimi non stanno l'un l'altro nello stesso rapporto, come per esempio i differenti metalli isomorfi nei sali di simile costituzione ». Riconoscendo il fallimento del proprio obiettivo iniziale e tuttavia fiducioso nel ruolo chiave dell'indagine morfologica sui cristalli, Groth propone di seguire una strada completamente diversa: « Invece di andare alla ricerca di sostanze *strettamente cristallizzate*, si dimostra assai più vantaggioso studiare le *diversità delle forme cristalline di sostanze chimicamente affini*, cioè di porre il quesito per la ricerca di relazioni valide nel modo seguente...: "Si abbia come dato di fatto la forma cristallina di un composto chimico dal quale far originare numerosi derivati...; quale alterazione subisce allora questa data forma cristallina per l'ingresso di un determinato atomo, o di un gruppo di atomi, che sostituisce l'idrogeno?" ».

E' in questo contesto che Groth propone il benzene ed i suoi derivati come oggetto di indagine cristallografica, pur rendendosi conto che la ricerca è non solo prematura rispetto allo stato delle conoscenze sui composti aromatici, ma « essa stessa da ricondurre all'indagine sulla costituzione chimica della sostanza ». Nello stesso lavoro egli riporta le misure eseguite a circa -10° (nell'inverno del 1869/70) sui cristalli ortorombici di benzene, $a:b:c = 0,891 : 1 : 0,799$ e su quelli di vari derivati sostituiti con gruppi OH ed NO₂. La via indicata da Groth sarà seguita da vari cristallografi nei decenni successivi. Le sue misure sul benzene non vennero ripetute durante oltre mezzo secolo. (Per confronto, dai dati diffrattometrici [4] del 1958 a -3° , si calcola $a:b:c = 0,772 : 1 : 0,728$).

3. L'APPROCCIO FISICO-GEOMETRICO

Le proprietà fisiche chiave di accesso alla organizzazione interna dei cristalli

Questa parte dello studio dei cristalli è riconducibile a due filoni principali: (1) caratterizzazione del solido cristallino attraverso la determinazione delle sue proprietà; (2) indagini sui processi di formazione e di trasformazione dei cristalli per effetto di azioni esterne. Al primo appartengono le misure goniometriche intese a determinare i caratteri morfologici riferibili agli elementi geometrici che definiscono la simmetria nelle sue diverse manifestazioni; le misure di densità; la determinazione delle caratteristiche ottiche (indici di rifrazione, fenomeni di interferenza e di dispersione, riflettanza delle facce, ecc.), delle proprietà magne-

tiche ed elettriche. Nel secondo si possono raggruppare le ricerche sui processi di formazione e di demolizione del cristallo nel cambiamento di stato o di fase, in presenza di liquido fuso o di soluzione satura (acque madri), sui concomitanti fenomeni di geminazione, di dimorfismo e, in generale, di polimorfismo; la identificazione dei piani di sfaldamento; l'indagine sulle proprietà piezoelettriche e piroelettriche; la misura dei coefficienti di dilatazione termica; l'osservazione delle figure caratteristiche che si formano per attacco chimico delle facce; ecc.

Obiettivo di questo complesso lavoro era la elaborazione di un modello della organizzazione interna delle parti costitutive, adeguato a fornire una spiegazione, per quanto possibile anche quantitativa, delle osservazioni fatte. Trattandosi di proprietà e di fenomeni riferibili a sostanze cristalline di differente natura chimica, gli approcci interpretativi prescindevano di norma dalla composizione della sostanza stessa. Ben poco di essi è sopravvissuto al confronto con le acquisizioni conoscitive successive al 1910-1915 sulla costituzione degli atomi.

Le ragioni dell'interesse al lavoro di William Barlow (1845-1934)

La prima menzione di Barlow ci è venuta da un testo di storia della chimica pubblicato nel 1971 da David P. Mellor [5], che lo indica come « *probably the first person to attribute the form and symmetry of crystals to explicit and stated arrangements of chemical atoms* ». L'esempio addotto è quello del cloruro di sodio, associato da Mellor ad una immagine in cui mette in evidenza la coordinazione ottaedrica che genera il cristallo cubico. Tale figura è tratta da un lavoro notevolmente ampio [6] che Barlow pubblicò nel 1897, sul quale ritorneremo più avanti. Per il momento ci limitiamo ad osservare che la figura in oggetto (rif. 6, p. 547) è data come il primo esempio di cristalli a simmetria cubica oloedrica realizzabili, sotto certe condizioni, con due tipi di sfere di diametro differente. Non vi è alcun riferimento al caso del cloruro di sodio che invece è esplicitamente richiamato in due lavori [7, 8] precedenti (del 1883 e del 1886), nei quali la forma cubica è realizzata con sfere di due tipi diversi ma di eguale diametro. È stata comunque la lettura di questa lunga memoria che ha determinato il nostro interesse all'opera complessiva di Barlow. Si tratta, a nostro avviso, di uno studioso che in tutto l'arco della sua vita è rimasto razionalmente legato ad una concezione atomica della materia radicata nei caratteri percettivi. Egli ha fondato la sua teoria della struttura cristallina su una sperimentazione costruttiva condotta con grande abilità, usando materiali adatti a realizzare le condizioni fisiche postulate: una causa meccanica, bilanciamento di azioni attrattive e repulsive, in grado di realizzare l'omogeneità propria dei cristalli mediante l'impacchettamento alla massima densità (*closest-packing*) di atomi deformabili ma non comprimibili.

Il collegamento che egli riuscì a realizzare tra forma e struttura cristallina tenendo conto di alcuni dei vincoli posti dalla variabilità della composizione atomica, è stato un grande progresso rispetto alle formulazioni precedenti. C.J. Schneer [1] ha scritto che alcune delle ipotesi associative tra morfologia e strut-

tura basate sulla teoria di Barlow « *have not yet been tested* ». Tra i meriti del suo lavoro rileva [1]: « *It was not a trivial observation in 1883 that several atoms in a solid compound "... occupy distinct portions of space and do not lose their individuality"* » (rif. 7, p. 186). E più avanti aggiunge: « *More significantly, Barlow understood that the hypothetical interior distribution must have the symmetry of the external form — holohedral, hemihedral, tetartohedral — the structure might have less, but never more symmetry than the morphology. The X-ray structures revealed by more than half a century of the most intense investigations are the lineal descendants of the tetrabedra of zinc and sulfur atoms pointing alternatively up and down, of Barlow and Pope* ». Tale comprensione maturata da Barlow alla luce di una sperimentazione condotta sotto i vincoli della complessità imposta dalla composizione atomica, è non solo una conferma ma anche un passo avanti sulle conclusioni di Bravais.

Questi giudizi vengono riferiti perché la lettura dell'opera di Barlow, anche se non esaustiva, ci pointerà ad evidenziarne le debolezze ed i limiti, e non sarebbe giusto che ciò possa apparire come una valutazione pregiudiziale. L'insuccesso di alcune sue tesi, soprattutto dopo il 1910, misero in ombra i precedenti risultati significativi. Il modo in cui tali tesi furono contrastate e contraddette ebbero varie motivazioni ed indussero effetti negativi sulla persona. Le difficoltà che impedirono a Barlow di accettare il nuovo e modificare di conseguenza certi aspetti centrali delle sue tesi sono, a nostro avviso, una manifestazione della crisi che può provocare la rottura epistemologica implicata nel mutamento. Riconoscere questo fatto attraverso gli accadimenti storici coinvolgenti una persona è anche fonte di suggerimenti utili a chi conduce il lavoro educativo avendo come obiettivo l'apprendimento della chimica e delle scienze in generale.

I lavori di Barlow nel periodo 1883-1902 saranno esaminati anzitutto per metterne in evidenza, nei limiti del possibile, i concetti ispiratori e le caratteristiche di sviluppo della ricerca verso gli obiettivi dichiarati. La validità, o la invalidità, attuale dei risultati ottenuti da Barlow non sarà di regola argomento di indagine. In questo senso ci sembra adeguata la valutazione di carattere generale riferita sopra. Una particolare attenzione verrà portata alle idee che Barlow si fa delle proprietà chimiche delle sostanze e dell'influenza che queste proprietà hanno sulla forma cristallina delle sostanze. Solo quando appaia necessario alla intelligenza dell'analisi verranno riferiti i modi di sviluppo della sua ricerca ed eventualmente i rapporti che essa ha con quella degli altri studiosi. Un diverso procedimento, che implichi un'illustrazione dettagliata dei risultati, imporrebbe la redazione di una monografia piuttosto che di una breve memoria.

Il lavoro del 1883

Obiettivo della ricerca [7] è di stabilire « *what very symmetrical arrangements of points or particles in space are possible* ». Barlow trova che vi sono solo tre *arrangements* adatti a cristalli di forma cubica, che sono distinguibili tra loro per il fatto che ciascun punto (o sfera) componente è equidistante da 8, da 6 o da

12 punti (o sfere) prossimi (*nearest*) vicini. Vi sono inoltre altri due *arrangements* che possono condurre a cristalli di forma esagonale, distinguibili perché ciascun punto (o sfera) componente è equidistante da 12 o da 6 prossimi vicini. Per ottenere questo risultato Barlow parte da un cubo di cubi bicolori alternati, che trasforma in un sistema di sfere-punti « *occupying the centres and the angles of these cubes* ». Ottenuta la prima figura come combinazione di due forme cubiche, ciascuna fatta di sfere di un medesimo colore, procede per successiva rimozione di determinati punti-sfere, costruendo le forme sopradette.

Esposto il risultato, Barlow passa a considerare quali « *compounds consisting of an equal number of atoms of two kinds crystallize in cubes* ». Il linguaggio è preciso, ma possiamo rilevare che non parla di *molecole biatomiche*. Nella lista dà il nome e la formula: KCl, KBr, KI; NaCl, NaBr, NaI; CsCl; PbS; AgCl. L'opinione che egli si è fatta delle molecole sembra tuttavia essere basata su un pregiudizio piuttosto che su una valutazione dei procedimenti che i chimici hanno adottato per definire la composizione atomica delle molecole e per razionalizzare la determinazione dei pesi atomici. Infatti, per riconciliare la deviazione di alcune sostanze dallo schema di struttura cristallina cui egli ritiene *debba* corrispondere la loro composizione atomica, Barlow suggerisce di modificare i pesi atomici in modo da ristabilire l'accordo. Dimezzate il peso atomico del calcio risulterebbe infatti la difficoltà posta dai cristalli di calcite (*the form (obtuse rhombohedra)... is but little removed from a cube*) la cui molecola « *usually believed to consist of one atom of calcium, one of carbon, and three of oxygen* » potrebbe invece essere Ca_2CO_3 . Infatti, « *making this supposition, we observe that if the calcium and carbon atoms were alike we should have atoms, three of one kind, three of another; in other words, we should have equal proportions of two kind of atoms* ».

L'atteggiamento del proponente di una teoria che cerca di ridurre ad essa le eccezioni trovate, è un fatto sostanzialmente normale nella storia della scienza. Nel caso specifico tuttavia appare una singolare incomprensione di alcuni schemi logici della chimica ben stabiliti in quegli anni: la collocazione degli atomi nel sistema periodico, la relazione tra la valenza e la definizione delle famiglie chimiche. Dalle note biografiche [9] pubblicate dopo la sua morte sappiamo che verso il 1888 Barlow entrò in contatto con due chimici del tempo, Henry E. Armstrong (1848-1937) e William J. Pope (1870-1939). Vi fu tra loro consonanza di idee, oltre che un rapporto di stima e di amicizia. Ma probabilmente le opinioni che Barlow aveva nel 1883 sulle molecole non derivavano da tali rapporti personali, semmai scadde l'opposto: Barlow si avvicinò ad essi perché trovò congeniali le loro idee. Ma egli aveva elaborato in modo autonomo le proprie, e si preparava ad esporle in forma sistematica in un libro, pubblicato circa due anni dopo.

Barlow: New Theories of Matter and Force. 1885

Una circostanza che colpisce nel lavoro del 1883 è la completa assenza di riferimenti bibliografici sia nell'area cristallografica che in quella chimica. Egli

sembra scrivere nella presunzione che qualunque lettore conosca i precedenti lavori che hanno trattato dei cristalli come « *symmetrical arrangements* » di particelle, e che sia quindi in grado di valutare la novità che introduce. Il libro pubblicato [10] nel 1885 permette di dare, almeno in parte, una risposta al quesito su quali materiali di riferimento sia basata la formazione scientifica di Barlow. Educato privatamente, egli non ebbe « *that rigid disciplinary training through which most students of physics and chemistry acquire a broad sense of contemporary knowledge of the physical universe* » (Rif. 9 a, p. 367). Il libro costituisce quindi una specie di *summa* delle vedute dell'autore su materia e forza, maturate dopo anni di studi, osservazioni e riflessioni condotti in completa autonomia da ogni scuola o magistero. Questo è il sommario: (1) una parte introduttiva di cinque capitoli (60 pagine) propone le ipotesi fondamentali e gli aspetti generali delle nuove teorie; (2) seguono dodici capitoli (140 pagine) che propongono l'interpretazione dei fenomeni elettrici comprendendovi anche le manifestazioni del magnetismo; (3) otto capitoli (100 pagine) per la teoria della luce e dei fenomeni ottici; (4) cinque capitoli (35 pagine) per la teoria del calore e dei fenomeni termici; (5) cinque capitoli (60 pagine) dedicati ai fenomeni chimici.

La bibliografia citata nei vari capitoli è costituita soprattutto dalle voci dell'Encyclopaedia Britannica [11] che trattano i temi pertinenti. Rari gli articoli originali (su *Philosophical Transactions of the Royal Society* e su *Nature*) e tra i pochissimi libri il *Cooke's Modern Chemistry* [12]. Nella prefazione Barlow racconta come dopo un tentativo grossolano di attribuire all'etere laminifero proprietà note della materia egli sia giunto « *at the conception contained in these pages, of two compressible, elastic, gas-like ethers, adequate... for the transmission both of light and of electricity* ». L'evoluzione di questa concezione, continua Barlow, è stata favorita ed influenzata dalla scoperta (*discovery*) che l'esistenza dei due eteri può essere invocata per spiegare una varietà di fenomeni che vanno dalla legge della rifrazione alla legge sui rapporti volumetrici delle combinazioni gassose, ed infine « *for several cases of the association of particular crystal forms with particular chemical groupings* ». Chiarisce a questo punto (p. VII) che la pubblicazione del 1883 è stata solo una anticipazione e non conteneva « *the fundamental theories at the root of the author's system* », e preannuncia per un prossimo futuro di portare « *further evidence in favour of his theory, based upon the phenomena of crystallization, of meteorology etc.* ». Ed è fuori dubbio che abbia mantenuto l'impegno nell'ambito della struttura dei cristalli poiché nei suoi lavori, almeno fino al 1897, è agevole rintracciare alcune idee centrali di questo libro anche quando esso non venga esplicitamente citato.

Nel discorso razionale di Barlow la struttura cristallina è quindi un caso particolare, un esempio adatto ad illustrare la struttura della materia pensata come progressiva condensazione di due fluidi eteri. Dopo aver esaminato le modalità attraverso cui un processo di tal genere può raggiungere condizioni di equilibrio, Barlow passa ad esaminare la natura del *symmetrical arrangement* risultante. E' qui che la teoria generale viene riferita al caso particolare della simmetria nei cristalli. In realtà la corrispondenza è realizzata addirittura come identità testuale

tra pp. 11-12 di questo capitolo e la p. 4 del lavoro pubblicato [8] nel gennaio 1886. Mentre il libro è privo di immagini, l'articolo ne è particolarmente ricco e riporta alcune delle figure già apparse in quello del 1883 [7].

La classificazione della simmetria interna dei cristalli

I risultati di Bravais suggerivano che la immensa variabilità dei cristalli poteva essere ricondotta ad un numero definito e prevedibile di distribuzioni elementari di punti. Il successivo passo avanti in questa direzione (1867-1869) viene ascritto [13] a merito del matematico Camille Jordan (1838-1922) che, attraverso l'analisi dei gruppi di movimento, definiva i tipi di ripetizione di un sistema rigido realizzabili nello spazio, evidenziando come le varie parti costitutive di una struttura sono messe in relazione tra loro dalle operazioni di simmetria. Leonhard Sohncke (1842-1897) utilizzò questo risultato per sviluppare una prima teoria della struttura cristallina (1879). Successivamente Pierre Curie (1859-1906) introdusse tra i movimenti le ripetizioni per immagini speculari e dedusse le 32 possibili classi di simmetria (1884). Tra il 1889 e il 1891 il problema venne trattato in termini generali ed in modo indipendente da Arthur Schoenflies (1853-1928) e da Engraf S. Fedorov (Fyodorov, 1853-1919). Essi giunsero con metodi differenti a dimostrare che tutte le possibili strutture cristalline sono riconducibili a 230 gruppi spaziali ripartiti nelle 32 classi definite da Pierre Curie.

Barlow si cimentò con il problema in modo autonomo. Muovendo dalle strutture a simmetria minima verso quelle di grado più alto, ottiene i risultati di Sohncke (1879) e mette in evidenza che i 65 insiemi di punti da questi costruiti non sono sovrapponibili alla loro immagine speculare. Mediante operazioni di simmetria costruisce i restanti 165 gruppi spaziali, giungendo per via diversa [14] agli stessi risultati di Schoenflies e di Fedorov. Per molti aspetti questo deve essere considerato il suo lavoro fondamentale, al quale farà più volte riferimento. In esso sono citate, oltre al libro di Sohncke, che per vari aspetti è il suo punto di partenza, anche le memorie di Bravais (1850) e di Jordan (1867). Dal punto di vista del linguaggio adotta molti termini e definizioni di Sohncke. Al termine *assemblage* Barlow fa qui corrispondere *Haufen gleicher Kationenkugeln*, oppure *Kugelhäufen* insieme, o schiere, di sfere eguali, tali che i loro centri costituiscono un sistema di punti o di punti-massa. Un confronto, anche sommario, con i lavori del 1883-86 mette in evidenza il lungo cammino che Barlow ha percorso e la coscienza da lui acquisita di essere ormai un membro della comunità scientifica internazionale che lavora sui problemi della struttura cristallina.

Una manifestazione indiretta di questa nuova condizione la si coglie nel lavoro [15] che un giovane matematico di Oxford pubblica per fornire agli studiosi un quadro esatto dei risultati relativi ai 230 gruppi spaziali e mettere a confronto le notazioni dei vari autori. Egli riferisce sui riscontri compiuti, dà le correzioni, mette in evidenza differenze e coincidenze, offrendo a tutti coloro che sono interessati alle teorie sulla struttura cristallina uno strumento di lavoro

dove ciascuno dei protagonisti riceve il riconoscimento dovuto. Barlow è tra essi. Nel febbraio 1902, data dall'articolo, a circa 57 anni, egli è pubblicamente segnalato, unico inglese, nel ristretto gruppo dei fondatori della cristallografia teorica.

4. LA RELAZIONE TRA STRUTTURA CRISTALLINA E STRUTTURA MOLECOLARE

La collocazione della chimica nel lavoro di Barlow del 1897

La lettura della ponderosa memoria che Barlow pubblicò nel 1897 [6] con il titolo: « Ricerca per via geometrica su una causa meccanica della struttura e della simmetria, con speciale applicazione ai cristalli ed alla combinazione chimica », dà per molti aspetti l'immagine di un autore nel pieno della propria maturità scientifica, che rivede le proprie idee (quelle espresse negli anni 1883-86) [7, 8, 10] sul problema della struttura della materia. L'indagine che ha svolto seguendo la via geometrico-sperimentale lo ha condotto al successo (1894) nella definizione dei 230 gruppi spaziali [14]. Non sembra avere dubbi sul fatto che la strada che ha preso sia quella giusta. La relazione è redatta come una dettagliata ricostruzione delle deduzioni che ha potuto fare sperimentando con sfere di materiali diversi e di dimensioni differenti, tali che con « *their power of expansion and contraction under change of conditions, and their faculty of attachment to form groups* » consentano di imitare « *to some extent the different kind of aggregation of the ultimate parts of matter* ». Il criterio fondamentale (*foundation stone*) è la ricerca dei modi di aggregazione « *which fulfil the condition of closest-packing* ». I risultati così ottenuti « *will be compared with various phenomena of crystallization, chemical isomerism, chemical combination, diffusion* ».

Solo le ultime trenta pagine della memoria affronteranno problemi che i chimici considerano attuali in quel tempo, la stereochimica e gli isomeri. Ma l'atteggiamento è quello distaccato di chi vede tali problemi nei loro termini più generali, ed offre differenti interpretazioni dei fenomeni attorno a cui lavorano con metodi (le rappresentazioni grafiche) che al geometra sperimentale Barlow appaiono incerti e mal fondati.

La prima presentazione orale di questo suo lavoro venne fatta da Barlow alla riunione ordinaria della *Physical Society* a Londra il 12 marzo 1897. La notizia, con un ampio riassunto ed i brevi sommari di quattro interventi, si trova nel *Chemical News* della settimana seguente [17]. Una successiva lettura è quella che ne fece il 16 giugno alla Royal Society di Dublino, la stessa che poi pubblicò il manoscritto nella parte VI dei *Proceedings*, il 20 dicembre 1897. Quindi il lavoro fu conosciuto in quell'anno da alcuni ambienti scientifici inglesi interessati all'argomento. Una maggiore conoscenza, a livello della comunità cristallografica internazionale, fu infine resa possibile dalla versione tedesca, pubblicata [18] l'anno successivo sulla rivista di cui Groth era l'autorevole direttore.

Il contesto delle discussioni tra cristallografi e chimici

L'idea che dovesse esservi una relazione tra il volume molecolare ed i parametri reticolari è intuitivamente recepita già nei lavori di Bravais [2]. Nello stesso presupposto si possono collocare anche i lavori di Groth [3].

Un notevole passo avanti venne fatto nel 1894 quando apparvero due lavori [19, 20] che, prescindendo dalla nomenclatura adottata, proponevano indipendentemente una teoria che, supponendo il volume molecolare proporzionale al volume reticolare, permetteva di calcolare [13] « *the distances between the centre of adjacent physical molecules or structural units in the three axial directions* ».

Definito il volume molecolare V in termini di *topische Axenverhältnisse* o di *molecular distances ratios* χ, ψ, ω , in forma generale si trova $V = \chi\psi\omega \sin\beta \sin\gamma \sin\theta$, essendo $\sin\theta$ una funzione degli angoli α, β e γ . Nei sistemi in cui $\alpha = \beta = \gamma = 90^\circ$ si ha

$$\chi = (a^2 V/c)^{1/3}, \quad \psi = (V/ac)^{1/3}, \quad \omega = (c^2 V/a)^{1/3}.$$

Conoscendo il peso molecolare M della sostanza, la densità d del cristallo, ed i rapporti $a:b:c$ è possibile calcolare da $V = M/d$ i rapporti di distanza molecolare nelle direzioni degli assi reticolari.

Il risultato venne ritenuto significativo per valutare l'attendibilità delle ipotesi che potevano essere formulate sulla posizione relativa degli atomi molecolari nel reticolo. La teoria era quindi una via di accesso alla conoscenza della organizzazione delle molecole dentro il cristallo. Di fatto essa riusciva utile per identificare con certezza le relazioni di isomorfismo, anche se questo era ormai di modesta rilevanza come strumento di indagine nell'ambito della chimica. Il risultato appariva importante sia ai cristallografi che ritenevano di possedere una via di accesso indipendente ai problemi dell'organizzazione atomica e molecolare nei solidi, sia ai chimici che ritenevano la cristallografia un mezzo adeguato per risolvere alcuni problemi della struttura molecolare. Tra questi troviamo William J. Pope i cui interessi di ricerca erano in quegli anni nella stereochimica e nella cristallografia. Nel 1901, dopo essere stato per alcuni anni capo del dipartimento di chimica di un importante College di provincia, veniva nominato professore nella Municipal School of Technology della Victoria University di Manchester, dove restò fino al 1908, quando fu chiamato all'Università di Cambridge.

I lavori di Barlow e Pope nel periodo 1906-1910

La teoria dei volumi di valenza

La prima delle quattro memorie, tutte pubblicate sul giornale della Chemical Society, espone [21] una teoria che ha come obiettivo di collegare struttura chimica e struttura cristallina e di chiarire la natura della valenza. Partendo da

una « *very simple fundamental conception as to the nature of the environment of the atoms in a chemical molecule* » accettabile al chimico ed applicando ad essa i metodi della cristallografia è possibile porre in termini quantitativi la relazione tra « *chemical constitution and crystalline form for any compound substance* » ed anche interpretare la valenza come una « *simple volume relation* ».

Gli autori osservano che i cosiddetti *topic axial ratios* delle sostanze cristalline, χ, ψ, ω , non hanno aiutato finora a rivelare le relazioni tra forma cristallina e costituzione molecolare. Essi propongono quindi di modificare quella teoria con una ipotesi nuova prendendo come riferimento « *the portion of space allotted to a univalent atom present in the molecule* », definendo cioè un volume caratteristico dell'unità di valenza. Su questa base il volume occupato dalla molecola, che è la « *sum of the volumes of the component spheres of atomic influence* » diventa la somma delle valenze degli atomi costituenti la molecola, somma cui viene dato il nome di *valency volume* W . Le dimensioni molecolari sono quindi correlate ai tre assi reticolari (a, b, c) tramite tre *equivalence parameters*, (χ, ψ, ω) direttamente proporzionali ai rapporti topici assiali (χ, ψ, ω) attraverso il fattore $(W/V)^{1/3}$.

Come primo esempio di applicazione Barlow e Pope propongono i cristalli ortorombici di quattro *esa-alogenoderivati* dell'etano, e quelli monoclini del pentabromo-etano. Mentre i primi danno parametri omogenei tra loro, per allineare con gli altri il pentabromoetano occorre operare una trasposizione degli assi reticolari: da $a:b:c=0,8353:1:0,5655$, $\beta=111^{\circ}5'$, si passa a $a':b':c'=0,5660:1:1,5590$ con $\beta'=91^{\circ}19'$. Tutti ovviamente hanno lo stesso volume di valenza $W = (4 \times 2 + 6) = 14$, mentre cambia il volume molecolare.

Tale operazione, fatta per rendere conforme l'insieme di dati riferibili ad una « *series of related compounds* », può non essere sufficiente poiché talvolta occorre prendere un multiplo od un sottomultiplo dei rapporti (a/b) oppure (c/b). Questo viene giustificato con il fatto che « *the axial ratios themselves are arbitrarily fixed* », mentre la scelta del fattore moltiplicativo intero o frazionario corrisponde alla necessità di portare « *into congruence* » i parametri di equivalenza di sostanze correlate strutturalmente.

Barlow e Pope riescono ad organizzare i risultati di un notevole numero di sostanze cristalline: derivati della canfora; alcuni silicati minerali; sali di vario tipo; il benzene e diversi composti aromatici. Con l'insieme di questi dati essi ritengono di aver confermato la tesi secondo cui la « *sfera di influenza di ciascun atomo in un determinato composto* » occupa un volume proporzionale alla valenza.

Il valore esplicativo della teoria dei volumi di valenza

Nella seconda memoria [22], partendo dalla teoria svolta, prendono in esame i cristalli di « *all those substances composed of atoms of the same fundamental valency* » per i quali esistono dati goniometrici adeguati. Dopo aver richiamato i risultati del lavoro di Barlow dal 1883 al 1897, vengono esaminati i casi degli elementi, dei composti binari, e tra essi anche i triagenieri dei metalli alcalini.

Da ultimo trattano il caso dei sali di ammonio, facendoli rientrare nelle regole da essi enunciate. Secondo queste il cloruro di ammonio corrisponde ad un reticolo cubico di cloruro di potassio nel quale gli atomi, $4K$ e $4Cl$, distribuiti in ordine alternato sui vertici, sono sostituiti rispettivamente da $(4NH)$ e da $(4(3H+Cl))$. Barlow e Pope aggiungono questo commento: « *it must be remembered that this is a mere geometrical device and does not necessarily indicate any attachment of the atoms to form a molecular aggregate* ».

La terza memoria [23] esamina i casi di dimorfismo, e più in generale di polimorfismo, nell'intento di sottoporre la teoria ad un controllo, mostrandone la capacità di spiegare fenomeni diversi da quelli sui quali si era basata la sua originaria formulazione.

La quarta infine [24] si cimenta con i problemi che si pongono per composti del carbonio nei quali, ai vincoli della composizione e della forma cristallina, si devono aggiungere quelli derivanti dalla distribuzione tetraedrica degli atomi legati all'atomo di carbonio e dalle conseguenze stereochimiche che ne discendono. Barlow e Pope riescono a trovare la soluzione dei problemi affrontati e finanche a dare una immagine della organizzazione atomica nei composti accilenici capace di offrire un suggerimento per il meccanismo della loro trasformazione in composti aromatici.

L'accoglienza alla teoria dei volumi di valenza e la posizione personale di Barlow

Nel trattato di cristallografia già citato [13] A.E.H. Tutton espone (1911) la teoria dei volumi di valenza, che denomina di « *Pope and Barlow* » e rileva [25] che a « *considerable amount of evidence has already been presented in support of this theory* ». Un successivo commento nel capitolo conclusivo del trattato dedicato ai cristalli liquidi, fa riferimento alla ipotesi della « *molecular directive force* » proposta per spiegare tali nuovi fenomeni, e rileva che la forza derivante « *from the electronic corpuscles composing the atoms* », è proprio del tipo richiesto dalla teoria di « *Pope and Barlow connecting crystalline form with chemical valency* ». Tutton sottolinea poi il rapporto tra questa *interesting* teoria e quella da lui proposta (*topical ratios*) [20] e si augura che le ricerche sui cristalli liquidi offrano ad essa qualche sostegno.

L'inversione operata da Tutton del nome di Barlow rispetto all'ordine occupato nelle memorie originali è certo una indicazione del prestigio acquisito da Pope nella comunità scientifica del suo paese. E' ovvio che il suo trasferimento da Manchester a Cambridge nel 1908 va posto in relazione anche all'accoglienza fatta ai lavori [21, 22] del 1906 e 1907. Ma è fuori dubbio che la stessa comunità apprezzasse anche il valore del contributo dato da Barlow. Questo venne espresso con la proposta di elezione a *Fellow* della *Royal Society*. Redatta il 20 dicembre 1906 essa fu firmata da otto *Fellows* che dichiarano di conoscerlo personalmente e da altri tre che sottoscrivono la proposta « *from general knowledge* ». Letta nella seduta del 17 gennaio 1907, venne sospesa (secondo la prassi) e tale restò fino alla data dell'elezione, 8 maggio 1908 [26].

5. LA FASE DI TRANSIZIONE 1912-1914

Le critiche alla teoria dei volumi di valenza

Accolta inizialmente con favore da quei chimici che consideravano lo studio morfologico dei cristalli uno strumento rilevante per collegare le caratteristiche strutturali delle sostanze solide alle loro proprietà molecolari, la teoria dei volumi di valenza viene sottoposta ad un esame critico [27] da Thomas V. Barker, giovane studioso del Dipartimento di mineralogia dell'Università di Oxford. Punto di partenza delle sue osservazioni è l'isomorfismo che sussiste tra sostanze come ad esempio $KClO_3$, $BaSO_4$ e KBF_4 (cristalli ortorombici) « *which have no similarity as expressed by the old constitutional formulae* ». Barker intende provare che la struttura di valenza ad esse attribuita è in errore, essendo convinto che le loro « *crystallo-physical properties demand the same arrangement* » degli atomi nello spazio reticolare.

Egli procede perciò ad esaminare la applicabilità delle teorie meccaniche della struttura cristallina in casi in esame (ben 10 serie di sostanze cristalline isomorfe) con caratteri simili a quelli sopra esemplificati. Le teorie proposte da William J. Sollas tra il 1898 e il 1908 e da Barlow e Pope nel 1906-1910 differiscono radicalmente tra loro nella trattazione dei rapporti volumetrici poiché la prima presuppone il *loose packing* e la seconda il *closest packing* delle parti costitutive. Tuttavia esse non offrono la possibilità di discriminare tra i modelli delle strutture di valenza poiché ciò che considerano è il volume complessivo della molecola e non quello di un particolare atomo. Nel compiere questa analisi Barker dedica ben 5 pagine alla teoria di Barlow e Pope e fa su di essa due osservazioni molto rilevanti. Egli mostra che l'ipotesi di invarianza del volume di valenza è insostenibile e suggerisce agli autori di considerare che « *great difficulties stand in the way of a general application of their valency volume theory to inorganic compounds* ». Per le sostanze organiche i risultati potrebbero essere non probanti, essendo nel loro caso possibile che « *valency volumes may happen to be proportional to atomic volumes* ». (Questa circostanza è vicina al vero se si prendono come base i raggi di van der Waals di carbonio e idrogeno negli idrocarburi [28]).

La critica svolta nell'anno successivo da Theodore W. Richards (1868-1928) prende le mosse da una teoria, detta degli atomi comprimibili, da lui stesso proposta per spiegare soprattutto la contrazione dei volumi atomici degli elementi quando passano dallo stato libero a quello combinato. Di fatto tale critica è centrata sul caso delle sostanze organiche [29], anche se considera il caso di alcuni cristalli inorganici. Egli trova inaccettabile che, per esempio, nell'interpretare l'impacchettamento cristallino dei derivati bromobenzenici, per mantenere fisso il rapporto 1:4 tra i volumi di valenza di idrogeno e carbonio, i volumi atomici di questi due atomi debbano quasi raddoppiare. La tesi di Richards è che i volumi atomici e quelli molecolari (deducibili dal rapporto tra peso atomico, o peso molecolare, e densità della sostanza) siano un dato fisico oggettivo, risultante da interazioni tra atomi: assumere che essi siano proporzionali alla valenza è insostenibile. I dati sperimentali che Barlow e Pope ritengono di sostegno alla loro

ipotesi non sono discriminanti: i volumi molecolari degli idrocarburi C_nH_{2n+2} possono venir calcolati sia con i volumi atomici in rapporto 1:4, come ritenuto da Barlow e Pope, sia cambiando tale rapporto in 1:2. Un'altra difficoltà sollevata da Richards concerne l'introduzione di fattori moltiplicativi (interi o frazioni) nel rapporto $a:b:c$ degli assi reticolari, fattori scelti in modo da ottenere regolarità sequenziali tra i cristalli di sostanze simili. Dopo l'esame dei dati che tale artificio mette in accordo con la teoria di Barlow e Pope, Richards osserva: « *I am more inclined to believe that the outcome gives evidence of the efficiency of the mathematical methods in hiding real differences in crystal forms.* »

La polemica in difesa della teoria dei volumi di valenza

Le osservazioni di Barker non ebbero da Barlow e Pope una risposta pubblica, cioè sulla rivista che le aveva pubblicate. Ciò dipese probabilmente dal fatto che la sostanza delle critiche (corpose e puntuali) assumeva una forma assai cortese: il suggerimento agli autori ad esaminare le difficoltà che limitavano la validità generale della loro teoria, seguito da un apprezzamento per l'interpretazione delle sostanze isomorfe come isomeri geometrici originati dalla disposizione delle molecole nel cristallo.

Alle critiche di Richards viene risposto con una lunga memoria [30] che apparirà nell'anno successivo sullo stesso Giornale della Società Chimica Americana, seguita da una replica di Richards e da un brevissimo commento conclusivo di Barlow e Pope. Ne esamineremo i punti essenziali. Ritenendo che alla base delle critiche di Richards vi sia un fraintendimento della loro teoria, Barlow e Pope iniziano la risposta [30] facendone un riepilogo esplicativo. E' interessante che in questo preambolo essi facciano riferimento alla condizione cristallina come « *equilibrium arrangement of the block of Boscosicilian points exercising identical mutual influence.* Non manca una frecciata nei confronti di ciò che Richards aveva indicato come la teoria degli atomi comprimibili: « *we do not know what theory, as distinct from our own, he can have in mind.* ». Punto cardine della loro risposta è invece l'affermazione che essi non hanno inteso proporre una teoria fondata su una « *mere plausible working hypothesis* », ma dedurre una legge (*the valency volume law*) basata sulla interpretazione dei fatti. Le memorie pubblicate da Barlow e Pope vengono indicate come una raccolta delle osservazioni sui cristalli che sono conformi a tale legge. E' in questo quadro di conformità che debbono essere collocate le osservazioni fatte da altri autori e quelle che essi stessi aggiungono nella parte conclusiva della loro risposta.

Nella sua replica Richards [30] sottolinea che egli ha cercato di costruire un quadro di insieme che comprendesse non solo i fenomeni cristallini ma anche altre proprietà (punti di fusione, tensione superficiale, compressibilità, coefficienti di dilatazione) al fine di giungere ad una conoscenza più definita delle forze che collegano gli atomi nelle molecole e le molecole tra loro. Rileva poi che la teoria di Barlow e Pope si pone invece da un punto di vista puramente geometrico e che di fatto la loro memoria del 1906 [21], in rapporto alle osservazioni sopra

ricordate, si riporta alla memoria di Barlow del 1897 [6]. Il giudizio di Richards su questo lavoro è netto e ne coglie il carattere essenziale: « *This paper... consists of a highly learned and ingenious deductive analysis of the arrangement of Bosovichian atoms in space* ». Secondo Richards le forze che entrano in gioco sono di natura diversa e la teoria del volume di valenza è inconciliabile « *with a broader view of the nature of solids and liquids and the mechanism of chemical change* ».

Nella breve nota [30] che conclude questa polemica Barlow e Pope, considerata l'inutilità di una ulteriore discussione, annotano: « *During the last year or two a method... has been developed by Laue and by W.H. and W.L. Bragg, which gives every promise of ultimately leading to very precise information concerning the arrangement of atoms in a crystalline structure* ».

La critica di Barlow al lavoro dei Bragg

Il riferimento al lavoro dei Bragg con cui Barlow e Pope concludono la polemica precedente appare una espressione più fiduciosa nei risultati a venire di quanto non emerga da una memoria [31] che Barlow comunicò appena pochi mesi dopo (giugno 1914) alla Royal Society. I rilievi che egli muove a Bragg figlio si rivolgono al lungo e fondamentale articolo [32] nel quale egli deduce le prime strutture cristalline basate sulla diffrazione dei raggi X. Punto di partenza della critica è questa frase scritta nelle pagine conclusive: « *A slight symmetrical distortion of the arrangement, which would reduce the crystal symmetry, would not affect any of the results which have been obtained here* ». La tesi che Barlow oppone a questa affermazione è che nei reticoli cubici esaminati da W. Lawrence Bragg sono possibili deformazioni che pur alterando profondamente la disposizione spaziale restano inavvertite nei risultati ottenuti mediante raggi X.

Bragg stesso riconosce [32] di lasciare aperti un certo numero di problemi circa la natura dei centri diffragenti. L'interpretazione dei risultati è fatta ritenendo che tali centri siano i singoli atomi disposti su un reticolo cubico a facce centrate, ipotesi che coincide con quella della teoria di « *Pope and Barlow* ». Questa è capace di spiegare in modo soddisfacente le immagini diffratte ottenute dai cristalli di NaCl, ZnS, KBr, KI. Vi sono difficoltà a far rientrare nello stesso schema anche quelle del KCl, più conformi ad un reticolo cubico semplice. Tuttavia la disposizione prevista dalla teoria di « *Pope e Barlow* » non sembra adeguata al caso della calcite e del fluoruro di calcio.

Nella conclusione del lavoro Bragg ringrazia il Professor Pope « *for his sympathetic interest and generous assistance* », una espressione che testimonia il cordiale rapporto tra il giovane studente *post-graduate* e l'affermato professore di chimica dell'università di Cambridge. L'atteggiamento paternalistico che traspare dallo stile della memoria di Barlow [31] contrasta con tale cordialità, e sembra tradire quanto meno la sensazione di essere stato messo da parte. Forse vi è in Barlow un certo risentimento nel vedere ignorati i propri lavori del 1883-86 nei quali per primo aveva proposto le tre possibili strutture cubiche

per i composti binari, un merito che lo stesso Lord Kelvin gli aveva riconosciuto [33].

W. Lawrence Bragg non darà mai risposta ai rilievi di Barlow. Circa un anno dopo il padre commenterà brevemente che l'obiezione di Barlow circa una deformazione della simmetria non rilevabile dai raggi X non è proponibile: vi sarebbe infatti un raddoppio della periodicità reticolare, rilevabile immediatamente dal dimezzamento del seno dell'angolo di emergenza dei raggi riflessi. Tale risposta è inserita *en passant* nel contesto di un articolo in cui espone la struttura dei cristalli del gruppo dello spinello, pubblicata nel *Philosophical Magazine* [34]. Dopo la critica di Barlow del 1914 passeranno ben nove anni prima che i Bragg pubblicchino (1923) un lavoro nei *Proceedings della Royal Society*. Una tale assenza appare significativa quando si consideri che dall'aprile al dicembre 1913 essi avevano inviato a tale rivista ben otto delle loro memorie. E sembra parimenti significativo il fatto che la memoria di Barlow sia stata la prima e sia rimasta l'unica delle sue pubblicazioni sulla rivista della Royal Society.

6. L'EPILOGO

La prima critica sistematica alla teoria dei volumi di valenza venne pubblicata da T.V. Barker [35] nel 1915, poco più di due anni dopo le prime osservazioni [27]. Evidentemente egli aveva continuato a lavorare sull'argomento, conosceva la polemica dei proponenti con Richards, e soprattutto possedeva la competenza per una analisi dettagliata degli aspetti cristallografici e chimici su cui la teoria stessa era stata fondata. Nella prima parte dell'articolo Barker esamina il ragionamento che Barlow e Pope hanno svolto per dedurre la « legge dei volumi di valenza »: il rapporto tra questa legge ed il principio del « *closest packing* » non risulta chiaro perché i dettagli dati dagli autori non sono sufficienti. Nella seconda parte, dove sono analizzati i metodi adottati per controllare la validità della legge, Barker mette in evidenza diverse carenze metodologiche. I fondatori della teoria ed i loro sostenitori « *do not make a practice* » di determinare la densità delle sostanze cristalline di cui misurano le caratteristiche gonimetriche, sicché è spesso impossibile stabilire se sia costante, o come varia, il rapporto tra volume molecolare e volume di valenza. La scelta arbitraria delle direzioni assiali a , b , c ed il procedimento aritmetico adottato (moltiplicazione dei rapporti a/b , c/b , per fattori interi variabili tra 1 e 5) sono sottoposti ad un test molto critico. Il numero delle scelte possibili è così elevato che si può sempre trovarne una soddisfacente: nel caso di cristalli rombici almeno tre delle 2166 possibilità permettono di correlare i cristalli del benzene con quelli della bauxite, BaSO_4 , mentre è ovvio che le due sostanze non hanno relazioni di natura chimica.

Nella terza parte Barker fissa alcuni criteri cristallografici ed in base ad essi esamina singolarmente un certo numero di casi esemplari riferibili ai diversi sistemi di simmetria. L'evidenza proposta a sostegno della teoria dei volumi di valenza si riduce allora a soli 5 casi accettabili rispetto al centinaio di sostanze esaminate.

In conclusione: « *the theory has so far received no general crystallographic support* ».

La critica decisiva fu pubblicata da Tutton circa due anni dopo [36]. Si trattava di una ricerca sui cristalli isomorfi dei solfati di potassio, di rubidio, di cesio e di ammonio, la cui struttura era esaminata mediante i raggi X. Tale esame era stato condotto, come riferisce Tutton, « *in the Laboratory of Prof. W.H. Bragg* » da due collaboratori [37] che al termine del lavoro ringraziano Tutton per i cristalli da lui stesso prestati. La lettura di questi lavori e la loro sequenza temporale mostra che la demolizione della teoria dei volumi di valenza fu certamente sostenuta dai Bragg, anche se non è possibile affermare che ne furono i promotori.

La memoria di Tutton [36] esordisce con una rassegna dei lavori precedenti, suoi e di altri, sottolineando che Barlow e Pope avevano fatto riferimento ai medesimi cristalli (escluso $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$) già nel loro primo lavoro [21]. Rileva poi una *illogicità* (testuale) nella più recente pubblicazione di Barlow [38] che, pur riconoscendo il significato delle dimensioni molecolari come emergono dai nuovi risultati, cerca di interpretarne le variazioni in base ai parametri della propria teoria. Riferisce infine le critiche mosse da Richards [29, 30] e da Barker [35], e, ricordando che Barlow e Pope avevano espresso [30] la speranza che la diffrazione dei raggi X potesse portare un chiarimento nel merito, passa ad esporre i risultati ottenuti. Questi confermano i *topic axial ratios* che Tutton aveva dedotto nel 1903 dalle misure goniometriche, mentre i volumi reticolari ora determinanti rendono « *obvious that the valency volume theory does not represent a law of nature* ».

La lettura dei lavori e delle vicende dei protagonisti di questa storia negli anni 1910-1916 quali emergono dalle cronache degli eventi scientifici pubblicate su *Nature*, su *Chemical News* e nei *Proceedings* della Società Mineralogica britannica, lascia emergere un intreccio di rapporti personali che sarebbe fuori luogo esaminare in questa sede. L'impressione è che vi sia stata nei confronti di Barlow qualche animosità. Ma era inevitabile che al declinante ruolo della cristallografia morfologica si accompagnasse una perdita di prestigio dei suoi protagonisti. Dal 1916 fino all'anno della sua morte, 1934, Barlow pubblicò un proprio lavoro nel 1923 e collaborò ad un altro con H.E. Armstrong nel 1928. E' probabile che Barlow stesso abbia distrutto il proprio archivio personale poiché pochissimo è stato ritrovato [9] che documenti i rapporti, certamente numerosi, che egli ebbe con la comunità scientifica del proprio tempo.

RINGRAZIAMENTO: L. Paoloni desidera esprimere la propria gratitudine al Dr. James A. Secord e al Dr. Norman Smith per la cortese accoglienza ricevuta e per l'aiuto nel reperimento di testi e documenti conservati presso il Department of Humanities, Imperial College, London University.

BIBLIOGRAFIA E NOTE

- [1] Per una rassegna dei contributi dai secoli XVI in poi vedere: C.J. SCHIEER, *Crystal Form and Structure*. Dowden, Hutchinson & Ross, Inc., Stroudsburg, Pa, USA, 1976. Part. I.
- [2] A. BRAVAIS, *Études Cristallographiques*, Gauthier-Villars, Paris 1866. Il volume è una raccolta, pubblicata dopo la morte dell'Autore, a cura di L. Elie de Beaumont (1798-1874), delle memorie concernenti i fondamenti geometrici della cristallografia. Le citazioni nel testo sono tratte dalle pp. 196-197 e 200-202.
- [3] P. GROTH: Ueber Beziehungen zwischen Krystalform und chemische Constitution bei einigen organischen Verbindungen. (*Poggendorfs Annalen der Physik u. Chemie*, vol. 141 (1870), pp. 31-43). Citazioni da pp. 31-32.
- [4] E.G. COX, D.W.J. CRUICKSHANK, J.A.S. SMITH: The crystal structure of benzene at -3°C . *Proceedings, Royal Society*, vol. 247 (1958), pp. 1-21.
- [5] D.F. MELLOR: *The evolution of the atomic theory*. Elsevier Publishing Co., Amsterdam 1971. Citazione da p. 160.
- [6] W. BARLOW: A mechanical cause of homogeneity of structure and symmetry geometrically investigated: with special application to crystals and to chemical combination. *Scientific Proceedings, Royal Dublin Society*, vol. 8 (1897), part. VI, pp. 527-690.
- [7] W. BARLOW: Probable nature of the internal symmetry of crystals. *Nature*, vol. 29 (1883), pp. 186-188 e 205-207.
- [8] W. BARLOW: A theory of the connection between the crystal form and the atom composition of chemical compounds. *Chemical News*, vol. 53 (1886), pp. 5-6 e 16-19.
- [9] William Barlow (1845-1934). a) W.J. FOX: *Journal of the Chemical Society*, vol. 135 (1934), pp. 1328-1330. Lo stesso testo è apparso in *Obituary Notices of the Fellows of the Royal Society*, vol. 1 (1935), pp. 367-370. b) W.T. HOLSER: *Dictionary of Scientific Biography*, vol. 1, pp. 460-463.
- [10] W. BARLOW: *New theories of matter and force*. Sampson Low, Marston, Seattle and Rivington, London 1885, pp. XII + 595.
- [11] Non può che trattarsi della *Encyclopaedia Britannica* IX Edizione del 1875, poiché quella precedente, del 1853, sarebbe inadeguata al contenuto di alcune voci, in particolare *Electricity e Chemistry*, come riflesse nel testo. La successiva è del 1902.
- [12] Non è stato possibile rintracciare un libro con tale titolo, ma solo l'opera *New Chemistry*, di Josiah P. Cooke, (1827-1894), professore di Chimica e Mineralogia alla Harvard University. L'VIII edizione, del 1884, è pubblicata a Londra, da Kegan Paul, Trench & Co. La prima era stata del 1874.
- [13] A.E.H. TUTTON: *Crystallography and Practical Crystal Measurements*. MacMillan & Co., London 1911, Cap. IX.
- [14] W. BARLOW: Ueber die geometrischen Eigenschaften homogener Strukturen und ihre Anwendung auf Krystalle. *Zeitschrift für Krystallographie*, vol. 23 (1894), pp. 1-63.
- [15] H. HILTON: A comparison of various notations employed in «Theories of Crystal Structure» and a revision of the 230 groups of movements. *Philosophical Magazine*, [6] vol. 3 (1902), pp. 203-212.
- [16] W. BARLOW: On homogeneous structures and the symmetrical partitioning of them, with applications to crystals. *Mineralogical Magazine*, vol. 11 (1896), pp. 119-136.

- [17] Il riassunto, pubblicato in *Chemical News*, vol. 75 (1897), pp. 140-141, è redatto con linguaggio così accurato che è ragionevole supporre ne sia autore lo stesso Barlow.
- [18] W. BARLOW: Geometrische Untersuchung über eine mechanische Ursache der Homogenität der Structure und der Symmetrie; mit besonderer Anwendung auf Krystallisation und chemische Verbindung. *Zeitschrift für Krystallographie*, vol. 29 (1898), pp. 455-588. La traduzione è indicata come eseguita da Johannes Stark (1874-1957) di München.
- [19] W. MUTHEMANN: Beiträge zur Volumtheorie der Krystallinerten Körper. *Zeitschrift für Krystallographie*, vol. 22 (1894), pp. 497-551.
- [20] A.E.H. TUTTON: Connection between atomic weight of contained metals and the crystallographical characters of isomeric salts. A comparative study of the normal sulphates of potassium, rubidium and caesium. *J. Chemical Society*, vol. 65 (1894), pp. 628-717.
- [21] W. BARLOW e W.J. POPE: A development of the atomic theory which correlates chemical and crystalline structure and leads to a demonstration of the nature of valency. *J. Chemical Society*, vol. 89 (1906), pp. 1675-1744. Citazione da p. 1675, 1680.
- [22] W. BARLOW e W.J. POPE: The relation between the crystalline form and the chemical constitution of simple inorganic substances. *J. Chemical Society*, vol. 9 (1907), pp. 1150-1234. Citazione da p. 1207.
- [23] W. BARLOW e W. POPE: On polymorphism, with especial reference to sodium nitrate and calcium carbonate. *J. Chemical Society*, vol. 93 (1908), pp. 1528-1560.
- [24] W. BARLOW e W. POPE: The relation between the crystal structure and the chemical composition, constitution, and configuration of organic substances. *J. Chemical Society*, vol. 97 (1910), pp. 2308-2388.
- [25] Opera citata in rif. 13, cap. XXXIII e cap. LV. Citazione da p. 542 e p. 933.
- [26] Il certificato di elezione si trova legato nel vol. XII (1896-1910), foglio 258.
- [27] T.V. BARKER: Studies in chemical crystallography. Part. I. Co-ordination, Isomorphism, and Valency. *J. Chemical Society*, vol. 101 (1912), pp. 2484-2502. Citazioni da p. 2489, 2492, 2494, 2498.
- [28] Usando i valori tabellati da L. Pauling e P. Pauling: *Chemistry*, W.H. Freeman e Co, San Francisco, 1975, p. 184, $R_H = 110$ pm, $R_C = 160-170$ pm, si calcola il rapporto tra i volumi 1 : 3,7.
- [29] T.W. RICHARDS: The chemical significance of crystallin form. *J. American Chem. Society*, vol. 35 (1913), pp. 381-396. Citazione da p. 293.
- [30] W. BARLOW, W.J. POPE: The chemical significance of crystalline form. T.W. RICHARDS: Further remarks concerning the chemical significance of crystalline form. *J. American Chem. Society*, vol. 36 (1914), pp. 1673-1686; 1686-1694. Citazioni da p. 1677, 1680, 1688. W. BARLOW, W.J. POPE: Additional note, pp. 1694-1695.
- [31] W. BARLOW: On the interpretation of the indications of atomic structure presented by crystals when interposed in the path of X-rays. *Proceedings, Royal Society*, vol. 91 (1914), pp. 1-16.
- [32] W.L. BRAGG: The structure of some crystals as indicated by their diffraction of X-rays. *Proceedings, Royal Society*, vol. 89 (1914), pp. 248-277. Citazione da p. 275.
- [33] W. THOMSON: Molecular constitution of matter. *Proceedings of the Royal Society of Edinburgh*, vol. 16 (1889), pp. 693-724. Vedi pp. 712-715.
- [34] W.H. BRAGG: The structure of the spinel group of crystals. *Philosophical Magazine*, vol. 30 (1915), pp. 305-315.
- [35] T.V. BARKER: The valency volume theory. *J. Chemical Soc.*, vol. 107 (1915), pp. 744-773.

- [36] A.E.H. TUTTON: X-ray analysis and topic axes of the alkali sulphates, and their bearing on the theory of valency volumes. *Proceedings, Royal Society*, vol. 93 (1917), pp. 72-89. Citazioni da p. 89.
- [37] A. Oso, F. Lloyd Horwood: A critical test of the crystallographic law of valency volumes; a note on the crystalline structure of the alkali sulphates. *Philosophical Magazine*, vol. 32 (1916), pp. 518-523.
- [38] W. Bartow: Crystallographic relations of allied substances traced by means of the law of valency volumes. *Mineralogical Magazine*, vol. 13 (1916), pp. 314-323.

Il problema della "Moltiplicazione"
della Legge del Volume Valenziale

Trattasi di un problema di grande importanza per il campo di indagine sopra

accennato, e che, come si è visto, ha una certa importanza anche per la chimica in generale. Il problema si pone in modo particolare per le sostanze che presentano un certo numero di "atomi" di valenza diversa, e per le quali la legge del volume valenziale non è applicabile in modo diretto. In questi casi, si può dire che la legge del volume valenziale si applica in modo indiretto, e che il suo campo di applicazione si estende a tutte le sostanze che presentano un certo numero di "atomi" di valenza diversa, e per le quali la legge del volume valenziale non è applicabile in modo diretto.

Il problema si pone in modo particolare per le sostanze che presentano un certo numero di "atomi" di valenza diversa, e per le quali la legge del volume valenziale non è applicabile in modo diretto. In questi casi, si può dire che la legge del volume valenziale si applica in modo indiretto, e che il suo campo di applicazione si estende a tutte le sostanze che presentano un certo numero di "atomi" di valenza diversa, e per le quali la legge del volume valenziale non è applicabile in modo diretto.

Il problema si pone in modo particolare per le sostanze che presentano un certo numero di "atomi" di valenza diversa, e per le quali la legge del volume valenziale non è applicabile in modo diretto. In questi casi, si può dire che la legge del volume valenziale si applica in modo indiretto, e che il suo campo di applicazione si estende a tutte le sostanze che presentano un certo numero di "atomi" di valenza diversa, e per le quali la legge del volume valenziale non è applicabile in modo diretto.

Il problema si pone in modo particolare per le sostanze che presentano un certo numero di "atomi" di valenza diversa, e per le quali la legge del volume valenziale non è applicabile in modo diretto. In questi casi, si può dire che la legge del volume valenziale si applica in modo indiretto, e che il suo campo di applicazione si estende a tutte le sostanze che presentano un certo numero di "atomi" di valenza diversa, e per le quali la legge del volume valenziale non è applicabile in modo diretto.

Il problema si pone in modo particolare per le sostanze che presentano un certo numero di "atomi" di valenza diversa, e per le quali la legge del volume valenziale non è applicabile in modo diretto. In questi casi, si può dire che la legge del volume valenziale si applica in modo indiretto, e che il suo campo di applicazione si estende a tutte le sostanze che presentano un certo numero di "atomi" di valenza diversa, e per le quali la legge del volume valenziale non è applicabile in modo diretto.

FABIO BEI (*)

Il « Chemical Manipulation » nell'opera di Michael Faraday (**)

Faraday's « Chemical Manipulation » as An Example of His Working Style.

ABSTRACT. — M. Faraday published his "Chemical Manipulation" in 1827 and the book was dedicated to students and young chemists. In his text he did not intentionally make any reference to the "principles of science", his aim being to help the acquisition of manipulative abilities which were prerequisite to the understanding and development of Chemistry. This position has not to be taken as a mistrust of Faraday toward theories, especially Dalton's, but rather a commitment to keep facts and theories apart; at the same time, he placed his experience at everyone's disposal in times when chemists did the major part of their research with apparatuses made by themselves. In this paper only a few sections of the book will be examined, those which give more than others an idea of Faraday's working style.

Mi propongo di dare, attraverso questa breve relazione, un contributo alla conoscenza di ciò che è stata l'opera di Faraday in quel periodo della sua vita nel quale si può dire che la sua attività fosse prevalentemente di carattere chimico. Tale periodo inizia nel 1813, con il suo ingresso nella Royal Institution, quale assistente di laboratorio di Humphry Davy, e termina attorno al 1827, quando Faraday ha ormai raggiunto una completa indipendenza ed autonomia.

La grande personalità scientifica ed umana di Faraday ha fatto sì che numerosi studi sono stati effettuati sulla sua opera e sulle sue concezioni; numerose sono state anche le biografie, alcune dal titolo molto evocativo, quali « Faraday as a discover » di Tyndall [1] o « Faraday, man of simplicity » di Kendall [2].

Nella sostanza di questi lavori però, ciò che emerge è un ritratto di un Faraday eminentemente fisico e ciò che viene messo in risalto della sua opera è la sua concezione fisica del mondo naturale, l'unitarietà delle sue vedute

(*) Laboratorio di Didattica delle Scienze, Università « La Sapienza », Roma.

(**) Relazione presentata al II Convegno Nazionale di « Scienza e Fondamenti della Chimica » (Roma, 16-19 settembre 1987).

circa i poteri e le forze che governano la materia, la sua idea della conservazione della energia. Ma, come molti altri fisici, Faraday fu inizialmente un chimico. A questa parte della sua attività sono stati dedicati peraltro molti lavori (3, 4, 5): oltre alle informazioni che possiamo ritrovare nei testi di storia della Chimica, numerose sono state le rievocazioni effettuate in occasione di particolari ricorrenze e quindi il ricordo storico del contributo che Faraday diede alla Chimica è stato ben analizzato (6, 7, 8, 9).

Le fonti alle quali lo storico di Faraday ricorre sono, in generale, le monumentali « *Experimental Researches in Electricity* » [10] e le « *Experimental Researches in Chemistry and Physics* » [11], che sono raccolte della sua produzione scientifica, il carteggio che egli intratteneva con numerosi scienziati, il suo diario e le sue meticolose note di laboratorio. Ma Faraday profuse un grande impegno anche nella attività didattica e di divulgazione: oltre ad essere insegnante di Chimica alla Royal Institution ed al Collegio militare di Woolwich, egli aprì le porte della Istituzione ad un più vasto pubblico dando impulso alle conferenze del Venerdì sera e tenendo ininterrottamente, per molti anni, le lezioni per i giovani, che possiamo ritrovare nell'incantevole volumetto « *Storia chimica di una candela* » [12]. L'unico testo di Chimica che Faraday scrisse, e che non sia stato una raccolta della sua produzione scientifica, rimane comunque il « *Chemical Manipulation* », edito nel 1827 [13].

Ho ritenuto di dover analizzare questa opera, sia perché in genere essa è poco ricordata, se non con poche righe, anche negli studi sull'attività chimica di Faraday, che per l'obiettivo, già evidente nel titolo, di mettere a disposizione di un pubblico più vasto le tecniche che devono essere conosciute per poter eseguire correttamente le operazioni chimiche ed intraprendere l'attività sperimentale.

Per inquadrare il testo di Faraday nell'ambito della sua attività di quegli anni, esaminiamo a grandi linee quella che fu la sua produzione in questo primo ciclo della sua attività scientifica. Entrato nella Royal Institution come addetto al laboratorio, alla pulizia degli strumenti e della collezione mineralogica, in una posizione quindi assolutamente marginale, Faraday, in pochi anni, divenne prima Assistente e poi Direttore del Laboratorio di Chimica. Tra i numerosi lavori di questo periodo possiamo rilevarne alcuni particolarmente significativi, quali quelli relativi alla clorurazione degli idrocarburi, nei quali egli fece uso dei raggi solari per ottenere la reazione, quelli relativi alla condensazione del gas, ottenuta con una tecnica semplice quanto geniale, che segnano uno dei punti di confine tra Chimica e Fisica; quelli che portarono alla scoperta del butilene e del benzene, che aprirono la strada a settori tanto importanti sia nella Chimica organica che industriale; infine quelli relativi alla solfonazione della Naftalina, altrettanto importanti come risultati, in quanto per la prima volta permisero la solubilizzazione in fase acquosa di una grande classe di sostanze altrimenti insolubili. Oltre a questo non si possono non menzionare le ricerche che egli effettuò sulle leghe acciaiuse, che aprirono la strada a quella che sarà la produzione degli acciai inossidabili e speciali e quella sui vetri pesanti, al borosilicato di piombo, che lo condussero successivamente alla scoperta della deflessione della luce polarizzata in un campo magnetico forte. Non dobbiamo quindi giungere al 1834, anno nel quale

formulò le leggi sulla elettrolisi, per avere una idea di quanto fu grande il contributo di Faraday alla scienza chimica [11]. Né possiamo dimenticare lo stato problematico nel quale questa si dibatteva: la teoria daltoniana stentava ad affermarsi, l'ipotesi di Ampère ed Avogadro era poco conosciuta se non osteggiata, la distinzione tra atomo e molecola non ancora operante.

In questo scenario la figura di Michael Faraday si era comunque affermata come quella di un grande chimico e grande sperimentatore. Egli non era sostenitore della teoria atomica: gli atomi di Dalton erano stretti per quella che si prefigurava essere la sua concezione e delle forze della natura: l'originalità del suo pensiero, l'uso ardito che egli faceva della intuizione della simmetria delle leggi della natura e che gli permise di intersecare e correlare tra loro fenomeni e forze ritenute tra loro distinte ed estranee, gli faceva risultare più consona altre ipotesi che alcuni studiosi riconoscono in quella degli atomi « puntuali » di Bosovich [14, 15, 16].

Seppur con tali potenti strumenti tecnici Faraday non tralasciò mai una metodica frequentazione del laboratorio, né di utilizzare il proprio talento naturale per la sperimentazione al fine di moltiplicare i fatti conosciuti, separare e ricomporre le variabili che potevano influenzare il comportamento dei sistemi materiali e da questi aprire sempre nuove direzioni alle sue ricerche.

La sua grande produttività non ci deve quindi far pensare che egli, in base ad una grande padronanza di tecniche sperimentali, riuscisse a collezionare moltissimi nuovi fatti; dobbiamo invece ritenere che in lui siano state miracolosamente miscelate creatività di pensiero e capacità sperimentali tali da metterlo sempre in grado di falsificare o convalidare le sue ipotesi.

Alcune frasi, tratte dalla introduzione al « Chemical Manipulation » possono essere esemplificative del suo modo di procedere:

« Si può sostenere senza paura di esagerare, che i nove decimi dei fatti sui quali la Chimica è fondata sono dovuti all'arte; senza la massa di chiarimenti che la mano dell'uomo è riuscita a produrre, questa scienza non esisterebbe. Sebbene essa non sia basata unicamente sull'esperienza, essa si fonda essenzialmente sui suoi risultati » e ancora: *« Colui che può solo concepire, senza conoscere i metodi di operare, si troverà nella impossibilità di estendere le sue conoscenze o di dare loro uno scopo utile »* [17]. Ne risulta l'alto valore che egli riconosce al ruolo della sperimentazione nelle scienze della natura ed in particolare nella Chimica.

Ma, sempre nella introduzione, possiamo riconoscere le preoccupazioni di Faraday nella sua veste di insegnante:

« Durante il corso delle nostre esperienze, come professore di Chimica nella Royal Institution, noi abbiamo intuito quanto sia importante l'insegnamento pratico della Chimica; ed è l'attuale insufficienza di mezzi necessari per procurarsi tali conoscenze che ci ha fatto pensare che potremmo rendere realmente un servizio riunendo in una sola opera tutte le conoscenze sparse su questo argomento » [18].

E forse il ricordo della propria esperienza personale, quando il suo primo approccio con la Chimica avvenne sfogliando i testi che gli passavano per le mani quando, ragazzo, lavorava presso un rilegatore londinese, lo induce a considerare

che: « ... tra la grande moltitudine di persone che sono interessate ad avere qualche conoscenza della Chimica, ve ne sono molto poche che possono partecipare alla istruzione pratica » [19].

Sempre nella introduzione dichiara, con toni leggermente polemici, che: « Sebbene la manipolazione sia frequentemente considerata come obiettivo secondario, ciò nondimeno è di alta importanza nella scienza sperimentale, ed ancora più specialmente nella Chimica... e vi sono, anche in fatto di manipolazione, tante di quelle cose che possono essere insegnate che sembra straordinario (assurdo) che nessuno dei numerosi trattati che esistono sulla Chimica siano stati dedicati a questo argomento » [20].

Ma la sua polemica diventa più puntuale quando, dopo aver ricordato che il libro non è destinato a rimpiazzarne alcuno ma solo a fornirne un utile complemento e che non si pretende affatto di inculcare i « Principi della Scienza » Faraday dichiara: « Noi consideriamo gli "Elements de Chimie" come il trattato che contiene le migliori istruzioni generali; ciò nondimeno tutti gli studenti che lo hanno consultato, lo hanno trovato lontano dall'essere sufficiente alle loro esigenze » [21].

Faraday si riferisce evidentemente alla terza parte del Trattato, quella dedicata alla « Descrizione degli apparecchi e delle operazioni manuali della Chimica », nella quale Lavoisier, con cura ed abilità, illustra la parte sperimentale e nella quale ha impegnato la moglie per i numerosi disegni delle apparecchiature. Non è tanto una critica ad omissioni o incompletezze nella descrizione di apparati o metodi, cosa che Faraday, come Lavoisier, è ben conscio che possa avvenire e della quale avverte il lettore, quanto di una diversa valutazione del ruolo della parte manipolativa ed empirica che Faraday riconosce nella introduzione di Lavoisier; dice infatti quest'ultimo: « Non è stato senza intenzione che non mi sono soffermato in precedenza, nelle prime due parti dell'opera, sulle operazioni manuali della Chimica. Mi sono accorto infatti, in base alla mia esperienza personale, che descrizioni minuziose, dettagli di procedimenti e spiegazioni di tavole mal figurerebbero in un'opera di ragionamento teorico, che esse interromperebbero il corso delle idee e renderebbero la lettura dell'opera fastidiosa e difficile... Ho preso, in seguito a queste riflessioni, la decisione di riservare ad una terza parte la descrizione sommaria di tutti gli apparati e di tutte le operazioni materiali che hanno rapporto con la Chimica elementare » [22]. Lavoisier è impegnato in una svolta metodologica di portata rivoluzionaria e subordina quindi la conoscenza degli strumenti alla conoscenza dei nuovi principi della Chimica; per Faraday invece la Chimica è una scienza di fatti. Dalla prima frase dell'introduzione leggiamo: « La Chimica è una scienza sperimentale, poiché i fatti stanno nello stesso tempo alla base dei suoi risultati ed alla dimostrazione dei suoi principi ed è a loro che è costantemente necessario appellarsi » [23]. Nel suo percorso conoscitivo Faraday ha bisogno di fatti, ma, non potendosi limitare ai fenomeni naturali, che mostrano uno « stato di cose vicino all'inerzia » [23], deve poterli moltiplicare: per questo l'abilità manipolativa è strumento potente nelle mani dell'uomo e capace di produrre essa stessa nuove conoscenze.

Durante questi anni, dal 1816 al 1830, il contenuto dei lavori di Faraday è essenzialmente di natura pratica, se non in qualche occasione addirittura professionale; non troviamo alcuna traccia di considerazioni teoriche. Ma la speditezza delle sue ricerche fanno pensare che in lui la concezione e la realizzazione dell'esperienza non sono momenti separati e che proprio da ciò nasce la possibilità di una pianificazione del lavoro che ne assicura una così alta produttività. Nel 1827 Faraday pubblica il suo libro. Il suo intento non è di dare descrizioni sommarie, ma di far conoscere, per quanto possibile, tutte le apparecchiature ed i principi sulle quali sono costruite in modo tale da far acquisire a chi lo legge padronanza nell'eseguire le operazioni chimiche, capacità di supplire a ciò che eventualmente manca e abitudine mentale di ordine e di economicità.

Ho ritenuto giusto provare a commentare brevemente l'introduzione, ma permettetemi di farlo, a titolo esemplificativo, anche per qualche capitolo: le sezioni 1, 20, 21, dedicate al laboratorio ed alle regole generali per la sua tenuta e la sezione 22, dedicata all'uso della scala degli equivalenti di Wollaston; in queste sezioni potremo infatti ritrovare alcune caratteristiche dello stile di lavoro di Faraday e le condizioni generali nelle quali si esercitava l'attività sperimentale chimica.

Nel primo capitolo l'autore propone la descrizione di un *Laboratorio* di media grandezza, ma già dopo la lettura di alcuni paragrafi si ha la sensazione che egli voglia proporre un piano per la sua realizzazione; questo impulso si ritrova e permea tutto il testo in quanto obiettivo di Faraday è quello di mettere il lettore, anche quello completamente digiuno di manipolazioni, in grado di realizzare o perlomeno di intravedere la possibilità di realizzazione di tutto ciò che viene man mano descritto.

L'immagine del laboratorio che possiamo trarne risente del fatto che Faraday, ricercatore solitario, concepisce il laboratorio come luogo personale. Esso avrà quindi le dimensioni all'incirca di 24 x 18 piedi (50 mq circa), a meno che non sia destinato all'insegnamento (allora dovrà essere un po' più esteso per ospitare due o tre persone). Possibilmente a piano terra, perché in questo modo il riempimento dell'acquasoia, la rimozione dell'acqua sporca, l'approvvigionamento del carbone saranno più facili. A questo primo ambiente, fornito di tavoli, armadi, scaffali ed altre suppellettili dovranno essere contigui altri due: uno, esente dall'umidità, per ospitare la bilancia, il bagno pneumatico, la macchina elettrica, le bottiglie di Leyda e altri strumenti delicati; un terzo ambiente invece sarà destinato agli oggetti grossolani quali i mattoni, le tegole, la sabbia etc. Dovranno esserci diversi camini disposti ad una certa distanza uno dall'altro, per le varie operazioni che si vogliono eseguire e per consentire una adeguata areazione dell'ambiente; ciò è facile da realizzare se il laboratorio è da costruire ex-novo, ma, nel caso ci si debba adattare ad un ambiente già destinato ad altro uso, si potranno addurre i diversi condotti a quello principale. Non importa molto che il laboratorio riceva luce dalle finestre o da un lucernale; l'importante è che esso sia ben illuminato perché, ricorda Faraday, i raggi solari sono uno strumento potente per indurre le trasformazioni chimiche, quantunque, avverte scru-

polosamente, se è vero che quando si lavora al tavolo, al forno o al bagno di sabbia è più comodo avere la luce dall'alto, quando si eseguono i saggi per via umida, una leggera opalescenza o un'intorbidamento della soluzione possono essere più facilmente rivelati accostandosi alla luce laterale della finestra [24].

L'uso della *percezione sensoriale* è costantemente proposto ed incoraggiato da Faraday per adottare rapidamente decisioni in questa o quella situazione: il suono che fa il collo di vetro di un pallone quando è percosso con un bastoncino di legno ci può dire se si è fissato o se ha perso in qualche suo punto l'aderenza; per liberarlo ci vengono proposti sei metodi, ma se il tappo non cede con nessuno dei sei è meglio abbandonare perché il rischio che si corre è superiore al valore che si vuol recuperare. Così sarà il suono più chiaro ad indicarci se abbiamo purificato sufficientemente il mercurio del bagno pneumatico dal piombo e dallo stagno, secondo il metodo di Priestley [25]. Non dovranno mancare però, perché potrebbero essere necessari, « una incudine, due o tre martelli di cui uno per i saggi mineralogici, forbici, giraviti, cesoie, anelli, lime mezzetonde o piatte, triangoli, raspe mezzetonde, piatte e a coda di topo, tenaglie, cazzuole, un saldatore con i suoi utensili, un vaso di colla, una sega per tagliare i mattoni teneri e un cavaturaccioli ». Ma tutto ciò e tutti gli altri oggetti di uso chimico, che Faraday descrive con dovizia di particolari, non completerebbero il laboratorio se sul tavolo, accessibile e ben in vista, non fosse poggiato il registro di laboratorio, con penna ed inchiostro, perché le annotazioni delle esperienze dovranno essere prese subito, al momento, non alla fine della giornata di lavoro, quando la memoria potrebbe non portare più soccorso per rimuovere eventuali dubbi [26].

Voglio infine fare un breve commento alla sezione XXII, dedicata all'uso della scala degli *equivalenti di Wollaston*, strumento al quale Faraday attribuisce grande importanza in quanto costantemente impiegato. Dopo aver ricordato che esso è costituito da un regolo con cursore, sul quale sono riportate le divisioni ed i nomi delle sostanze chimiche, Faraday mette in rilievo i tre punti sui quali la scala è costituita: 1) l'invariabilità delle proporzioni nelle combinazioni chimiche, 2) il potere equivalente delle quantità che entrano in combinazione, 3) le proprietà della scala logaritmica.

Poiché non è scopo dell'opera fornire i principi della chimica, basterà dire che la determinazione degli equivalenti chimici, o numeri equivalenti, è fornita direttamente dall'esperienza. Negli esempi che seguono la parola più ricorrente è appunto numero equivalente. Ogni possibile enunciazione teorica è accuratamente evitata; piuttosto è meglio ricordare che le scale sono costruite su carta o su legno per cui, oltre all'inesattezza che può esistere sulla assegnazione del numero equivalente, sarà necessario tenere presente quella dovuta alle variazioni igrometriche o alle deformazioni meccaniche e, per conseguenza, quando si avrà bisogno di una esattezza rigorosa, sarà necessario ricorrere al calcolo [27].

Edito nel 1827, il libro ebbe tre ristampe, fino al 1847 e fu tradotto in tedesco e francese; quest'ultima versione porta la data del 1827, la stessa della edizione inglese, a testimonianza del prestigio già raggiunto da Faraday.

Testo di chimica pratica elementare ma ricchissimo di informazioni e det-

tagli, articolato in XXIII Sezioni e 1284 paragrafi, dedicato a coloro che intendevano avere un primo contatto con la chimica o approfondirne la conoscenza, ha come appendice un corso di esperienze istruttive (esercitazioni), a testimonianza di una sentita esigenza didattica.

In esso appare inoltre sia l'impegno severo a non confondere, all'interno dei percorsi conoscitivi i fatti con le idee, che il generoso tentativo di mettere a disposizione la propria grande esperienza in un periodo in cui, a differenza che in epoche successive, i chimici lavoravano con apparecchiature e dispositivi che spesso dovevano costruire da soli per le ricerche che intendevano svolgere.

Esso è ora un originale documento di letteratura scientifica, potendosi trovare, in ogni suo paragrafo, il ricordo di un metodo sperimentale adottato o dei dettagli delle operazioni, concepite e realizzate nella loro forma più semplice ed efficace.

Con quest'opera, che attraverso la posizione dell'autore può essere presa come indicatrice di un problematico ma ricchissimo momento storico della Chimica, la manipolazione viene elevata alla dignità di una disciplina che deve essere insegnata ed appresa e il cui spirito resta valido tuttora.

BIBLIOGRAFIA

- [1] TYNDALL J., *Faraday as discoverer*. Londra 1869.
- [2] KENDALL J., *M. Faraday, man of simplicity*. Londra 1955.
- [3] NEWELL L.C., *Faraday's Discovery of Benzene*. «J. Chem. Ed.», 3, 1248-1253 (1925).
- [4] NEWELL L.C., *Faraday's Contribution to Chemistry*. «J. Chem. Ed.», 8, 1492-1521 (1931).
- [5] WOLTER H., *Service rendu par Michel Faraday à la science chimique*. «Revue des questions scientifiques», 14, 359-380 (1967).
- [6] HELMHOLTZ H., *On the Modern Development of Faraday's Conception of Electricity*. «J. Chem. Soc.», 39, 277-304 (1881).
- [7] FURK J.W., *Faraday as Chemist*. «Nature», 115, 1002-1009 (1925).
- [8] ARMSTRONG H.E., *The Faraday Benzene Centenary*. «Nature», 115, 1010-1013 (1925).
- [9] COHEN E., *Faraday and His Contemporaries*. «Nature», 115, 1014-1016 (1925).
- [10] FARADAY M., *Experimental Researches in Electricity*. Londra 1839.
- [11] FARADAY M., *Experimental Researches on Chemistry and Physics*. Taylor & Francis, Londra (1859).
- [12] FARADAY M., *La storia chimica di una candela*. Roma 1982, Istituto della Enciclopedia Italiana.
- [13] FARADAY M., *Manipulations chimiques*. Traduzione dall'inglese di Maisieu e Bossy, Paris 1827.
- [14] WILLIAMS L.P., *Faraday and the Structure of Matter*. «Contemporary Physics», 2, 93-105 (1960).
- [15] WILLIAMS L.P., *The Physical Sciences in the First Half of the Nineteenth Century: Problems and Sources*. «History of Science», 1, 1-15 (1962).
- [16] BRIGGS SPENCER J., *Boscovich's Theory and its Relation to Faraday's Researches: An Analytical Approach*. «Arch. Hist. Ex. Sci.», 4, 184-202 (1967).
- [17] *Op. cit.* in [13], introd. pag. 11-13.
- [18] *Op. cit.* in [13], introd. pag. 19.
- [19] *Op. cit.* in [13], introd. pag. 19.
- [20] *Op. cit.* in [13], introd. pag. 19-20.
- [21] *Op. cit.* in [13], introd. pag. 20.
- [22] LAVOISIER A., *Traité élémentaire de chimie*. I Tomo, Partie III, pag. 245. Imprimerie impériale, Parigi 1868.
- [23] *Op. cit.* in [13], introd. pag. 9.

- [24] *Op. cit.* in [13], Sez. I, pag. 1-5.
- [25] *Op. cit.* in [13], Sez. XX, pag. 187.
- [26] *Op. cit.* in [13], Sez. XXI, pag. 191.
- [27] *Op. cit.* in [13], Sez. XXII, pag. 210-214.

Rendiconto di un'inchiesta sul lavoro (1924-1925)
Esposizione generale e conclusioni

Cattedra di Economia Sociale (1924-1925) - Istituto Nazionale di Studi e Ricerche Economiche
di via Po, 12 - Roma

Il lavoro, che costituisce il mezzo di vita per tutti, è il centro di ogni attività economica e sociale. È il motore di ogni progresso e di ogni benessere. È il fondamento di ogni civiltà e di ogni cultura. È il mezzo di ogni comunicazione e di ogni collaborazione. È il mezzo di ogni sviluppo e di ogni progresso. È il mezzo di ogni vita e di ogni movimento.

Il lavoro, che costituisce il mezzo di vita per tutti, è il centro di ogni attività economica e sociale. È il motore di ogni progresso e di ogni benessere. È il fondamento di ogni civiltà e di ogni cultura. È il mezzo di ogni comunicazione e di ogni collaborazione. È il mezzo di ogni sviluppo e di ogni progresso. È il mezzo di ogni vita e di ogni movimento.

CONCLUSIONI

Il lavoro, che costituisce il mezzo di vita per tutti, è il centro di ogni attività economica e sociale. È il motore di ogni progresso e di ogni benessere. È il fondamento di ogni civiltà e di ogni cultura. È il mezzo di ogni comunicazione e di ogni collaborazione. È il mezzo di ogni sviluppo e di ogni progresso. È il mezzo di ogni vita e di ogni movimento.

Il lavoro, che costituisce il mezzo di vita per tutti, è il centro di ogni attività economica e sociale. È il motore di ogni progresso e di ogni benessere. È il fondamento di ogni civiltà e di ogni cultura. È il mezzo di ogni comunicazione e di ogni collaborazione. È il mezzo di ogni sviluppo e di ogni progresso. È il mezzo di ogni vita e di ogni movimento.

Roma, 15 maggio 1925.
L'Autore, Prof. G. Ferrero.

FRANCO CALASCIBETTA (*)

**Reazioni di ossidazione-riduzione (1880-1915).
Espedienti formali e referenti materiali (**)**

Oxidation-Reduction Reactions (1880-1915). Formal Meaning and Actual Mechanism in the Balancing Methods.

ABSTRACT. — In the first part of this paper the great changes in the meaning of the terms oxidation and reduction introduced in the years between 1880 and 1915 by the theory of electrolytic dissociation, by the first electron theories of valence and by the Lewis theory are reported. Subsequently some of the several methods of balancing redox equations which were proposed as the oxidation and reduction concepts evolved are considered.

All these methods had not only a formal meaning at the beginning, but were intended to describe the actual mechanism of oxidation-reduction reactions and referred to species believed to exist in the course of the reaction (nascent hydrogen or oxygen, multicharged ions, electrons and so on). As a consequence the balancing methods were selected not only because convenient but rather because consistent with the physical model adopted to explain the process considered. A method was therefore dropped as soon as the physical interpretation to which it was related proved to be insufficient to describe the phenomenon.

INTRODUZIONE

In questa comunicazione analizzerò il profondo mutamento di significato che hanno subito i termini di ossidazione e riduzione negli anni a cavallo tra il XIX e il XX secolo, mettendo in risalto come queste variazioni di significato abbiano influenzato il problema didattico del bilanciamento delle equazioni chimiche, che è stato sempre affrontato scegliendo di volta in volta il metodo di bilanciamento sulla base della sua congruenza con il modello fisico utilizzato per la descrizione del fenomeno.

(*) Dipartimento di Chimica - Università «La Sapienza» - Roma.

(**) Relazione presentata al II Convegno Nazionale di «Storia e Fondamenti della Chimica» (Roma, 16-19 settembre 1987).

IL PROBLEMA DEI TERMINI

All'inizio del periodo considerato (intorno al 1880), ossidazione e riduzione hanno essenzialmente il significato di addizione e sottrazione di ossigeno. In realtà ciò è solo parzialmente vero per il termine riduzione che presenta per tutto il XIX secolo un significato più ampio, non limitato alla sottrazione di ossigeno, come possiamo vedere, ad esempio, dalla definizione riportata sull'Enciclopedia di Chimica scientifica e industriale curata da F. Selmi del 1876 [1]:

« per riduzione si intende quel complesso di reazioni mediante le quali si toglie ad un composto, in parte o in tutto l'elemento negativo, ed anche talvolta gli si aggiunge dell'elemento positivo... La corrente elettrica, l'idrogeno nascente, l'acido solforoso ecc. sono tra i mezzi più consueti per conseguire l'effetto ».

Per ossidazione invece il significato è più limitato e coincide con quello di addizione di ossigeno, come possiamo vedere di nuovo dalla definizione riportata sempre nell'Enciclopedia di F. Selmi [2]:

« si intende generalmente per ossidazione l'atto della combinazione dell'ossigeno cogli altri elementi. Atto questo che si può produrre direttamente coll'ossigeno libero su un elemento oppure indirettamente mediante una sostanza molto ossigenata (ossidante), che cede parte o tutto il suo ossigeno all'elemento da ossidarsi ».

A volte apparentemente il termine è usato in senso più vasto. Ad esempio in un testo di Chimica Analitica del 1880 [3] a proposito dell'azione ossidante del cloro si afferma:

« Le chlore libre et le chlore des hypochlorites... oxydent le protochlorure de fer... Dans le cas où l'on a affaire à de l'eau de chlore, l'oxydation du protochlorure de fer est mise en évidence par l'équation suivante:



La spiegazione di ciò può essere trovata nel fatto che l'ossigeno, pur non presente inizialmente come reagente, viene considerato un intermedio della reazione considerata. Fra i molti esempi in tal senso possiamo citare un testo di Chimica Generale del 1874 [4] in cui sempre a proposito delle proprietà del cloro si afferma:

« C'est par cette raison [la grande affinité con l'idrogeno] que le chlore a la propriété d'enlever à l'eau l'hydrogen qu'elle contient... et de mettre en liberté le gaz oxygène; d'autres fois, l'action est plus profonde, et cet oxygène, au lieu de se dégager... se combine lui-même à quelque substance mise en présence pour la transformer en un produit oxygéné plus stable: c'est ainsi que le chlore change... les sels de protoxyde de fer en sel de sesquioxide ».

Il significato dei due termini cambia con l'imposti della teoria della dissociazione elettrolitica di Arrhenius (1887), nell'ambito della quale diventa usuale considerare la presenza in soluzione di ioni. La riduzione ad esempio da un sale ferrico ad un sale ferroso è vista semplicemente come il passaggio dallo ione

Fe^{+3} a Fe^{+2} . Tali processi mantengono tuttavia la stessa denominazione che avevano precedentemente. Tra i primi testi in cui troviamo questa nuova definizione di ossidazione e riduzione, si può citare il testo di Fondamenti di Chimica Analitica di Ostwald [5], ma lo stesso approccio è presente anche in testi di Chimica Fisica della fine del XIX secolo [6-7].

Nell'edizione del 1900 del testo di Chimica Inorganica di Ostwald [8], l'autore, dopo aver introdotto nel II volume le nuove definizioni di ossidazione e riduzione, ricondotte « à des variations dans la charge des ions », mostra come in un caso particolare (l'esposizione di una soluzione di un sale ferroso all'aria) effettivamente la ossidazione $\text{Fe}^{+2} \rightarrow \text{Fe}^{+3}$ avviene per una reazione con l'ossigeno e conclude:

« ... pour des raisons devenues maintenant historiques, la Chimie a donné autrefois une importance particulière à ces cas spécial, et s'en est inspiré pour le choix du nom général ».

Per una definizione delle ossidazioni e riduzioni in termini di acquisto o cessione di elettroni occorre arrivare alle teorie elettroniche della valenza, che si sviluppano nei primi anni del '900.

Una definizione formale di tale tipo si trova ad esempio in un articolo di H.S. Fry del 1915 [9], in cui anzi l'autore considera l'effettivo trasferimento di cariche elettriche, nel corso di una reazione di ossido-riduzione, una giustificazione sperimentale alla ipotesi della concezione elettronica di valenze positive e negative.

Falk ed altri, in un articolo del 1913 [10], definiscono la valenza di un elemento come:

« the number of corpuscles (negative electrons) an atom of that element loses or gains to form chemical bonds »

e quindi in tale concezione le ossido-riduzioni sono concepite come « changes in the electrical state of certain definit atoms ». In tale articolo si trova esplicitamente la proposta di utilizzare il nuovo termine « adduzione » per definire la perdita di cariche negative da parte di un atomo o la crescita nel numero di cariche positive, includendo in tale termine le reazioni di ossidazione, clorurazione ecc., dal momento che tale processo non è appunto limitato a reazioni che coinvolgono l'ossigeno. Un altro problema di terminologia è sollevato dagli autori in quanto i termini adduzione e riduzione (che viene mantenuto) si riferiscono in realtà rispettivamente alla diminuzione e all'aumento del numero di cariche negative e ciò potrebbe sembrare contraddittorio. I due termini comunque vengono conservati per non introdurre parole del tutto nuove per classificare tali fenomeni.

La difficoltà a descrivere tutti i legami chimici in termini di acquisto e cessione di elettroni e la presentazione, sul finire del periodo da noi considerato, della teoria di Lewis del 1916 [11] porteranno negli anni immediatamente successivi a nuove definizioni delle reazioni di ossido-riduzione comprendenti non solo l'acquisto o la cessione di elettroni da parte di un elemento ma anche la vicinanza della coppia di elettroni di legame ad un atomo piuttosto che all'altro. Più oltre le ossido-

riduzioni saranno viste in maniera del tutto formale, pura classificazione utile, ma priva di un reale significato fisico, e saranno definite come variazioni del numero di ossidazione di un elemento. Questo viene calcolato a sua volta secondo regole pratiche, indipendenti da ogni considerazione riguardante il numero di elettroni effettivamente acquistati o ceduti. È interessante notare come una tale posizione venga assunta da Lewis già nel 1913 [12]. Egli definisce appunto ossidazione e riduzione di un elemento « an increase and a decrease of its polar number », definizione che permette di affrontare tutti i casi di ossido-riduzione. L'autore mette in risalto come il sistema funzioni ugualmente bene se si scelgono valori di « polar number » del tutto arbitrari, per cui:

« non-polar compounds may be treated provisionally as polar, and fictitious polar numbers may be assigned without leading to any false conclusions ».

METODI DI BILANCIAMENTO

Tale variazione progressiva del significato attribuito ai termini di ossidazione e riduzione influenza il parallelo evolversi dei metodi pratici di bilanciamento delle equazioni chimiche. I mutamenti di significato sono però così rapidi che, anche a causa di un ovvio ritardo nella traduzione didattica dei risultati della ricerca, è abbastanza frequente trovare sui testi di scuola superiore e universitari descrizione delle reazioni di ossido-riduzione che fanno riferimento a spiegazioni fisiche del fenomeno decisamente antiquate per il periodo considerato. Il problema del bilanciamento delle equazioni chimiche viene comunque sollevato solo verso gli ultimi decenni del secolo scorso. Fino al 1880 circa, non si fa alcun cenno al problema della determinazione dei coefficienti, che derivano direttamente dai pesi equivalenti di reagenti e prodotti e sono quindi fissati sperimentalmente. Evidentemente però, all'aumentare del numero di equazioni chimiche proposte nei testi, anche elementari, di Chimica, nasce il problema di trovare un metodo per la determinazione dei coefficienti, senza presupporre il ricorso alla esperienza e senza ricorrere a sforzi mnemonici.

Metodo algebrico

Il primo metodo, riportato in letteratura, è il metodo algebrico, basato sulla legge di conservazione di massa di Lavoisier. Tale metodo viene proposto per la prima volta da J. Bottomley nel 1878 [13] e viene ripreso qualche anno dopo in numerosi testi di Chimica Generale. Ad esempio nel testo « *Leçons de Chimie* » di H. Gautier e G. Charpy del 1900 [14] troviamo l'applicazione del metodo riportata in Figura 1.

Questo metodo viene tuttavia messo da parte abbastanza presto e viene citato qualche decennio dopo a livello di « divertimento », di curiosità. Il suo uso viene comunque sempre sconsigliato, non perché non funzioni formalmente,

Les coefficients qui entrent dans les équations doivent être déterminés par l'expérience. L'analyse seule peut indiquer quelles sont les quantités des divers corps susceptibles de réagir mutuellement. Cependant, comme les poids des différents éléments doivent rester constants (13), on a ainsi une série de conditions qui suffisent, dans un grand nombre de cas, à déterminer quantitativement la réaction si l'on a effectué une analyse qualitative.

Par exemple, quand on met en présence du phosphore, de la potasse et de l'eau, il se produit du phosphure d'hydrogène et de l'hypophosphite de potassium. La réaction peut donc être représentée par l'équation



où x , y , z , u et v représentent les coefficients fournis par l'analyse quantitative; mais, si l'on écrit que le poids de chaque élément reste constant, on a les conditions suivantes :

Pour le phosphore.....	$x = u + v,$
Pour le potassium.....	$y = v,$
Pour l'hydrogène.....	$y + 2z = 3u + 2v,$
Pour l'oxygène.....	$y + z = 3v.$

Ces équations suffisent à déterminer les coefficients, de sorte que, dans le cas actuel, on peut se dispenser d'une analyse quantitative.

Il est d'ailleurs à remarquer que, le plus souvent, on ne pose pas ces équations et l'on déduit les coefficients d'un raisonnement très simple qui sera le suivant, pour le cas particulier que nous avons considéré. Une partie du phosphore employé se convertit en phosphure d'hydrogène par combinaison de P avec 3H, l'autre est transformée en hypophosphite de potassium par union de P avec KOH et OH (*). Or, si l'on considère l'eau comme formée de H + OH, pour obtenir PH³ il faudra, pour P, 3H provenant de 3H²O qui fourniront 3OH, lesquels exigeront 3KOH et 3P pour donner 3PO²H²K; on devra donc employer (3 + 1) de phosphore, 3 de potasse et 3 d'eau et l'on obtiendra 1 de phosphure d'hydrogène, en même temps que 3 d'hypophosphite de potassium. La formule cherchée sera, par conséquent, la suivante :

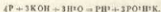


Fig. 1 - Esempio di applicazione del metodo algebrico per il bilanciamento di una equazione chimica [14].

ma essenzialmente perché puramente meccanico e non in grado di fornire informazioni sulla natura delle reazioni chimiche considerate.

Metodo delle equazioni parziali

Un altro metodo, ancora utilizzato nei primi anni del XX secolo, ma legato a concezioni ormai antiquate sulla natura ed il meccanismo delle ossido-riduzioni, è il cosiddetto metodo delle equazioni parziali. Esso può essere così schematizzato: si prendono due delle sostanze iniziali e si scrive una equazione parziale che includa almeno un prodotto effettivo della reazione. Si procede poi con altre reazioni parziali che, sommate, permettono di eliminare le sostanze che non siano gli effettivi prodotti della reazione. In Figura 2 è riportata una applicazione del metodo, ripresa da un testo del 1918 [15], dal quale il procedimento descritto appare ormai solo un espediente formale, senza nessun riferimento a un effettivo meccanismo di reazione. Questa suddivisione della reazione in parti è solo un « trucco » per semplificare il processo aritmetico di scrivere le equazioni (*).

Altri metodi simili, come il metodo delle anidridi, quello degli idruri e degli idrossidi sono ancora in uso ai primi del '900. Tutti questi procedimenti traggono comunque la loro origine da concezioni sulla natura delle sostanze in soluzione del tutto superate nel periodo in esame (formale dualistiche alla Berzelius, idrogeno ed ossigeno nascenti, ecc.). Il continuare a proporsi, anche solo come espedienti formali, viene sempre più considerato dannoso, soprattutto dal punto di vista didattico, in quanto ciò determina idee false e confuse sulla effettiva natura delle reazioni considerate. Tali metodi sono quindi abbandonati nel giro di pochi anni in favore di metodi che fanno invece riferimento alle nuove concezioni sulla struttura atomica e sulla natura del legame chimico.

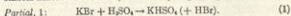
Metodi basati sulla concezione elettronica

Partendo dal concetto di valenza positiva o negativa, espressa come numero di elettroni perduti od acquistati da un atomo di un elemento in un composto, si arriva a una nuova definizione delle reazioni di ossido-riduzione in termini di elettroni scambiati. Il bilanciamento della equazione chimica rappresentante il processo si ottiene allora molto semplicemente imponendo che il numero di elettroni ceduti dal riducente sia uguale al numero di elettroni guadagnati dall'ossidante. Tale metodo ha come progenitore diretto quello introdotto da O.C. Johnson, un chimico analitico statunitense, con una breve nota pubblicata su « Chem. News » nel 1880 [17] (Figura 3). Il punto centrale è una definizione di sostanza ossidante, assai diversa e nuova per l'epoca, come una specie in grado

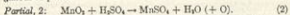
(*) Tuttavia tale premessa non impedisce all'autore, qualche pagina più avanti, di dare un significato materiale di meccanismo di reazione al set di equazioni parziali usato per bilanciare la reazione tra acido permanganico ed acqua ossigenata in ambiente acido [16].

Partial Equations, a Plan for Making Complex Equations.

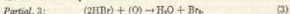
— When an equation involves *more than two* initial substances or products, as does the one given above for the first method of preparing bromine, it cannot readily be worked out by the method formerly recommended (p. 73). After the formulæ of all the substances, on both sides, have been set down, it is difficult to hit upon the proper numerical factors required to balance the equation. In such cases a good plan is to select *two* of the initial substances and make a **partial equation** showing part of the action and including at least one actual product. Any unused units (not constituting a product) are then set down also and treated as a balance. Thus the first two of the substances named will furnish potassium-hydrogen sulphate:



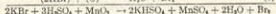
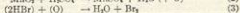
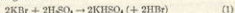
Similarly, the manganese dioxide and sulphuric acid will give manganese sulphate:



We then perceive that the bromine must come from the oxidation of the first balance by the second:



The third partial equation shows that 2HBr will be needed for the amount of O obtainable from MnO₂, so we go back to (1) and multiply it by two throughout:



When we now add the real substances used and produced, as they occur in these partial equations, and leave out the balances, which have been adjusted so as to cancel one another, we obtain the final equation for the action. It must be observed that this subdivision of the action into parts is a purely arithmetical device, used solely to simplify the arithmetical process of writing the equations, and is not intended to imply that the chemical change itself follows these or, indeed, any stages. It happens that the three partial equations we have used in this illustration all represent interactions which can take place separately. But the arithmetical value of the device does not depend upon this. The partial equations made for purposes like the present one are often purely fictitious. It is still true, however, that we are aided in the selection of partial actions at each step by following some plausible theory as to stages for the action which, if there were any, would be chemically conceivable.

THE CHEMICAL NEWS.

Vol. XLIII. No. 1979.

NEGATIVE BONDS, AND RULE FOR BALANCING EQUATIONS.

By OYEN COE JOHNSON.

PROF. HUGO SCHWARZ, in his new "Lehrbuch der Pharmazeutischen Chemie," gives a rule for the construction of chemical equations. His method depends upon algebraical principles, as does also that of James Bottanley, read before the Manchester Philosophical Society, February 19, 1877, and given in the CHEMICAL NEWS, vol. XXV, p. 110.

My method is a chemical one, and is derived directly from principles of oxidation. It is founded upon a system of negative bonds. I have used the term bond in a sense partially new, which can better be understood by the illustrations that follow than by any definition which can be framed.

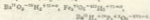
By the bonds of an element is meant the amount of oxidations it has sustained, or a bond is the measuring unit of oxidations.* The terms positive and negative are used not in an electrical, but in a strictly numerical sense. The bonds of an element may be ascertained with certainty by one of the following rules—

(1) Free elements have no bonds, and may be represented by zero, written thus—C⁰ or Cl⁰, S⁰, AT, &c.
(2) Hydrogen in combination has always one bond, and it is positive, written thus, H⁺.

(3) Oxygen in combination has two bonds, always minus, written thus, O⁻².

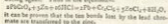
(4) The bonds of the metals in combination are usually plus. The most prominent exceptions are their combinations with hydrogen, Sb⁺³H⁺³, As⁺³H⁺³.

(5) The sum of the bonds of any compound is always zero. Thus, H⁺N⁺O⁻², that is, the H has one positive bond, the N five positive bonds, and each atom of O has two negative bonds, and the three atoms have six negative bonds; six positive bonds added to six negative equals zero. In the same way, H⁺Cl⁺O⁻², H₂S⁺O₄⁻⁸, H₂SO₃⁻⁶.



(6) Acid radicals are always negative, H⁺PO₄⁻³, or H⁺(SO₃)⁻², P₂S₅⁺⁵O₈⁻⁸, or P₂⁺⁴(PO₃)⁻⁶.

The bonds of the radicals being equal to the number of atoms of hydrogen with which it is capable of combining. An oxidizing agent is one that can increase the number of bonds of some other substance; hence oxidation of one substance must involve the reduction of some other. The number of bonds gained by one are lost by the other. The real bonds are transferred from the oxidizing to the reducing agent. Thus in the equation—



it can be proved that the ten bonds lost by the lead chromate are transferred to the zinc.

From these principles is derived a rule for writing equations, by which every equation involving oxidation may be balanced almost at a glance, if we know the products formed. The rule is—The number of bonds changed in

* As this definition of bond is a new and provisional one, possibly the adoption of a new term might be desirable, but the one used is given preference for the established bond, as a character in quantitative.

one molecule of each shows how many molecules* of the other must be taken, the words each and other referring respectively to oxidizing and reducing agents. A few equations will illustrate—



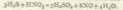
The nitrogen in HNO₃ has five bonds, and in NO it has two, losing three, therefore three molecules of H₂SO₄ must be taken. The sulphur in H₂SO₄ has four bonds, and in H₂SO₃ it has six, gaining two, therefore two molecules of HNO₃ must be taken. Again—



The Sn gains four bonds (two elements having no bond), hence four molecules of HNO₃ must be taken, and the N of HNO₃ losing three bonds, three of Sn must be taken.



Here the rule calls for three of Sn and five of HNO₃, but since the product Sn₂O₃ cannot be written with an odd number of atoms of antimony, we must double the amount of each, and instead of three and five take six and ten.



Here the sulphur in H₂S has -2 (loses two) bonds, and in H₂SO₄ it has +6, so it has gained eight bonds; hence we must take eight molecules of HNO₃, and we take three of H₂S, because the nitrogen loses three bonds.



In this equation both the sulphur and the antimony of Sn₂O₃ are oxidized; each atom of sulphur gains eight bonds (as explained above), and the three atoms will gain twenty-four bonds. Each atom of the antimony gains two bonds, the two atoms gaining four bonds. These added to the twenty-four bonds gained by the sulphur, make twenty-eight (that is, one molecule of Sn₂O₃ gains twenty-eight bonds); hence we must take twenty-eight molecules of HNO₃, also three of Sn₂S₂, because the nitrogen of the HNO₃ loses three bonds.



In this the rule calls for two HI, and six of H₂SO₄, but we take one and three, which are in the same proportion. The rule gives relative quantities only.



Here the rule requires two of HNO₃, and shows that exactly two are reduced to NO; but in order to make a solution of lead nitrate six more must be added, which are not reduced.

3NaH₂PO₃ + 7HNO₃ = 3NaNO₂ + 3H₂PO₄ + 4NO + 2H₂O

Here the phosphorus gains four bonds, and four of HNO₃ are reduced to NO; but three more are required to liberate the hypo-phosphorous acid from 3NaH₂PO₃, hence we take seven in all.



The arsenic in AsH₃ has minus three (-3) bonds, and in H₂AsO₃ it has plus three (+3); the gain is six, therefore take six of AgNO₃.



The nitrogen in NH₃ has -3 bonds, having lost eight, therefore take eight of Al; and as the Al gains three, take three molecules of KNO₃.

This article will be followed by another showing the use of the rule in organic chemistry.

University of Michigan,
July 5, 1913.

Carbazol—C. Graeb. The author describes the preparation of carbazol and potassium carbazol, and gives an account of the derivatives methyl carbazol, nityl-carbazol, ethyl-carbazol, acetyl-carbazol, tetra-nonyl-carbazol, and the chlorine derivatives.—Liebig's Annalen, 392, 5.

* In case of free elements, it is often complicated, since are represented as molecules.

Fig. 3 - Metodo di O.C. Johnson per il bilanciamento delle equazioni chimiche [17].

di accrescere il numero di « legami » (bonds) di qualche altra sostanza. « Legame » è un termine usale in Chimica, ma qui viene definito in maniera nuova come « l'ammontare di ossidazione che un elemento ha subito ». La definizione non è ancora completamente chiara ma il tutto diventa più comprensibile in base a una successiva definizione operativa in cui l'autore elenca una serie di regole pratiche per la determinazione di tale grandezza. Tali regole sono del tutto analoghe a quelle che si possono ancor oggi trovare su qualsiasi libro di Chimica Generale per la determinazione del numero di ossidazione: l'idrogeno in combinazione ha sempre un « legame » ed è positivo, l'ossigeno ha due « legami » sempre col segno —, la somma algebrica dei « legami » di qualsiasi composto è sempre 0 ecc. In tale maniera il bilanciamento è effettuato mediante la seguente regola: il numero di « legami » scambiati da una molecola dell'agente ossidante mostra quante molecole dell'agente riducente devono essere prese.

La novità più rilevante in tale impostazione di Johnson consiste nell'aver attribuito un segno alla valenza. Anche se è difficile non pensare ad una visione dualistica del legame di derivazione elettrochimica, va comunque sottolineato come l'autore specifichi esplicitamente che i termini positivo e negativo sono da lui usati « strettamente » in senso numerico. Quindi tale metodo, che ottiene un certo successo negli Stati Uniti fin dal suo apparire, proprio perché di facile apprendimento e sempre applicabile, si presenta all'inizio come un metodo del tutto empirico, che trova la sua ragion d'essere proprio nel fatto che è veloce e funziona sempre.

Tuttavia la concezione di Johnson appare così sorprendentemente simile alle teorie, di qualche anno successive, basate sulla concezione elettronica di valenze positive e negative che, quando tali nuove concezioni prendono piede, è immediato, per tutti coloro che già utilizzano il metodo di Johnson, dare ad esso un significato fisico. A questo punto il « legame » di Johnson assume nuovi nomi come « stato di ossidazione », « livello di ossidazione », « polar number » (o ancora semplicemente « valenza » ma ora preceduta da un segno sia positivo che negativo). A questa grandezza viene però dato adesso un preciso riferimento materiale: essa corrisponde al numero di elettroni ceduti o acquistati da un elemento nella formazione di legami chimici. Anzi, come già accennato, il riconoscimento di un effettivo trasferimento di elettroni nelle ossido-riduzioni anche di composti del carbonio, è, ad esempio, preso da Fry come giustificazione sperimentale per la sua teoria sul legame chimico basata su valenze positive e negative.

La difficoltà sempre maggiore a spiegare tutti i legami chimici solo in termini di elettroni ceduti o acquistati e il sorgere della teoria di Lewis non impediscono che questo metodo di bilanciamento (che ormai possiamo chiamare del numero di ossidazione) continui ad essere largamente applicato. Esso però è divenuto di nuovo un metodo formale, rapido ed efficace, ma che ha perso il suo carattere di descrizione realistica del fenomeno. Il numero di ossidazione di fatto è tornato ad essere, come il numero di « bonds » di Johnson, una grandezza derivante dall'imposizione di regole pratiche svincolate da un riferimento mate-

riale, in quanto non permette di fare alcuna considerazione sulla reale distribuzione degli elettroni di legame in una specie chimica.

In tale contesto anche il metodo del numero di ossidazione — siamo ormai alla metà degli anni '20 — viene criticato e se ne propone l'abbandono in favore del metodo ionico-elettronico, ancora oggi applicato assai frequentemente nella pratica didattica. La sua affermazione è legata al fatto che rappresenta la traduzione su carta di un qualcosa che può essere realizzato sperimentalmente quando la reazione considerata viene fatta avvenire in una cella elettrolitica. In un articolo sul « J. Chem. Ed. » che presenta in forma sistematica il metodo, gli autori Jette e La Mer [18] elencano per esso i seguenti vantaggi:

- a) nelle equazioni parziali e finali sono presenti solo le specie, ioniche e molecolari, effettivamente presenti in soluzione;
- b) il metodo mette in evidenza l'importanza di ogni sostanza nel corso della reazione (ad esempio la necessità di ambiente acido perché una reazione avvenga);
- c) il metodo richiede solo la conoscenza del segno e della carica di uno ione come un intero senza alcuna ipotesi sulla situazione di legame tra i singoli atomi;
- d) il metodo non richiede alcuna assunzione sull'ipotetico meccanismo di reazione, non si basa su ipotetici e spesso del tutto improbabili intermedi, ma considera solo gli stati iniziali e finali della reazione considerata.

Il metodo ionico elettronico non ha quindi incontrato consensi perché più rapido o più facile del metodo del numero di ossidazione, ma piuttosto perché costituisce il più recente tentativo di bilanciare le ossido-riduzioni con un metodo che sia il più possibile aderente alla descrizione del processo chimico.

Concludendo, mi sembra importante sottolineare come la scelta di un metodo di bilanciamento per le ossido-riduzioni non sia stata mai condizionata da considerazioni di praticità e velocità di applicazione ma da una ricerca di coerenza con il modello fisico, considerato via via più adeguato. Ogni cambiamento nella interpretazione dei fenomeni ha comportato l'abbandono dei metodi ad essa collegati, anche quando continuavano a funzionare dal punto di vista formale.

BIBLIOGRAFIA

- [1] SELMI F., *Enciclopedia di Chimica Scientifica e Industriale*. Soc. Unione Tipografica-Editrice Torinese, Torino, 1876, IX, 549-51.
- [2] SELMI F., *Enciclopedia di Chimica Scientifica e Industriale*. Soc. Unione Tipografica-Editrice Torinese, Torino, 1881, Suppl. III, 333-40.
- [3] FLESHIER E., *Traité d'analyse chimique* (trad. in francese da L. Gautier), Savy, Paris, 1880, 104.
- [4] CAHOURS A., *Traité de Chimie générale*, Gauthier Villars, Paris, 1874, 294-5.
- [5] OSTWALD W., *The Scientific Foundations of Analytical Chemistry*. II edizione inglese del 1900 tradotta da G. McGowan sulla II edizione tedesca del 1897, Mac Millan and Co., London, 94-95.
- [6] LEWIS G.N., *A Textbook of Physical Chemistry*. E. Arnold, London, 1899, 184-5; 300-1.
- [7] MORGAN J.L.B., *The Elements of Physical Chemistry*. J. Wiley & Sons, New York, 1899, 278-83.
- [8] OSTWALD W., *Elements de Chimie Inorganique*, tradotto da L. Lazard sull'edizione tedesca del 1900, Gauthier Villars, Paris, 1905, II, 166-167.
- [9] FEY H.S., *The Electronic Conception of Positive and Negative Valences*. « J. Am. Chem. Soc. », 37, 2568-73 (1915).
- [10] NELSON J.M., BEANS H.T., FALK K.G., *The Electron Concept of Valence*. IV. *The Classification of Chemical Reactions*. « J. Am. Chem. Soc. », 35, 1810-21 (1913).
- [11] LEWIS G.N., *The Atom and the Molecule*. « J. Am. Chem. Soc. », 38, 762-785 (1916).
- [12] LEWIS G.N., *Valence and Tautomerism*. « J. Am. Chem. Soc. », 35, 1448-55 (1913).
- [13] BOTTOMLEY J., *Note on a Method for Determining the Coefficients of Chemical Equations*. « Chem. News », 37, 110-1 (1878).
- [14] GAUTIER H., CHAPY G., *Leçons de Chimie*. Gauthier Villars, Paris, 1900, 48-9.
- [15] SMITH A., *Introduction to Inorganic Chemistry*. G. Bell and Sons, London, 1918, 269-70.
- [16] *Idem*, 320.
- [17] JOHNSON O.C., *Negative Bonds and Rule for Balancing Equations*. « Chem. News », 42, 51 (1880).
- [18] JETTE E.R., LA MER V.K., *The Balancing of Oxidation-Reduction Equations I*. « J. Chem. Ed. », 4, 1021-30 (1927).

GIOVANNI SEMERANO (*)

Memorie di un chimico fisico analitico ottuagenario (**)

Nulla è poi costante in me, tranne la sola meditazione.

(G. CARDANO, *Autobiografia*, cap. XXI)

Recollections of an Octogenarian Analytical Physical Chemist.

ABSTRACT. — Accepting the principle that different activities of individuals are closely bound to each other, the author, on the basis of his experience as a physical chemist with analytical nuances, describes his own activity in education, research and management in these last fifty years, considered from the point of view of his personal beliefs regarding science, politics and religion.

What follows has therefore been written with an epistemological and historical purpose and has to be integrated with other notes published elsewhere.

PROLOGO

Nel 1978, dopo la perdita di mio figlio Antonio, mi ero ritirato nell'abitazione di Padova a meditare sul passato e trarne le relative deduzioni. Ne sono stato però affettivamente allontanato, sia pure temporaneamente, dal prof. E. Vecchi e E. Vianello (1980, Congresso Internazionale di Elettrochimica, Venezia), dall'invito a Perugia del prof. U. Mazzucato (1984), da quello del prof. N. Uccella dell'Università della Calabria (1985) e dal Simposio Internazionale di Polarografia di Fermo (1986), sentito e voluto specialmente dal prof. A. Breccia.

Sono stato ora invitato a questo II Convegno del G.N.F.S.C. dal suo Presidente, prof. G.B. Marini-Bettolo, al quale mi legano sentimenti di stima e di sincera amicizia da circa mezzo secolo. L'invito è stato poi perfezionato dal prof. E. Torraccia e dai suoi valenti collaboratori.

Non nascondo che, in un primo momento, pensando all'epidemia dei 10.000

(*) Via J. Sullini 8, Padova.

(**) Relazione presentata al II Convegno Nazionale di « Storia e Fondamenti della Chimica » (Roma, 16-19 settembre 1987).

Convegni (3.000 culturali) che si tengono annualmente in Italia (la « convegno » segnalata da Frutterio e Lucentini, divenuta attualmente anche un grande « business »), ero stato portato a rifiutare il caloroso e lusinghiero invito, anche per non assoggettarmi ad un ulteriore impegno; ma, poi, il ricordo dell'ottimo I Convegno (Torino, 1985) e l'utilità di perfezionare, anche per la chimica, l'indagine storico-epistemologica, da me assiduamente curata da molti anni, mi hanno consigliato di accettare la proposta e di preparare questo intervento.

Affinché esso risultasse in accordo con le finalità del Gruppo, sono andato a rileggere l'art. 2 dello Statuto del GNFSG, come formulato nel maggio 1986 e comunicatomi dal collega prof. L. Paoloni, assieme a molto prezioso materiale relativo al Convegno di Palermo del giugno dello stesso anno. Ad esso ho pensato perciò di attenermi seguendo la traccia dell'intervento di Marini-Bettòlo al Convegno di Torino, così adatto ad illustrare lo sviluppo ultimo della chimica organica. E' così tramontata la prima idea di preparare, assieme al collega prof. V. Caglioti, una storia di vite parallele, la sua e la mia, nel campo della chimica inorganica e della chimica fisica degli ultimi 50 anni.

Lo studio della Storia della Chimica ha avuto sempre validi cultori, soprattutto in vista della sua importanza per l'analisi dell'evoluzione del pensiero scientifico. Esso è stato però effettuato, per lo più, in base a documenti, ma senza il controllo diretto dei fatti e delle idee per l'assenza forzata dei protagonisti o di testimoni culturali; e ciò è tanto più grave in un periodo, come l'attuale, nel quale si sono registrati tanti rapidi e profondi cambiamenti nelle nostre conoscenze e fanno forse difetto le informazioni scritte, sia per la tendenza a non scrivere lettere, e servirsi invece del telefono, sia per il previsto rapido deterioramento della carta che oggi si usa. « Quod non est in actis non est in mundo » è stato il motto, non sempre fortunato, di Francesco Giuseppe di Asburgo.

Nessuno dubita della funzione formativa dell'insegnamento della storia (R. Morghen), che « il domani è scritto nell'ieri » (Machado); certo è però che, per la chimica, non si può, come soleva fare il Momigliano, « leggere il presente sui testi di Erodoto ». E' per questa ragione che la mia raccolta storica interessa soprattutto le persone ancora viventi e quelle appena scomparse, ben conosciute però da testimoni ancora presenti tra noi, e ciò per evitare i falsi favoriti dal tempo.

Sia ben chiaro che, seguendo il Petrarca: « Io parlo per ver dire / Non per odio d'altrui né per disprezzo ».

Comincio pertanto da me stesso, augurandomi che le mie esperienze possano risultare utili ad altri. Suddividerò l'intervento nei seguenti 7 capitoli: 1. L'attività didattica. 2. La ricerca scientifica. 3. L'attività manageriale. 4. Politica e religione. 5. I sentimenti. 6. L'autocritica. 7. La sesta età.

Seguirà quindi un commiato. Il tutto visto da una persona di 80 anni che si è sempre occupata di chimica fisica da una visuale analitica, nel senso più largo del termine. Per puntualizzare meglio le varie situazioni, terrò presente il vecchio adagio: « E' meglio leggere un buon libro che scriverne uno cattivo » e mi servirò frequentemente di citazioni famose atte ad esprimere meglio il mio pensiero di quanto non fossi capace di fare io stesso.

1. L'ATTIVITÀ DIDATTICA

L'attività universitaria si prefigge lo scopo di preparare all'esercizio delle professioni e di contribuire alla promozione della scienza. Inizio pertanto la mia esposizione con le indicazioni sull'attività didattica svolta, che io ho sempre considerata prioritaria per un docente universitario.

Essa è iniziata ufficialmente nel 1932 con un corso teorico di chimica analitica svolto, secondo l'insegnamento di W. Ostwald, su basi prevalentemente chimico-fisiche. Ma già da studente, la mia abitazione era frequentata da amici e colleghi che gradivano ed apprezzavano la mia guida per la loro preparazione culturale. Ricordo, tra l'altro, la chimica organica, l'analisi chimica effettuata nel mio laboratorio privato, la chimica fisica, la teoria della relatività, la Divina Commedia. Nel laboratorio ho effettuato anche qualche rara preparazione inorganica e quella di supporti sensibili per la diazotipia.

Nel 1937, al ritiro del mio Maestro, il prof. Arturo Miolati, ho iniziato il mio magistero chimico-fisico, subito aggiornato con l'introduzione delle nuove meccaniche che i fisici avevano da qualche anno elaborato.

L'attività didattica, che comportava un impegno del 40% sul tempo ufficiale da me messo a disposizione della Scuola (45 ore settimanali), ha interessato varie discipline: chimica fisica (56 corsi annuali, di cui 8 per la Facoltà di Ingegneria), chimica generale e inorganica (14), spettroscopia (8), chimica delle radiazioni (6), chimica analitica (5), radiochimica (4), chimica nucleare (4), elettrochimica (1), fisica teorica (1).

Per tutti questi corsi venivano adottati testi stranieri per costringere gli studenti ad impraticarsi nelle lingue straniere tecniche più usate (tedesco, inglese, francese); non mancavo però di impartire personalmente lezioni preliminari per invogliare gli studenti ad accettare la fatica addizionale. In seguito ho scritto anche molti appunti di chimica fisica, di spettroscopia, di polarografia che però non ho mai pubblicato.

La frequenza ai miei corsi, poco cattedratici, è stata sempre obbligatoria; l'attestazione di frequenza veniva concessa solo in base ai dati risultanti da frequenti appelli.

Alla Didattica della Chimica e alla Documentazione Bibliografica è stata rivolta una pionieristica attenzione particolare che mi è stata ripetutamente pubblicamente riconosciuta.

Ho effettuato a Bologna (periodo 1962-64) un esperimento originale di riforma degli studi universitari di chimica che ha dato proficui risultati ed è stato seguito in altre sedi universitarie. I particolari sono stati già pubblicati.

2. LA RICERCA SCIENTIFICA

Quale allievo di Arturo Miolati, ho svolto un'attività di ricerca, e relativa didattica, principalmente nel campo dell'elettrochimica, anche se l'incarico ufficiale

di insegnamento di questa disciplina è stato affidato agli allievi, L. Riccoboni, E. Vianello e S. Roffia, tutti giunti alla cattedra universitaria.

Mi sono occupato ininterrottamente di polarografia; questa branca dell'elettrochimica e della chimica analitica, dovuta a J. Heyrovsky, Premio Nobel 1959 perciò per la chimica, fu da me intensamente sviluppata in Italia sin dal suo nascere riconoscendole un valore pionieristico nel campo della chimica analitica strumentale. Come si è sviluppato da quel tempo questo insieme di tecniche e quali sono stati gli impensabili risultati da esso raggiunti! Alla mia attività elettrochimica è dedicato un fascicolo preparato dal prof. A. Breccia per il Simposio di Fermo, 1986, già da me ricorlato e ad esso rimando per maggiori dettagli.

Contributi sensibili ho anche portato nel campo della statica chimica dei gas reali (ammoniaci e sistemi specialmente organici sotto alte pressioni), in quello dei radicali liberi e di altre specie molecolari labili (per i quali ho trovato metodi di preparazione di composti organometallici nuovi), nel campo della dinamica chimica (specialmente di processi elettrolici e di reazioni biologiche rapide) e della costituzione di sostanze organiche, in quello della fotografia scientifica (sensibilizzazione spettrale) e della chimica delle interfasi (desmolisi); ho collaborato con L. Amati alla preparazione industriale del magnesio metallico per via termica (1937).

Altri campi da me coltivati sono stati i seguenti: chimica dei siliceni, spettroscopia ottica e a radiofrequenza (EPR, microonde, I R e Raman), radioclettrochimica, chimica e fisica delle macromolecole, fotochimica (fotolisi ordinaria e a lampo), chimica delle radiazioni, biochimica fisica, inquinamento atmosferico.

I lavori pubblicati dai laboratori scientifici da me istituiti e diretti ammontano a ca. 1700, dei quali soltanto 185 portano il mio nome (il loro elenco completo verrà pubblicato prossimamente). Di questi 185 lavori, la maggior parte riguarda questioni di elettrochimica, chimica delle radiazioni, fotochimica, radicali liberi, polimeri.

Riconoscendo alle Accademie una funzione primaria di promozione della cultura e della ricerca scientifica, mi sono adoperato, con il compianto Presidente prof. Beniamino Segre, affinché l'Accademia Nazionale dei Lincei assumesse una fisionomia analoga a quella di alcune accademie straniere, amministrando fondi per la ricerca. Ne ho criticato in seguito molti aspetti eccessivamente conservatori.

3. L'ATTIVITÀ MANAGERIALE

In una forma o in un'altra, ho avuto responsabilità di direzione, per oltre 40 anni, di varie istituzioni universitarie o di altro tipo. È molto interessante, anche per gli attuali direttori, rileggere alcune lettere che furono scambiate nel 1972 tra il compianto prof. Gabriello Illuminati, dell'Istituto chimico dell'Università di Roma, e il Ministero della Pubblica Istruzione sui compiti e le responsabilità di un docente universitario investito della direzione di un Istituto. Si spiega così la figura del cosiddetto « barone universitario » che si era venuto man mano configurando soprattutto per la lentezza e l'insufficienza degli organi centrali; molti diret-

tori hanno sposato la causa degli istituti a loro affidati come se si trattasse di doveri familiari o hanno approfittato della situazione e della inesistenza di democrazia.

Occorre però ricordare i tempi di penuria nei mezzi di ricerca in cui si viveva; non mi riferisco soltanto al mio Istituto, ma penso allo stesso Heyrovsky che dovette ricorrere al prestito di un galvanometro e di un potenziometro da un collega fisico per poter misurare le correnti del suo circuito polarografico, al prof. A. Bianchi, mineralogo di Padova, costretto a mendicare dalle superiori autorità l'acquisto di ben due crogioli di platino per le disgregazioni analitiche dei suoi campioni di rocce e alle fatiche mie e del prof. L. Riccoboni per mascherare, durante l'ultima guerra, le apparecchiature più costose dell'Istituto e per correre sui campi ARAR dei « surplus » della guerra e per sfruttare al massimo il cosiddetto Piano Marshall.

Altre iniziative che mi sono costate tempo, fatica, danaro, delusioni e talvolta critiche irresponsabili sono:

— i Corsi Estivi dell'Università di Padova in Bressanone, ai quali il Centro di Polarografia del CNR, da me diretto dal 1947 al 1963, ha contribuito efficacemente dal 1953 al 1960, con larga partecipazione di studiosi italiani e stranieri;

— la istituzione dei Centri di Studio dell'Università di Bologna: Spettroscopia di Massa e Gascromatografia (1963), Elettrochimica teorica e preparativa, Spettroscopia Raman, Strutturistica e Fisica delle macromolecole, Spettroscopia a Radiofrequenza (1970).

Sia nella sede padovana che in quella bolognese ho istituito e diretto una Scuola di Specializzazione in Chimica Analitica, l'unica esistente a quel tempo in Italia, da considerarsi, sotto molti aspetti, come un esperimento su scala ridotta del dottorato di ricerca.

Ho istituito e sviluppato, in sede padovana, un Corso di Specializzazione in Chimica delle Radiazioni e, dal 1960, a Bologna il Seminario di Chimica.

Ho istituito e diretto il Centro di Spettroscopia a Radiofrequenza (microonde) del CNR dal 1959 al 1963, quello in Chimica delle Radiazioni e dei Radioelementi, Sezione III, sempre del CNR, dal 1963 al 1968, il Laboratorio di Fotochimica e Radiazioni di Alta Energia, a Bologna e Legnaro (Padova) dal 1968 al 1976, il Centro di Fisica Macromolecolare del CNR dal 1963 al 1968.

Per quanto si riferisce alle esperienze negative vanno ricordate:

— L'inutile collaborazione con il prof. E. Meneghetti, rettore dell'Università di Padova (1945-47) e il Suo assistente prof. Giovanni Dogo, per realizzare la loro pionieristica idea di una rete di comunicazione diretta degli istituti universitari per lo scambio delle informazioni sui risultati delle loro esperienze;

— L'avventura delle decurtazioni e integrazioni dello stipendio del personale dell'Istituto Chimico « G. Ciamician » di Bologna e il comportamento sleale di alcuni dipendenti e colleghi che mi hanno procurato non poche grane dalle quali mi ha salvato la stima e la generosità del rettore prof. Felice Battaglia.

— La controversia con il CNR a seguito della mia segnalazione degli abusi e scarsa produttività del personale del Laboratorio FRAE.

Oggi si comincia a parlare di scioperi controllati e di licenziabilità del personale di enti pubblici, ma nel 1976 la mia direzione fu accusata di eccessivo autoritarismo (Giovanni Valle). Solla vicenda ho pubblicato nel 1976 un volume di 800 pagine invisto, senza risultati, a numerose personalità politiche.

Del resto anche al « Ciamician », dove richiedevo maggiore disciplina e senso di responsabilità, si è voluto liberarsi della mia presenza dopo 17 anni spesi per quell'Istituto, trovato nel 1960 in precarie condizioni, tanto da richiedermi un anno di ripensamento al passaggio da Padova a Bologna, dopo la chiamata all'unanimità di quella Facoltà di Scienze. Basti ricordare che il personale è stato portato da 28 a 142 unità in un periodo di pochissimi anni e che l'Istituto è stato completamente ristrutturato.

4. POLITICA E RELIGIONE

Ha scritto Henri Poincaré: « La pensée ne doit jamais se soumettre, ni à un dogme, ni à un parti, ni à une passion, ni à un intérêt, ni à une idée préconçue, ni à quoi que ce soit, si ce n'est aux faits eux-mêmes, parce que, pour elle, se soumettre, se serait cesser d'être ».

Questa condizione di non sudditanza non esclude però l'esistenza di stretti rapporti tra il pensiero filosofico, la politica e la religione. Tutt'altro! Sono tutte espressioni della complessa attività umana, collegate tra loro da fili solo apparentemente invisibili e condizionanti il comportamento globale.

Educato in una famiglia profondamente cattolica, istruito da conoscenti e compagni dal libero pensiero di Giordano Bruno, mazziniani, marxisti, ho finito per assumere una mentalità scettica sia verso la scienza che rispetto alla politica e alla religione riconoscendo ad esse soltanto il loro valore peatico e sottraendomi volutamente ad una meditazione più profonda per la quale mi sono ritenuto inadatto.

Ciò non toglie che io rispetti la scienza, per i confini sempre più ampi della ragione che essa consente di raggiungere, la politica per la guida di agglomerati umani tanto differenti l'uno dall'altro, la religione per gli insegnamenti morali che essa si prefigge; per tutte, però, la massima libertà di giudizio per le frequenti delusioni che esse procurano.

E non sono il solo a pensare in questo modo. Per la politica, il Beaumarchais ha dato la seguente definizione: « Fingere di ignorare ciò che si sa benissimo, e di sapere ciò che s'ignora; fingere di capire ciò che non si capisce, e di non capire ciò che si capisce assai bene; fingere di essere potenti al di là della propria forza; avere spesso da nascondere questo gran segreto, che non c'è nessun segreto da nascondere; sembrare profondi quando si è vuoti; darsi bene o male le arie d'un personaggio importante; diffondere delle spie e stipendiare dei traditori; cercare

di nobilitare la povertà dei mezzi con l'importanza dei fini: ecco che cos'è la politica ».

Il grave è però che c'è chi sbaglia sempre, ma non fallisce mai. Quest'anno, 1987, è stato definito da S. Fontana l'anno degli opposti bigottismi e della crisi della maggioranza tra fazioni, dogmatismo e superstizioni politiche.

Personalmente aspiro alla libertà, pur sapendo che libertà significa responsabilità; ma io non la temo.

Ho difeso la Scuola Nazionale durante l'imperversare della pressione clericale degli anni successivi alla seconda guerra mondiale, pur rispettando la presenza del Crocefisso nei luoghi pubblici, ho affiancato l'opera del sindaco Giuseppe Dozza al Consiglio comunale di Bologna, sono sempre pronto a battermi in difesa degli umili e degli oppressi. Mi ricordo sempre quanto ha scritto Quasimodo: « In tutta la terra ridono uomini vili, che ripetono il mondo in sogni, saggi di malizia e ladri di sapienza ».

5. I SENTIMENTI

Vengono definiti come momenti della vita interiore, pertinenti al mondo degli affetti e delle emozioni, contrapposti talvolta all'intelletto o alla ragione e indicativi spesso del carattere o dell'etica individuale (Devoto e Oli).

In questo capitolo vengono considerati i rapporti con i Maestri, gli amici, gli studenti, gli allievi, i colleghi.

I sentimenti di gioia, di piacere, di orgoglio, di umiltà, di stanchezza, di fatica, di dolore, di amore, di dubbio, di incertezza, di pietà, di vendetta, del dovere, dell'onestà verranno implicitamente trattati in altri capitoli.

« Com'è difficile definire i sentimenti! » ha scritto recentemente Alberoni. Talvolta più cerchiamo di comprenderli e più ci confondiamo, poiché i sentimenti hanno un carattere duplice, complesso e noi siamo, secondo la definizione del Morin, degli iperanimali.

Da tempo ho tentato di trovare una maniera di esprimerli e unirli per misurarli. Ricordando e parafrasando ciò che si fa in fisica e tenendo presente lo scritto biblico « Omnia in numero et mensura et pondere », al sistema lunghezza, massa, tempo, L M T, ho sostituito quello L P D, costo, peso, durata dei sentimenti.

Rapporti con i maestri

« I 'maestri' sono gli intempestivi, coloro che creano e distruggono per creare e non per conservare » (Nietzsche).

« E' bello imparare da sé, ma i Maestri sono essenziali a indirizzare e a far conoscere » (C. Stajano).

Vado col pensiero, riconoscente, alle seguenti persone, elencate in ordine cronologico di conoscenza:

Giuseppe Tarulli, insegnante di chimica all'Istituto Tecnico « O. G. Costa » di Lecce, 1923-24.

Feruccio Zambonini, professore di chimica generale e inorganica all'Università di Napoli, 1924.

Arturo Miolati, professore di chimica all'Università di Padova, 1925-56.

Angelo Tonolo, professore di matematiche per chimici all'Università di Padova, 1925-62.

Angelo Bianchi, professore di mineralogia all'Università di Padova, 1925-70.

Carlo Sandonini, professore di chimica organica all'Università di Padova, 1926-71.

Gio-Batta Bonino, professore di chimica fisica all'Università di Bologna, 1931-86.

Da essi ho ricevuto molto; non mi sono pesati, il nostro rapporto durerà tutta la mia vita. Su tutti sovrasta però Arturo Miolati che mi è stato Maestro nel senso più largo della parola. Mediante la Comunità culturale « Arturo Miolati », da me istituita, faccio del mio meglio affinché il Suo insegnamento subisca il meno possibile l'azione cancellatrice del tempo.

Rapporti con gli amici

Annovero tra questi, elencati in ordine alfabetico: Luigi Amati, Oddino Bonani, Giorgio Borin, Alberto Breccia Fratadocchi, Tancredi Fassini Camossi, Elena Gagliardo, Luigi Grifone, Luciana Griggio Bolesani, A. Pittoni, Paolo Silvestroni, Enrico Vecchi.

Per quanto si riferisce alla voce 392.6 della C.D.U., « nec tecum nec sine tecum vivere possum », rimando ad una ben nota poesia di Leonida Repoci su Einstein e al giudizio di François Mauriac sulla Germania attuale.

Rapporti con gli studenti

Risultano chiari dal cap.: attività didattica.

Rapporti con gli allievi ed i collaboratori

Ho dato tutto quello che mi è stato possibile. Come al solito, alcuni di loro mi sono stati riconoscenti, altri hanno preferito dimenticare le ore comuni di lavoro, le nostre ore più belle. Ad ogni modo, qualcosa può risultare anche dal cap.: Ricerca scientifica, attività manageriale e autocritica.

« Eine frühere Generation steckt den Pfad,
Über den eine spätere wandert ». (proverbio cinese)

(da Hoseman, 70° compleanno, 1982)

Rapporti con i colleghi

L'elenco sarebbe in questo caso troppo lungo; esso considera attualmente un centinaio di nominativi a molti dei quali sono dedicati articoli già pubblicati o già pronti. Senza fare nomi specifici, si riporta una serie di massime che ognuno sarà in grado di applicare a colleghi di propria conoscenza.

« L'uomo che nelle opere dell'ingegno o del valore non tende che a superare l'altro uomo, non ha l'idea né del bello, né dell'onesto ». (N. Tommaseo)

« Né si dee chiamare vero filosofo colui che è amico di sapienza per utilidade, sì come sono li registi, li medici e quasi tutti li religiosi, che non per sapere studiano, ma per acquistare moneta o dignitate; e chi desse loro quello che acquistare intendono, non sovrasterebbero allo studio ». (Dante, *Conv.*, III, XI, 10).

Il valore di un Maestro non si misura dal numero degli allievi messi in cattedra, spesso non meritevoli, ma da quello di coloro che vi sono andati per meriti propri.

Del resto, circa i colleghi, merita rileggere la storiella raccontata a Fabrizio De Santis da G.B. Bonino secondo la quale a sintesi delle cose sublimi create dal Padreterno, il professore universitario, si contrappone il capolavoro del Demonio: il collega.

Meriti che ho riconosciuto a molti colleghi sono stati quelli di: aver saputo organizzare e dirigere organismi a loro affidati; aver saputo formare una Scuola; aver saputo insegnare in modo equilibrato ed efficace; aver dedicato agli studenti e agli allievi il meglio delle loro fatiche e del loro tempo; aver saputo riconoscere il valore degli allievi di altre Scuole.

Demeriti, che avrebbero fatto considerare una fortuna per la Scuola e per la Società, se alcuni colleghi non fossero mai andati a posto o se si potesse licenziarli: avere inquinato i concorsi con paternalismi o ricambio di favori di tutti i generi ricevuti; avere disposto a loro personale favore fondi, anche cospicui, ricevuti da organismi vari; avere tagliato o cercato di tagliare la strada a colleghi meritevoli di un riconoscimento o di un aiuto, specialmente in un campo di loro competenza; avere favorito, più dello stretto naturale, il successo di familiari; avere promosso allievi non meritevoli, ma appoggiati da utili raccomandazioni politiche o religiose; avere dimostrato di capire ben poco dell'importanza delle lingue moderne tecniche; avere sacrificato locali e fondi disponibili per gli studenti, per svolgere ricerche di personale utilità; avere anteposto le consulenze private ai doveri accademici, ecc.

Sentimenti di piacere, di orgoglio, di gioia (« appointments and honour »)

Tra i primi vanno ricordati quelli ispiratimi dai viaggi da me effettuati e che mi hanno permesso di conoscere uomini e cose ampliando così i confini del mio sapere e delle mie esperienze. Troppo lungo sarebbe elencarli in questa sede; lo sarà fatto in una trattazione più dettagliata per la quale mi sarà prezioso il copioso materiale raccolto e conservato nel mio archivio. E' doveroso che io dica che la maggior parte dei viaggi e dei soggiorni da me effettuati sono stati possibili grazie a borse, contributi, rimborsate spese per partecipare a convegni, elargitimi dall'Università, dal Ministero, dal C.N.R. e da altri Enti che sono stati sempre doverosamente ringraziati nelle relazioni e nelle pubblicazioni.

Piacere mi è stato procurato anche:

- dalla lettera inviata da A. Quilico (1950) in risposta alle mie felicitazioni per il conferimento a Lui del Premio del Presidente della Repubblica;
- dalla scoperta che il testo del mio diario sul primo viaggio in Russia (1951) lo si ritrova, in migliore forma letteraria, nel libro di Carlo Levi: *Il futuro ha un cuore antico*, Einaudi, 1956;
- dai cospicui contributi finanziari che le Società Ferrania, Montedison e Olivetti vollero personalmente assegnarmi e che da me furono messi a disposizione delle mie organizzazioni;
- dalla riconoscente ed affettuosa dedica che i prof. V. Carassiti e V. Balzani vollero apporre al loro Trattato di Fotochimica (1970);
- dalla nomina dei proff. J. Brandmüller, A. Breccia, G. Giacometti, G. Modena, E. Vecchi e E. Vianello a soci di varie Accademie.

Sentimenti di orgoglio mi sono stati ispirati da:

- la dedica di pubblicazioni di didattica chimica a riconoscimento dell'attività di pioniere da me svolta in questo campo (Fiorentini, Cervellati ed altri);
- lo sviluppo raggiunto ed i risultati conseguiti dal Centro di Studi sugli Stati Molecolari Radicalici ed Eccitati di Padova, diretto dal Prof. G. Giacometti.

Sentimenti di gioia mi hanno infine procurato:

- il giudizio espresso dalla Facoltà di Scienze dell'Università di Bologna, all'atto del mio passaggio dall'Università di Padova a quella di Bologna (1960);
- la lettera del prof. A. Breccia (1978), all'atto del mio spontaneo collocamento anticipato a riposo, seguendo l'esempio del mio Maestro;
- il conferimento del Premio « Aquila d'Oro » della città di Fermo (1986);
- l'assegnazione del Premio « prof. A. Miolati » ai prof. U. Mazzucato e R. Ugo (1987);
- la lettera di felicitazioni dei prof. J. Brandmüller e M. Heyrovsky per il mio 80° compleanno;
- la simpatica serata del 29 giugno 1978, organizzata da alcuni ex-allievi dell'Università di Padova.

Altri avvenimenti sono ricordati dal fascicolo già citato di A. Breccia.

6. L'AUTOCRITICA

E' stato scritto: « un uomo non dovrebbe mai vergognarsi di riconoscere che ha avuto torto, che è come a dire, in altre parole, ch'egli oggi è più saggio di quel che fu ieri » (Swift) e: « Bisogna riconoscere un errore come un errore e astenersi dal pretendere che non lo sia stato » (W. Lippmann).

Ma ciò non basta: ognuno, sia esso politico, giudice, medico, religioso, insegnante, ecc., non sarebbe responsabile dei propri errori e potrebbe pretendere di non pagarne le conseguenze.

Ritardando con la memoria al mio passato, riconosco di non avere tenuto nel debito conto le seguenti massime:

« Piuttosto che fermarsi a mezza via, val meglio non cominciare » (E. Montale, Quaderno genovese). Ancora oggi, come risulterà dal cap. 7, inizio troppe cose senza portarne nessuna a termine; e sì che, in contrasto con il mio Maestro, avevo adottato il precetto di M. Faraday: « Work, finish, publish » da me appreso nel 1932 a Praga nel Laboratorio di J. Heyrovsky e che adesso fa bella mostra nel mio studio di Padova. Tal modo di procedere mi procura inquietudine e insoddisfazione.

« Rien ne sert de courir, mais il faut partir a point » (La Fontaine). Ed io comincio troppo per tempo, ma poi mi dilungo per via e rischio di non arrivare in tempo.

« Abbi più di quel che pare, parla men di quel che sai, ti ricorda di donare, sempre men di quel che hai » (Shakespeare, Re Lear, Atto I: richiamatomi alla mente dal collega prof. Dario Graffi di Bologna in una seduta della Facoltà di Scienze di circa 25 anni fa). Molte volte sono stato troppo prodigo, meritandomi l'epiteto di Jean-les-Mains-vides.

Una volta Robert Kennedy e Riel Rogers si rimproveravano a vicenda: « All'inizio avevamo molta più energia che saggezza; ci chiediamo se non abbiamo pagato tutti un prezzo troppo alto per essere stati più attivisti che saggi su tante cose ».

Ed io mi rimprovero di: avere avuto spesso poca esperienza di vita; essermi sposato troppo giovane (36 anni consigliava J. Heyrovsky per uno studioso, sul suo esempio!); non avere curato abbastanza la mia famiglia, e mio figlio Antonio in particolare; avere abbandonato l'Università di Padova per trasferirsi a Bologna (1961); essere passato dalla cattedra di chimica-fisica a quella di chimica generale e inorganica (1968); non avere mantenuto la mia richiesta di passare dall'Università di Bologna a quella di Venezia (1970); essere stato spesso troppo generoso. (Niente è più lodevole della generosità, ma non si deve esagerarla - Cardinal De Retz).

7. LA SESTA ETÀ

Il faut travailler, sinon par goût
Au moins par désespoir, car,
tout bien vérifié, travailler est
moins ennuyeux que s'amuser (Baudelaire)

Ho appena compiuto gli 80 anni di vita; sono entrato pertanto nella sesta età ($16 \times 5 = 80$). Con il permesso di Quasimodo, posso perciò dire: « E... (non fu) subito sera ».

Se dovessi imitare Lord Manny Shinwell, il decano dei laburisti inglesi, un « vecchio ribelle » morto a 101 anni, e volessi tener conto del suggerimento di

Baudelaire, avrei da mandare avanti alcune delle tante cose che ho iniziato da tempo che qui vengono elencate in ordine di precedenza:

1. Storia della chimica contemporanea e suoi insegnamenti.
2. La Comunità culturale « Arturo Miolati ».
3. Le Accademie.
4. La scienza dell'immagine: Nuova Fotografia.
5. Radicali liberi e stati molecolari eccitati: processi antistokes e loro applicazioni.
6. Funzioni del chimico e sua formazione.
7. Lingue straniere tecniche: studio, insegnamento.
8. La documentazione: valore di un archivio.
9. Il tempo libero.
10. Raccolta di saggi, commenti, opinioni.

Ognuna di queste voci comprende però argomenti che, per la loro vastità, e il loro impegno, potrebbero benissimo richiedere molto del tempo a mia disposizione. Così, ad esempio, la voce 7 potrebbe suddividersi in lingua russa e rapporti delle varie lingue con il greco e il latino; la voce 10 considera tanti argomenti che mi allontanano temporaneamente e volentieri da altre attività più importanti.

Sarò in grado di mandare avanti il mio programma? Dovrei rispondere affermativamente, a patto che le mie attuali condizioni fisiche e mentali dovessero declinare solo lentamente e potessi continuare ad impiegare il mio tempo nel modo seguente: riposo 33% (costituito da periodi brevi e frequenti, ricchi di sogni), lavoro 54%, attività varie 13%. Questa ripartizione ha avuto un lungo collaudo; una volta però esistevano i collaboratori che ora hanno messo su negozio da soli.

C'è inoltre il serio pericolo che la mia natura mi porti a confermare il motto di Cardano riportato all'inizio di questi fogli. Così, ad esempio, mi interessano le sorti della cosiddetta « Nuova Università », il problema della « fusione nucleare fredda », le sorti della Società del 2000: siamo attualmente come piloti che volano alla cieca e dovremmo preparare i giovani a professioni che ora non sappiamo neppure se esisteranno.

Sento però la colpa di essere vecchio in un mondo giovane che non sa che cosa farsene della mia esperienza e della mia disponibilità.

Commiato

—, prêt à quitter l'horizon de la vie,
Pleurant de mes longs jours l'espoir évanoui,
Je me retourne encore, et d'un regard d'envie
Je contemple les biens dont je n'ai pas joui. (A. de Lamartine)

Debbo allora definire con Domenico Antonio Cardone, il filosofo mio concittadino scomparso quest'anno, « la vita come un'esperienza inutile »?

Tutt'altro! Sento invece il grato dovere di pensare con riconoscenza ai miei genitori ed a tutti coloro che mi hanno consentito di godere delle gioie che la vita può dare. « Non c'è, infatti, cosa tanto avversa in cui un animo giusto non sappia trovare qualche consolazione » (Seneca).

Voglio solo sperare di « saper ulteriormente invecchiare, rassegnandomi ad essere Giovanni Semerano, rinunciando e gradatamente staccandomi dalle fisiologiche aggressività dei giovani anni e dalla vigoria realizzatrice dell'età adulta; godere con pacata riservatezza i nobili ozi, senza ingombrare, senza pretendere, regolando al tempo stesso scontentità amara per inevitabili disinganni e impudicizia irrequieta di mal sopite ambizioni ». (E. Meneghetti)

Mi auguro che quanto sono venuto a ricordare possa suggerire a chi mi ha ascoltato qualche utile meditazione e qualche prezioso insegnamento.

Soprattutto questo:

« Nutze die Zeit. Sie ist das Kostbarste was wir haben, denn sie ist unwiederbringliche Lebenszeit. Leben ist aber mehr als Werk und Arbeit und das Sein wichtiger als das Tun ». (J. Müller)

Non mi resta che ringraziare G.B. Marini-Bettò ed E. Torracca per l'invito ed i presenti per la loro benevolenza nell'ascoltarmi.

LUIGI CERRUTI (*)

**Tecnici e imprenditori chimici in Italia all'inizio del secolo:
analisi e proposte di politica industriale (**)**

Chemists and Entrepreneurs in Italy at the Beginning of this Century: Analysis and Planning of an Industrial Policy.

ABSTRACT — This paper is part of a research now in progress on the history of the Italian chemists as a community. The paper is based on sources entirely neglected by 'general' historians: the technical press, committed to inform the community of fresh developments in science and technology. After sketching out the extent of the community with its inner regional and professional differentiations, several points of its economic analysis are examined. Italian managers and scientists discussed at length the conditions of development for the chemical industry: State intervention, (legislation, tax policy), industry-agriculture relationship, raw materials availability (of coal, in particular). The problem of entrepreneurship was perceived as a fundamental one, and all the time the German model was the center of gravity of the debate. The first World War quickened the pace of Italian economy and put on the stage a new protagonist: the Big Chemical Industry. This obstructing character has dominated the discussion since ever.

The paper suggests three conclusions: a 'naturalistic' view of the industrial development was criticized and overcome; the perception of the German model shifted from the emphasis on a single 'link' (science-industry) to a deeper understanding of a whole system (industrial culture); a growing disaffection to the liberal Governments paved the way for a large adhesion of Italian chemists to Fascism.

Questa comunicazione costituisce una parte della ricerca che vado conducendo da qualche anno sulla storia della comunità dei chimici italiani. La documentazione presentata copre 16 anni, dal 1902 al 1917, ed è tratta da un *corpus* totalmente trascurato dagli storici « generali » (o « politici »...). Mi riferisco alla stampa professionale, impegnata a fornire a imprenditori e tecnici le informazioni più recenti sugli sviluppi economico-scientifici nel campo chimico. La co-

(*) Istituto di Chimica fisica dell'Università di Torino.

(**) Relazione presentata al II Convegno Nazionale di « Storia e Fondamenti della Chimica » (Roma, 16-19 settembre 1987).

municazione è quindi (anche) una proposta metodologica, volta a introdurre nell'analisi della cultura del nostro Paese un minimo di attenzione anche alla cultura dei tecnici, accanto a quella dei letterati e dei politici. Ho scelto di discutere il tema fondamentale della politica industriale come « saggio alla tocca » di questa cultura tecnica.

La comunità dei chimici italiani

Prima di proporre una breve descrizione della comunità dei chimici italiani all'inizio del secolo può essere utile fare qualche considerazione, molto schematica, sulle altre comunità allora preminenti sulla scena internazionale. Questo approccio ci permetterà di « entrare » subito nel vivo delle contraddizioni della situazione del nostro Paese.

La prima Società professionale in grado di rappresentare gli interessi dei chimici fu la Chemical Society di Londra, fondata nel 1841. Dopo più di un quindicennio fu organizzata la Société Chimique di Parigi (destinata a diventare molto più tardi *de France*); poiché nel 1857 la scienza francese era « quasi » tutta nella capitale la Société era rappresentativa dell'intera nazione. Cadenzate nei successivi due decenni apparvero poi la Deutsche Chemische Gesellschaft (1867) e l'American Chemical Society (1876). In tempi abbastanza ravvicinati rispetto alle date di fondazione queste società iniziarono la pubblicazione dei rispettivi giornali, alcuni dei quali sono tuttora del massimo rilievo. I *Proceedings* della Società di Londra datano dal 1841, ma il nome attuale (*Journal of the Chemical Society*) comparve solo nel 1871, dopo tre successive mutazioni. Nel 1868 esordì il *Bulletin de la Société Chimique de Paris*, mentre i tedeschi fra il 1868 e il 1876 ebbero i loro *Berichte der Deutschen Chemischen Gesellschaft zu Berlin*; la qualificazione « di Berlino » cadde solo nel 1877. Gli americani attesero fino al 1879, ma in compenso ebbero ben due giornali: l'*American Chemical Journal* e il *Journal of the American Chemical Society*; le due riviste nacquero in forte competizione fra di loro, e per un certo tempo il primo fu più qualificato del secondo, per poi perdere terreno ed essere assorbito nel giornale « ufficiale » nel 1914.

Molte di queste date ci portano a pensare che il decennio 1870 sia stato cruciale per molte comunità, ed anche la nostra poté contare sulla *Gazzetta Chimica Italiana* a partire dal 1871. La *Gazzetta* apparve però come una anomalia che non poté passare inosservata a livello internazionale: la rivista italiana apparentemente non aveva né direttore né (tanto meno) comitato di redazione. Per di più alla *Gazzetta* non corrispose alcuna organizzazione nazionale in grado di rappresentare i chimici italiani. Come è noto solo nel 1919, dopo gli enormi mutamenti portati dalla guerra, gli italiani si ritrovarono in una Associazione di carattere nazionale (nello stesso anno dei turchi e dei polacchi [1]). A quel momento la *Gazzetta* era proprietà personale di E. Paternò (1847-1935), che la aveva controllata per quasi mezzo secolo.

Tralasciando le argomentazioni intermedie, la prima contraddizione che incontriamo è fra il buon livello scientifico della comunità nel suo insieme (para-

gonabile a quello degli inglesi), e l'incapacità di questa stessa comunità di esprimersi sul piano istituzionale (nel senso sociologico del termine). Una ricostruzione abbastanza completa della situazione italiana negli ultimi trenta anni del secolo scorso è stata fatta recentemente da P. Antoniotti, M. Rei e me [2]. Qui sono pertinenti alcuni dati « terminali » di questa ricerca, riguardanti la consistenza quantitativa e le differenziazioni qualitative di due frammenti della comunità italiana, « emersi » nel 1902.

In quell'anno si riunì a Torino il I Convegno Nazionale di Chimica Applicata, convocato dall'Associazione Chimica Industriale. Questa Associazione era stata fondata tre anni prima per iniziativa di Vittorio Sclopis (1844-1918), e di altri industriali e docenti operanti nell'area torinese, e il suo organo ufficiale, *La Chimica Industriale*, divenne subito uno strumento di battaglia politica e culturale su tutti i temi dello sviluppo industriale del paese. Il Convegno poté contare su 324 adesioni; il materiale pubblicato ci ha permesso di stabilire la provenienza geografica e la professione dei convegnisti (quest'ultimo dato solo in 215 casi). Dal punto di vista geografico il Convegno fu indubbiamente « nordista » (261 presenze), con una presenza appena dignitosa del centro (49) ed una piccola pattuglia proveniente dal sud (14). Dal punto di vista professionale il gruppo maggioritario fu costituito da convegnisti connessi con l'industria (112, ma molti dei « non qualificati » apparteneva certamente a questa categoria). Fra i 112, 89 provenivano dal nord e 17 dal centro (in gran parte toscani). La stessa sproporzione si notava fra i 61 docenti e insegnanti, mentre i rappresentanti dell'amministrazione pubblica erano 20 in tutto (12 dal nord, 7 dal centro, uno solo dall'intero sud, comprese le isole).

Questi dati assumono un significato meno scontato se si confrontano con quelli ottenuti dall'analisi dei 304 aderenti alla Società Chimica di Roma fondata nello stesso anno del Convegno (in effetti a seguito di questo). La Società ci presenta un volto tipicamente accademico, con un'ampia esibizione di titoli (appena 20 « non classificati »). Così fra i 284 aderenti di cui conosciamo la professione solo 9 sono connessi con l'industria; la distribuzione geografica dei 207 docenti è interessante: 60 dal nord, 68 del centro, 58 dal sud, 21 dalla Sicilia (ma per quest'ultima si tenga conto che la sua « presenza » scientifica è già declinante). Così la comunità scientifica e didattica dei chimici pare diffusa in tutto il paese, contrariamente alla componente della pubblica amministrazione che vede 41 membri della Società (su 60 di questa categoria professionale) risiedere nell'Italia centrale. Anche tenendo conto del carattere « locale » della Società romana non si può sfuggire all'impressione che il Convegno di Torino non si rispecchiava nella successiva iniziativa della capitale: lo stereotipo di un nord industriale e di un centro burocratico-amministrativo è qui piuttosto calzante.

Ho lasciato in ombra il « polo milanese » della comunità perché all'inizio del periodo considerato la sua attività non è vistosa. In realtà sarà solo la spinta della guerra che metterà in forte movimento la situazione milanese, in particolare con l'arrivo nella capitale lombarda di scienziati con forti collegamenti con

l'industria come M.G. Levi (1878-1954) e G. Bruni (1873-1946), e con le nuove responsabilità tecniche di uomini come E. Molinari (1867-1926).

A conclusione di questa sezione si possono mettere in evidenza almeno due elementi di debolezza della comunità dei chimici italiani all'inizio del secolo. In primo luogo un certo disinteresse della comunità scientifica, in senso stretto, nei riguardi degli aspetti industriali della chimica: la sovrapposizione fra gli aderenti all'iniziativa di Torino e gli aderenti a quella di Roma è di meno del 10%. In secondo luogo una forte differenziazione territoriale, differenziazione che non poteva non accentuare la supremazia del gruppo romano, ben addentro ai meccanismi del potere centrale. A livello storiografico questa differenziazione imporrebbe lo studio di una geografia della chimica italiana, oltre che di una storia; per i nostri interessi attuali è sufficiente averla messa in luce.

Le condizioni dello sviluppo

Uno degli elementi più importanti nell'elaborazione di una politica industriale è la percezione che imprenditori (e tecnici) hanno delle condizioni stesse dello sviluppo. Qui più che altrove tendono a permanere i modelli già acquisiti, ed infatti proprio sul punto cruciale del rapporto con l'agricoltura l'analisi stentò a staccarsi da un atteggiamento « naturalistico ». Ancora nel 1916 M.G. Levi affermava perentoriamente: « il Paese nostro è e deve essere prima di tutto un paese agricolo » (3). I prodotti fondamentali dell'industria inorganica pesante erano tutti rivolti all'agricoltura (solfato di rame, solfato d'ammonio, calciocianamide, superfosfati), ma questo stato di fatto poteva anche non essere assunto come « naturale » se fin dal 1903 ci si chiedeva:

« ... possiamo noi chiamarci nazione agricola, quando importiamo annualmente per 200 milioni di lire di solo grano?

Quando le nostre industrie saranno fiorenti, quando nel paese vi sarà esuberanza di capitale, allora soltanto questo potrà volgersi all'agricoltura dove l'impiego ne è sempre meno lucroso che nell'industria » (4).

Queste parole di Cesare Serono (1871-1952) erano veramente profetiche, ma la « realtà » economica e politica sembrava spingere in altre direzioni, e, d'altra parte, gli imprenditori erano troppo spesso impegnati in una battaglia di pura sopravvivenza contro un fisco cieco (in questo caso!) alle esigenze della produzione. La fiscalità di prodotti fondamentali quali il sale comune e l'alcool etilico era tale da ostacolare o addirittura da impedire lo sviluppo di interi comparti (si pensi all'uso dell'alcool etilico come solvente). Valgono anche in questo caso le parole di un grande imprenditore-tecnico, dello stesso livello e della stessa generazione di Serono. Scriveva nel 1916 Roberto Lepetit (1865-1928):

« E' necessario che il fisco abbandoni il criterio che informa i suoi regolamenti e da cui emerge più che altro il concetto di considerare ogni

consumatore come un frodatore... che un soffio di modernità entri nel ministero delle Finanze ed egli stesso, nel proprio interesse, renda meno schiacciante la faragine burocratica e il bizantinismo delle disposizioni vigenti, le quali talvolta risalgono a 30 anni addietro e non tengono in alcun conto dell'evoluzione della chimica applicata» [5].

Nei primi decenni del secolo le materie prime fondamentali per l'industria chimica non superavano la mezza dozzina: lo zolfo, le rocce fosfatiche, il nitro del Cile, il cloruro sodico, il carbone e i sali potassici. Rispetto alle condizioni in cui si trovavano molte industrie estere le difficoltà dell'industria italiana si potevano riassumere in un solo punto: il carbone. Per le altre voci infatti la situazione era la seguente: zolfo e sale comune potevano essere ottenuti *in loco* a costi discretamente concorrenziali; rocce fosfatiche e nitro del Cile dovevano essere importati dal Nord Africa e dal Sud America, così come facevano i concorrenti europei. La Germania deteneva un vero e proprio monopolio dei sali potassici, ed essa, quindi, era l'unica ad avere un sostanziale vantaggio sotto questo aspetto. L'atteggiamento dei tecnici e degli imprenditori verso la questione del carbone è perciò significativo, perché può chiarire in quale direzione si muovesse il pensiero degli studiosi in merito alla «naturalità» dei limiti dello sviluppo industriale italiano.

Per tutto il periodo sono numerosi gli interventi dei tecnici (in particolare da parte di Molinari) contro gli sprechi d'energia, un bene per noi prezioso, ma il cambiamento di «tono» può essere percepito mettendo a confronto due valutazioni opposte, fatte da figure di rilievo della comunità. Nel 1911 Wilhelm Körner (1839-1925), in occasione del cinquantenario dell'Unità scriveva a proposito delle nostre difficoltà «naturali»: «l'Italia non ha carbon fossile e basti pensare come per questa deficienza non sia possibile da noi una delle prime industrie chimiche, quella della soda» [6]. Appena quattro anni dopo Giovanni MorSELLI (1875-1958), allora dirigente della Carlo Erba, contestava questa affermazione richiamando fra l'altro il fatto che la concentrazione della soda caustica («il prodotto chimico pel quale... è richiesta maggiore quantità di carbone») costava in termini di carbone meno del trasporto di quel prodotto, già concentrato, da Liverpool a Milano. La conclusione era recisa:

«... appare dunque che la mancanza di carbone, se rappresenta innegabilmente una debolezza nostra, non costituisce però una pregiudiziale d'impossibilità allo sviluppo della nostra industria chimica» [7].

Un ultimo fattore dovrebbe essere ricordato a proposito delle condizioni «date» allo sviluppo dell'industria chimica, e cioè l'occupazione del mercato interno da parte degli oligopoli tedeschi. La pervadente presenza degli «agenti» commerciali tedeschi in ogni settore della chimica e della parachimica (compresi gli inchiostri e i lucidi da scarpa), era un fenomeno socio-economico grave, sotto gli occhi di tutti. In questa comunicazione preferisco trattare il «modello» tedesco da un altro punto di vista.

La questione dell'imprenditorialità.

Come è noto la nascita dell'Impero tedesco fu preceduta (e seguita) da un poderoso sviluppo industriale nei settori fondamentali della siderurgia, della meccanica, dell'elettromeccanica e, ovviamente, della chimica. Non c'è da stupirsi quindi se l'immenso successo politico-economico della Germania divenne un tema costante di discussione in tutti gli altri paesi europei. L'Italia non fece eccezione, e costanti furono i tentativi di trarre qualche lezione dal « modello tedesco ». Tuttavia con il passare dei decenni ci si accorse che il modello era molto complesso e non poteva essere ridotto al solo tratto (importante) del rapporto fra scienza e industria. Nel 1910 apparve su *L'industria chimica* un corsivo che interveniva nella polemica suscitata da certi « apprezzamenti » della stampa tecnica tedesca a proposito della nostra industria chimica; in effetti il corsivo si risolveva in un'ammirata riproposta del modello: « Va dato merito ... alla fiducia che in quel paese seppero accaparrarsi i dirigenti delle aziende medesime coll'avvedutezza del loro propositi e colla tenacia nel perseguirli, favorita quest'ultima dal favore del governo, dalla disciplina delle masse, dall'estesa cultura di tutto un popolo » [8]. Altrettanto esplicita doveva essere cinque anni dopo (alla vigilia dell'entrata in guerra dell'Italia) l'ammirazione di Morselli nei confronti dell'industria farmaceutica tedesca:

« Gli elementi del successo tedesco, in questo campo, sono noti a tutti coloro che si occupano di questioni chimiche: in una frase comprensiva, i tedeschi hanno, anche in questo campo, saputo organizzare, hanno cioè fuso in un unico organismo, vivo, vitale e operante, la capacità inventiva e produttiva dei loro chimici, la flessibilità ingegnosa e illuminata del fisco, le attitudini praticamente fattive dei loro farmacologi, il nazionalismo dei loro medici, lo spirito invadente, elastico dei loro commercianti » [9].

Se si supera la retorica organicistica di Morselli si coglie che l'analisi è divenuta sufficientemente complessa, e che qui « i tedeschi » sono in realtà gli imprenditori tedeschi.

Anche se in modo meno articolato la figura dell'imprenditore era stata fin dall'inizio del secolo uno dei punti più critici nell'analisi della situazione italiana. Già nel 1904 *L'industria chimica* in un corsivo significativamente intitolato « Come le pecore... » scagliava una denuncia durissima: « L'industria chimica, difficilissima in sé, per una disgraziata fatalità è in mano, specialmente dal lato della creazione del mercato, a gente assolutamente impari al mandato assunto » [10].

In termini più aulici lo stesso tema era ripreso dall'anziano Körner nel 1911: « ... ciò che prima di tutto occorre, è l'illuminato spirito dell'intrapresa, che sia in grado di creare un perfetto organismo industriale, non solo dal punto di vista tecnico, ma anche, e più, dal punto di vista amministrativo e che sappia subito adottare ogni miglioramento tecnico atto a produrre una diminuzione anche minima delle spese di produzione » [11]. D'altra parte non va trascurato un certo grado di falsa coscienza, se si legge la « denuncia », anch'essa datata 1911, di Morselli:

« Gli insuccessi e le disillusioni che ha conosciuto l'industria chimica italiana, stanno appunto... a dimostrare come presso di noi tutto codesto programma di serietà di lavoro e di forte ed organica preparazione sia rimasto talvolta dimenticato, mentre per sfortuna le fonti vive dell'industria siano state non di rado inquinate e conturbate da infide speculazioni finanziarie » [12].

Morselli era allora uno dei massimi dirigenti dell'industria elettrochimica italiana, ed è certo che di speculazioni finanziarie doveva avere una buona esperienza personale. Meno metaforica e più argomentata sarà infine la valutazione di Ettore Molinari, espressa nel pieno della Grande Guerra: « ...bisogna che gli industriali si modernizzino tecnicamente. I criteri generali direttivi delle aziende chimiche in Italia devono evolversi, consolidarsi su basi più sane, all'infuori delle speculazioni arrischiate e dalle mene di affaristi poco scrupolosi ». Le sue conclusioni hanno ancora un amaro sapore di attualità:

« La piaga dei banchieri cattivi industriali ha il suo riscontro negli industriali borsisti, e così noi abbiamo assistito troppo di frequente ad arditi slanci seguiti da precipitose cadute che portano lo sconcerto in interi rami dell'industria con arresti e talvolta con disastri irreparabili » [13].

E' evidente che allora (come adesso) il problema dell'imprenditorialità chimica non poteva essere risolto sulla base di denunce e di analisi, e d'altra parte la guerra alterò, drammaticamente, tutti i termini del problema.

La guerra, e oltre

Nel corso della comunicazione ho accennato più volte alla Grande Guerra sia perché costituisce il punto d'arrivo della presente ricerca, sia perché quegli anni terribili possono essere veramente assunti come uno spartiacque nella storia della società italiana. L'entrata in guerra, ed in una guerra « chimica », scosse per il bene e per il male l'intera comunità chimica. Per il « male » possiamo ricordare il permanere, se non addirittura l'acuirsi, dell'influenza del ristretto gruppo di potere nato dalla scuola di Cannizzaro; per gli aspetti industriali della mobilitazione fu nominato dal governo un Comitato per le industrie chimiche presieduto da Ciamician, e comprendente tre altri scienziati, Nasini, Villavecchia e M.G. Levi, e due tecnici-imprenditori Serono e Morselli; quei tre scienziati erano « allievi » diretti di Cannizzaro, e il quarto, Levi, era allievo di Nasini. Per il « bene » va citata l'attività del chimico che contribuì maggiormente alla mobilitazione industriale. Ettore Molinari diresse a Cengio lo sforzo colossale della Società Italiana Prodotti Esplosivi, volto a sopperire alle enormi necessità del nostro esercito. Coadiuvato da due figli, Henry e Vittorio, e da tecnici quali A. Dumontel (1876-1950) e E. Poggiani (1888-1958), Molinari riuscì a moltiplicare di 25 volte la produzione degli esplosivi, confermando così l'utilità pratica delle sue « prediche » accademiche sull'efficienza degli impianti.

Dal punto di vista specifico delle proposte di politica industriale gli anni della

guerra furono molto vivaci in quanto i chimici « sentivano » (e non poteva essere altrimenti) che la loro industria stava diventando adulta, e che nel dopoguerra, almeno in alcuni settori, avrebbe potuto reggere la concorrenza estera. Non posso qui seguire nei dettagli le molte voci e sfumature di quel dibattito, tuttavia alcuni tratti vanno ricordati. Nel 1916 Ivanhoe Ceruti (1868-1924) tenne una conferenza presso l'Associazione Chimica Industriale di Torino sul tema rilevantisimo delle piccole industrie chimiche. Ceruti era un uomo di ampia esperienza, sia industriale (stabilimenti Scoplis e Serono di Torino), sia professionale e di insegnamento. Nella sua conferenza propose un modello di sviluppo capillare e decentrato dell'industria chimica, con una particolare connessione con il comparto agricolo, per cui parlò di « rettificazione locale delle essenze, ... preparazione di estratti di piante, ... lavorazione delle materie tartariche nei centri vinicoli, ... raccolta e depurazione delle materie grasse » [14]. Ma la tendenza prevalente era comunque un'altra, che collocava sull'orizzonte futuro del nostro paese la grande industria. Noto ancora che a questo « orizzonte » si poteva giungere con percorsi assai diversi, come vedremo subito in due interventi di M.G. Levi e Molinari. Nel contesto di un'ampia analisi sullo stato della industria inorganica Levi confermava gli stretti rapporti fra produzione industriale e (un certo tipo di) produzione agricola (cfr. cit. al Rif. [4]), e sanciva il primato della grande industria: « E' necessaria una poderosa organizzazione delle forze e dei capitali nostri per prepararci veramente un avvenire industriale degno del nostro avvenire politico: non è la piccola industria con basi malferme e capitali scarsi, con esitazioni e timori, quella che dobbiamo favorire in questo momento e quella che potrebbe domani affrontare la concorrenza straniera ». E per essere ancora più chiaro aggiungeva:

« ... è la grande industria che va favorita in Italia: coalizione di industrie esistenti, formazione di poderose industrie nuove alle quali il Governo dovrà pur dare importantissimi aiuti, ma che devono avere soprattutto in sé stessi i mezzi di lotta, intellettuali e economici » [15].

Molinari prendeva posizione a favore della grande industria (meglio, nel suo linguaggio, a favore delle « grandi fabbriche ») partendo dalla sua esperienza di direttore tecnico della più grande fabbrica di esplosivi italiana, la già citata SIPE di Cengio, il cuore della mobilitazione industriale. Scriveva Molinari: « Fabbriche in Italia che producevano 2-3000 kg di esplosivo al giorno, oggi ne producono 50-60 e anche 80.000 kg ... per detta produzione occorrono grandi fabbriche ». Uno sforzo moltiplicato dal rapporto 1:2-4 fra la quantità di esplosivo prodotto e gli acidi nitrico e solforico necessari. Per Molinari la protagonista dello sforzo bellico è la grande fabbrica con tutta la complessità dei suoi servizi logistici; scienza e produzione sono fuse in:

« un congegno complesso a cui prendono parte innumeri attività: dagli Operai, ai Chimici, agli Ingegneri ed agli Amministratori » [16].

La « poderosa organizzazione » di Levi diventa il « congegno complesso » di Molinari. Lascio al lettore l'interpretazione « politica » di questi termini affatto

ingenai, per dare un ultimo sguardo alla comunità dei chimici oltre la guerra. L'adesione dei chimici italiani al fascismo fu ampia, e in buona parte spontanea (stavo per scrivere « sincera »). Tre dei membri del Comitato per le industrie chimiche su citato divennero deputati nelle legislazioni fasciste: lo scienziato Bruni e gli imprenditori Morselli e Serono. Non voglio qui pronunciarmi su queste vicende che richiedono un'altra strumentazione metodologica [17], e vanno oltre il periodo trattato, tuttavia devo almeno accennare alla insoddisfazione verso i governi liberali sentita in molti settori della comunità. Valga per tutti una citazione di uno dei nostri migliori uomini di allora, Roberto Lepetit:

« Tutti gli sforzi dei cultori della chimica, professori e industriali, diretti a suscitare qualche interessamento per un ramo tanto importante della moderna attività, trascorsero fra l'indifferenza del governo, dei legislatori e del pubblico » [18].

Questo senso di frustrazione getta un'ombra su tutto il divenire di quegli anni.

Conclusioni

Dopo la presentazione di un quadro sommario della consistenza e delle principali articolazioni della comunità dei chimici italiani all'inizio del secolo, ho discusso alcuni temi su cui veniva accentrata l'attenzione in riferimento alle condizioni dello sviluppo dell'industria chimica nel nostro Paese: la legislazione e l'intervento (oppressivo) del fisco, la disponibilità di materie prime, i rapporti con l'agricoltura. Ma fra le stesse condizioni dello sviluppo noi percepiamo come essenziale la questione dell'imprenditorialità: la documentazione dimostra che i chimici-tecnici di allora erano attenti a questo problema, e che esso era inserito in un « modello tedesco » di politica industriale. La Grande Guerra, infine, si presenta come un momento decisivo di rottura con una presunta « naturalità » dello sviluppo economico in Italia: il sorgere della Grande Industria mise in discussione, oggettivamente, il rapporto chimica-agricoltura fino ad allora imperante.

Le conclusioni del presente lavoro sono tre:

- una concezione « naturalistica » dello sviluppo industriale venne criticata e superata;
- il « modello tedesco » fu reinterpretato da semplice schema (rapporto scienza-industria) a sistema complesso (civiltà industriale);
- la permanente frustrazione dei chimici nelle loro attese nei confronti dello Stato pose le premesse per una (successiva) larga adesione al fascismo.

BIBLIOGRAFIA E NOTE

- [1] S. NEUBERGER, *Chronologie Chemie, 1800-1970*, Weinheim: Verlag Chemie, 1977, p. 320.
- [2] P. ANTONOTTI, L. CERUTI, M. RAI, *I chimici italiani nel contesto europeo, 1870-1900*, in corso di pubblicazione presso F. Angeli, Milano.
- [3] M.G. LEVI, *Le industrie italiane minerarie e chimiche di prodotti inorganici*. «Ann. Chim.», 152-160 (1916); cit. alla p. 151.
- [4] C. SEZONO, *E' possibile l'industria chimica in Italia*. «Ind. Chim.», 5, 1-5 (1903); cit. alla p. 4.
- [5] R. LEBERTY, *Si potrebbero produrre materie coloranti artificiali in Italia*. «Ind. Chim. Min. Metallurgia», 3, 65-79 (1916); cit. alla p. 71. Si noti il carattere esortativo di questo titolo e del precedente.
- [6] W. KÖNIG, *L'industria chimica in Italia (1861-1910)*, letto in «Ind. Chim.», II, 366-367 e 383-384 (1911); cit. alla p. 366.
- [7] G. MORSELLI, *Debolezze ed energie latenti dell'industria chimica italiana nelle ripercussioni della guerra europea*. «Ind. Chim. Min. Metallurgia», 2, 161-169 (1915); cit. alla p. 366.
- [8] Anonimo, *Cause ed effetti*. «Ind. Chim.», 10, 353-355 (1910); cit. alla p. 355.
- [9] Rif. [7], p. 168.
- [10] X., *Come le pecore...* «Ind. Chim.», 6, 306-307 (1904); cit. alla p. 307.
- [11] Rif. [6], p.
- [12] G. MORSELLI, *L'industria chimica italiana nello stato presente e nel prossimo avvenire*. «Ind. Chim.», 11, 205-206 e 220-222 (1911); cit. alla p. 222.
- [13] E. MOLINARI, *L'importanza del chimico nell'industria moderna*. «Ind. Chim. Min. Metallurgia», 4, 165-168 (1917); cit. alla p. 165.
- [14] I. CERUTI, *Piccole industrie chimiche*. «Ind. Chim. Min. Metallurgia», 3, 115-117 (1916); cit. alla p. 117.
- [15] Rif. [3], cit. alle pp. 157 e 158.
- [16] E. MOLINARI, *Lo sviluppo di alcune grandi industrie chimiche in rapporto alla guerra*. «Ann. Chim.», 13-41 (1917); cit. alle pp. 15 e 32.
- [17] Ho comunque preso posizione in «Chimica e chimici in Italia, 1820-1970», in corso di pubblicazione presso la Bizzante Editrice, Milano.
- [18] Rif. [5], p. 65.

GIUSEPPE BRUZZANITI (*)

La scoperta della radioattività (**)

The Discovery of Radioactivity.

ABSTRACT. — It is usually retained that the discovery of radioactive phenomena and the first individuation of radioelements followed as a result of an experimental research program directed by casual factors. The examination of documents leads to advance a contrary thesis: the investigations that led to explanation of radioactive phenomena arose from a close interaction between experimental and theoretical research.

E' opinione diffusa che la scoperta dei fenomeni radioattivi, così come l'individuazione dei primi radioelementi fortemente attivi (Polonio e Radio), siano il risultato di indagini sperimentali fortemente guidate da fattori casuali. In questa comunicazione si cercherà di documentare, sulla base del materiale documentario, una tesi diametralmente opposta: le ricerche che condussero alla comprensione dei fenomeni radioattivi ebbero origine da problematiche che si situano all'interno di una stretta interazione tra ricerca teorica e ricerca sperimentale.

La scoperta dei fenomeni radioattivi ha origine dalla scoperta dei raggi X ad opera di W. Röntgen nel 1895. La consuetudine con cui oggi si considera questo tipo di radiazione, il fatto che essa appartenga (almeno nel suo effetto più appariscente) al dominio della conoscenza comune, rende certamente difficile immaginare l'esplosione di stupore e d'interesse che tale scoperta suscitò. Basta solamente ricordare che L. Olivier, direttore della *Revue Générale des Sciences*, commentando in un'altra rivista la scoperta dei raggi X scriveva: «... La grande scoperta del professor Röntgen è passata direttamente dal suo laboratorio al pubblico, dove si è propagata con la rapidità del lampo, prima ancora che i giornali scientifici avessero il tempo di parlarne». Non fu tuttavia grazie all'ingenua sensazionalità di cui si circondarono quelle singolari radiazioni, capaci di far vedere

(*) Dipartimento di Fisica, Università di Genova.

(**) Relazione presentata al II Convegno Nazionale di « Storia e Fondamenti della Chimica » (Roma, 16-19 settembre 1987).

all'occhio umano ciò che in condizioni usuali era ad esso invisibile, che i raggi X si affermarono come un fatto scientifico di tanto rilievo che J. Perrin, molti anni dopo, ricorderà la scoperta di Röntgen come l'inizio di una « nuova era per la fisica ». Furono, invece, le attente ricerche dello stesso Röntgen fondate sull'applicazione delle leggi dell'elettromagnetismo e dell'ottica che permisero la sistematizzazione di tale fenomeno all'interno di una rigorosa e ben definita problematica.

Tra i primi risultati delle ricerche di Röntgen uno dei più significativi fu il comprendere che le nuove radiazioni erano originate dalla parete di vetro dei tubi a vuoto quando questa diventava fluorescente a causa dell'urto, su di essa, dei raggi catodici.

Fu Henri Poincaré che nella seduta del 20 gennaio del 1896 all'Académie des Sciences di Parigi, presentando una relazione sui nuovi fenomeni scoperti da Röntgen, formulò l'ipotesi di una stretta connessione tra i fenomeni di fluorescenza e i raggi X. In altre parole, Poincaré suppose che la causa di tali raggi dovesse essere ricercata proprio nella fluorescenza del vetro della regione anticatodica e ciò indipendentemente dal fatto che a produrla fossero stati i raggi catodici. Quindi, se l'ipotesi di Poincaré si fosse rivelata esatta, ogni sostanza, resa fluorescente non soltanto dall'urto dei raggi catodici, ma anche da altri fattori, avrebbe dovuto emettere raggi X.

Henri Becquerel, raccogliendo l'invito di Poincaré dette immediatamente avvio a un minuzioso programma di ricerca per verificare tale ipotesi. Le prime indagini dello scienziato consistevano nell'esporre alla radiazione solare dei minerali costituiti da solfato doppio di uranio e di potassio per vedere poi se erano in grado, data la loro intensa fosforescenza, di impressionare delle lastre fotografiche avvolte in un foglio di carta scura. Le prime esperienze furono positive e l'ipotesi di Poincaré sembrava dunque confermata.

Se si seguisse da questo punto in poi quella facile storiografia così incline a trasformare la storia della scienza in leggenda, la scoperta di Becquerel dei raggi uranici diventerebbe soltanto il frutto di tutta una serie di fortunate coincidenze: dei cristalli di solfato doppio di uranio e di potassio sarebbero stati riposti in un cassetto su delle lastre fotografiche dopo che una perturbazione atmosferica aveva impedito la loro esposizione alla luce solare. Nonostante tale contrattacco lo scienziato decideva ugualmente di sviluppare le lastre e constatava, con stupore, che i sali di uranio avevano emesso della radiazione penetrante. In realtà ripercorrendo tra i documenti originali l'itinerario attraverso cui si articolano le indagini di Becquerel si ha effettivamente notizia di una perturbazione atmosferica e che lo scienziato sviluppando le lastre fotografiche invece di trovare delle immagini molto deboli, trovò che esse « apparvero con una grande intensità ». Fu tuttavia il caso a rendere possibile tale scoperta? Dovremmo forse da qui concludere che è affidandosi all'occasione che la scienza va avanti? Non è piuttosto in quell'irrazionale tendenza a stabilire una tenace continuità epistemologica tra esperienza comune ed esperienza scientifica che va ricercata la matrice dei precedenti interrogativi?

Rispondere alle precedenti domande non è facile. Si possono trarre, tuttavia, delle interessanti, sia pure sommarie informazioni esaminando il contesto in cui le indagini di Becquerel vanno a inserirsi. Così facendo si scopre infatti una vastissima proliferazione di esperienze volte a comprendere la natura e le cause dei raggi X (basti pensare che in circa due anni furono pubblicati su tale argomento più di cinquanta volumi e più di mille articoli). Il dibattito scientifico che si sviluppò in quegli anni si popolò così di oggetti singolari e fantasiosi. I « raggi N », la « luce nera », e altri tipi di radiazioni, capaci di penetrare oggetti opachi alla luce ordinaria, fecero la loro comparsa nelle riviste scientifiche.

In una fenomenologia così confusa, di cui gli scienziati stessi erano consapevoli, le esperienze di Becquerel acquistano allora un significato del tutto nuovo. Non è comunque intenzione di questa comunicazione esaminare in dettaglio le problematiche individuabili nelle numerose polemiche sorte in quegli anni. Si vuole soltanto sottolineare che al loro apparire i risultati di Becquerel riscosero uno scarso interesse, pari a quello di altri fenomeni, molti dei quali, proprio in quegli anni si rivelavano come il risultato di banali errori sperimentali che facevano credere all'esistenza di misteriose radiazioni penetranti in realtà inesistenti.

Esaminato da questo punto di vista, il fatto che Becquerel abbia sviluppato quelle lastre fotografiche su cui erano stati posti dei sali d'uranio non esposti precedentemente alla radiazione solare, non appare più come una fortunata coincidenza, al contrario essa appare come l'esito di una precisa tecnica sperimentale che manifesta il chiaro tentativo di non lasciare nulla al caso.

Ancora più significativa, per lo scopo di questa comunicazione, è la scoperta del Polonio e del Radio: infatti, è opinione diffusa che dopo la scoperta di H. Becquerel i coniugi Curie diedero avvio a uno dei più fruttuosi programmi sperimentali di fine ottocento. Essi, nel tentativo di scoprire se altri elementi possedessero le singolari proprietà dell'uranio, presero ad esaminare tutti gli elementi esistenti in natura. Il primo risultato di tale lavoro fu la scoperta di un secondo elemento radioattivo: il torio. Il programma sperimentale dei Curie non si arrestò tuttavia a questa scoperta: un empirismo non ancora del tutto soddisfatto doveva spingere i due ricercatori a compiere un'ulteriore indagine misurando l'attività di tutti i composti dell'uranio e del torio, e quando, in questo lavoro di catalogazione, venne la volta della pechblenda (minerale contenente ossido d'uranio) e della calcolite (minerale contenente fosfato cristallizzato d'uranio e di rame) emerse la prima anomalia: questi minerali erano infatti più attivi dell'uranio metallico, il primo per un fattore quattro, il secondo per un fattore due. La contraddizione era evidente: se l'uranio e il torio erano gli unici due elementi radioattivi conosciuti, come poteva essere spiegata la notevole attività della pechblenda e della calcolite? Per risolvere tale anomalia i due scienziati avanzarono l'ipotesi che all'interno dei due minerali fosse contenuto un nuovo elemento radioattivo; i processi chimici per separarlo ebbero subito inizio e quando non uno, ma due elementi fino ad allora sconosciuti furono scoperti (il

polonio e il radio) Pierre e Marie Curie divennero i più abili sperimentatori del secolo e i pionieri della chimica delle sostanze radioattive.

Su quelle basi, però, Pierre e Marie Curie conclusero dall'anomala attività della pechblenda e della calcolite che doveva esistere un nuovo elemento fino ad allora sconosciuto? Era davvero quella l'unica soluzione oppure se ne potevano trovare altre meno audaci e più solidali con i principi dell'empirismo? In altre parole la scoperta del polonio e del radio, così come emerse, può essere considerata come il prodotto finale di un programma di ricerca che fondava la sua euristica sui principi dell'empirismo?

Ebbene restituendo i fenomeni radioattivi alla cultura scientifica del loro tempo si scorge un fatto denso di significato. Ai ricercatori che già lavoravano sulle sostanze fosforescenti era nota, da lungo tempo, una singolare proprietà posseduta dal fosforo: l'attività di tale elemento dipendeva dallo stato chimico in cui si trovava, più precisamente quando compariva come fosfato bianco era molto più attivo di quando compariva come fosfato rosso.

Sarebbe stato molto più semplice per i coniugi Curie, se avessero pensato il fenomeno come un fatto scientifico istruito dalla sola esperienza, ricercare le cause dell'anomalo comportamento della pechblenda prendendo come modello il noto e chiaro comportamento del fosforo. Essi avrebbero potuto pensare che le proprietà radioattive della pechblenda e della calcolite dipendessero dal particolare stato chimico dell'uranio contenuto in tali minerali. E' vero che i due scienziati avevano preso in considerazione questa evenienza preparando artificialmente, attraverso il processo Debray, il fosfato d'uranio e di rame, ottenendo per l'attività di questo composto artificiale un valore assai minore di quello ottenuto con la calcolite naturale. Poteva essere tuttavia concludente un'unica esperienza per scartare l'ipotesi di una dipendenza tra lo stato chimico dell'uranio e la sua attività? All'interno della pechblenda e della calcolite erano presenti numerosi elementi: bario, bismuto ed altri ancora; non potevano, perciò, esistere dei composti dell'uranio con questi elementi più attivi dell'uranio stesso?

Esaminando i lavori di Pierre e Marie Curie non si scorge però una proliferazione di monotone esperienze per sottoporre a ulteriore controllo l'ipotesi precedente, ma la formulazione di una tra le più rivoluzionarie ipotesi che poteva essere formulata a quell'epoca: l'attività degli elementi radioattivi non può dipendere dal loro stato chimico in quanto la radioattività è la manifestazione di una proprietà atomica.

E' opportuno, a questo punto, particolareggiare maggiormente la scoperta del radio, penetrando più a fondo nei dettagli della sua cronologia.

Le date ufficiali attraverso cui si articola tale scoperta sono le seguenti: il 12 aprile del 1898, sui *Comptes Rendus* Marie Curie pubblicava un articolo in cui annunciava che le singolari proprietà radianti scoperte da Henri Becquerel potevano essere attribuite oltre all'uranio anche al torio. In questo lavoro veniva anche segnalata la curiosa anomalia presentata dalla Pechblenda e veniva inoltre formulato il convincimento che la radioattività fosse una proprietà specifica della materia indipendente dal suo stato chimico-fisico.

Il 18 luglio del 1898 un secondo articolo, questa volta di Marie e Pierre Curie portava a conoscenza della scoperta di un elemento chimico fino a quel tempo sconosciuto, a cui i due scienziati davano il nome di « Polonio ».

Alla fine del 1898 — il 26 dicembre — compariva un articolo di Pierre e Marie Curie, con la collaborazione di G. Bernont, in cui si annunciava che tutta una lunga serie di separazioni chimiche avevano condotto a isolare un secondo nuovo elemento estremamente più attivo del polonio e dell'uranio. A tale elemento veniva dato il nome di « Radio ».

Si possono trarre delle utili informazioni confrontando queste date con quelle dei tre quaderni di laboratorio dei due scienziati, che sono stati portati a conoscenza dalla loro figlia Irene Curie.

Il racconto di Irene è molto preciso. Così ella si esprime ricostruendo l'itinerario delle ricerche dei genitori: « Il primo taccuino è stato iniziato da Pierre Curie il 16 settembre 1897; tutta la prima parte è scritta da lui e riguarda lo studio dei cristalli di pirite di ferro dal punto di vista delle loro proprietà termoelettriche. Il 16 dicembre Marie Curie inizia il suo lavoro sulle radiazioni dell'uranio. Il resto del taccuino è quasi interamente di suo pugno, con occasionalmente una nota in margine, qualche cifra, una curva, tracciata da Pierre Curie: il che mostra che egli seguiva da vicino i progressi del lavoro. Dal 18 marzo 1898 Pierre Curie aveva abbandonato le altre ricerche in corso e, negli altri taccuini, si vedono alternate, da una pagina all'altra, o sulla stessa pagina le due scritture, i cui tratti individuanti sono assai caratteristici ».

Come è facile vedere, confrontando le date delle pubblicazioni scientifiche con quelle tratte dai quaderni di laboratorio, si è portati a concludere che Pierre Curie rivolse le proprie ricerche verso i fenomeni radioattivi in coincidenza con la formulazione dell'ipotesi, di Marie Curie, in base a cui la radioattività era pensata come la manifestazione di una proprietà atomica. Quest'ultima considerazione, se messa in relazione con il fatto che le precedenti ricerche di Pierre Curie vanno situate in un ambito prettamente teorico (avevano per oggetto l'individuazione di leggi generali riguardanti la simmetria dei fenomeni fisici), ci consentono di interpretare meglio le prime ricerche, e in particolare quelle dei Curie, sui fenomeni radioattivi: esse vanno sganciate da ogni prospettiva empiristica per cogliere, invece, il segno manifesto di un'organizzazione sperimentale intorno a una prospettiva teorica di immensa generalità, e più precisamente il tentativo di verificare l'ipotesi che la radioattività fosse la manifestazione di una proprietà atomica. La scoperta del radio fu il coronamento di questo progetto che, è facile capire, sarebbe falso dichiarare empirico o, peggio ancora, governato dal caso.

NADIA ROBOTTI (*)

L'elettrone di J.J. Thomson (**)

J.J. Thomson and the Electron.

ABSTRACT. — In this paper I try to reconstruct the debate of the second half of the nineteenth century about the nature of the cathode rays, which led, in 1897, to the measurement, by J.J. Thomson, of the mass to charge ratio of the electron. In particular, I show that such a debate concerned two distinct theories, with two distinct empirical bases: the "wave" theory, which regarded the cathodic rays as ether waves, and the "material" theory, which regarded the cathode rays as matter particles (atoms or molecules). From this debate a third theory arose, which improved both theories and explained all the experimental results.

In questa comunicazione si cerca di ricostruire il dibattito sorto nella seconda metà dell'800 intorno alla natura dei « raggi catodici » e che portò, nel 1897, alla determinazione, da parte di J.J. Thomson, del rapporto massa/carica dell'elettrone. In particolare, si mostra come tale dibattito investisse due distinte teorie, con due distinte basi empiriche: la teoria « anti-materialista, che considerava i « raggi catodici » onde d'etere, e la teoria « materialista », che considerava i « raggi catodici » particelle materiali (atomi o molecole). Il confronto tra queste due teorie, comunque, non si concluse con la vittoria di una teoria a scapito dell'altra: esso, di fatto, si risolse con l'emergere di una terza teoria, che superava entrambe le teorie precedenti e così forte da inglobare in sé i vari risultati sperimentali fino ad allora accumulati.

Uno dei problemi che la Fisica dell'800 doveva affrontare era quello di individuare il rapporto esistente tra materia ed elettricità. Non esisteva, infatti, alcuna teoria sulla natura dell'elettricità: si pensava genericamente che essa fosse un « fluido » di origine sconosciuta. Maxwell, ad esempio, nella stesura del famoso « Trattato » del 1873 partiva dall'assunto che « l'azione elettrica è un fenomeno

(*) Dipartimento di Fisica, Università di Genova.

(**) Relazione presentata al II Convegno Nazionale di « Scoria e Fondamenti della Chimica » (Roma, 16-19 settembre 1987).

dovuto ad una causa sconosciuta, soggetto solamente alle leggi generali della dinamica ».

Al fine di stabilire la natura dell'elettricità moltissimi studiosi nella seconda metà dell'800 analizzarono il comportamento di un gas rarefatto in presenza di una scarica elettrica. Questa scelta era motivata dal fatto che un simile tipo di studi consentiva di indagare le interazioni tra elettricità e materia nel caso in cui quest'ultima si trovava nello stato « apparentemente più semplice ».

Le apparecchiature usate in questo tipo di studi sono schematizzate in fig. 1, dove C ed A rappresentano rispettivamente l'elettrodo negativo e positivo tra i quali veniva fatta passare la scarica e T la pompa a vuoto.

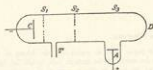


Fig. 1

Si può dire che fu Faraday, nel 1838, ad affrontare per primo in modo quantitativo questo tipo di studi, ma progressi sostanziali si ebbero soltanto dopo che Geissler, nel 1855, introdusse un nuovo tipo di pompe a vuoto, in grado di raggiungere le 10^{-4} Atm. A tali pressioni i fenomeni di scarica si semplificavano drasticamente ed era possibile individuare un'invariante dei processi di scarica: lo spazio buio antistante il catodo. Aumentando il grado di vuoto, questa zona aumentava soltanto di dimensioni fino che a 10^{-5} Atm. superava l'anodo e si estendeva per tutto il tubo, raggiungendo la parete D, dove produceva fosforescenza del vetro.

Una volta individuata questa invariante del processo di scarica, gli studi si focalizzarono su di essa e in particolare sulle proprietà di quel qualcosa che sembrava provenire dal catodo ed estendersi per tutta la lunghezza del tubo. A partire dal 1858, grazie soprattutto ai lavori sperimentali di Plücker, Hittorf e Goldstein, si riuscì a stabilire che quel « qualcosa » veniva emesso perpendicolarmente al catodo, viaggiava in linea retta, provocava fluorescenza nel vetro, induceva reazioni chimiche, esercitava effetti meccanici, era sensibile all'azione di un campo magnetico, provocava un'ombra. Quest'ultima proprietà portava Hittorf, già nel 1869, a ipotizzare che questo « qualcosa » fosse costituito da raggi rettilinei, ossia da « onde d'etere » emesse dal catodo (da qui il termine « raggi catodici »).

Tale concezione sulla natura dei raggi catodici (in seguito comunemente definita « teoria anti-materialista » od « ondulatoria ») riusciva a spiegare tutte le proprietà fino ad allora attribuite ai « raggi catodici », eccetto il fatto che essi subivano l'azione di un campo magnetico. Fu proprio quest'ultima proprietà, assieme alla proprietà di esercitare effetti meccanici, che spinse Varley, nel 1871, a proporre una nuova ipotesi sulla natura dei raggi catodici, alternativa a quella « ondulatoria »: la così detta ipotesi « materialista ». Secondo tale ipotesi i « raggi

catodici » erano costituiti da « particelle materiali cariche negativamente » e in quanto tali sensibili all'azione del campo magnetico nel verso mostrato dagli esperimenti. Varley comunque non entrava nel merito della natura e dell'origine di queste particelle. Questo problema veniva affrontato da Crookes nel 1879 e risolto da Schuster nel 1884 sulla base di un'analogia tra elettrolisi e scarica nei gas. Schuster ipotizzava, infatti, che sotto l'azione del forte campo elettrico presente presso il catodo le molecole del gas si scindessero in ioni (+) e ioni (-), ossia in atomi o in molecole a cui erano associate quantità definite di elettricità: in quest'ottica, allora, si poteva supporre che i « raggi catodici » non fossero altro che gli ioni (-), i quali, respinti dal catodo, si dirigevano verso l'anodo.

Questa « teoria », così detta « materialista », era chiaramente in contrapposizione con la « teoria ondulatoria ». Di fatto tra di esse negli ultimi due decenni dell'800 si instaurò un rapporto conflittuale, giocato essenzialmente sul piano sperimentale, che si risolse con la nascita di una terza teoria, in grado di inglobare in sé entrambe le basi empiriche delle teorie precedenti.

Non entro nel merito di tutti i vari esperimenti realizzati e interpretati a favore della « teoria materialista » oppure della « teoria anti-materialista ». Mi limito semplicemente a ricordare i lavori sperimentali di Hertz del 1879 in quanto hanno rappresentato un punto di svolta nelle indagini sulla scarica nei gas rarefatti. Questi esperimenti miravano a verificare se i « raggi catodici » presentavano, come richiesto dalla « teoria materialista », proprietà elettrostatiche, ovvero se trasportavano una carica elettrica e se venivano deflessi da un campo elettrico. Per questi due scopi specifici Hertz aveva progettato le apparecchiature schematizzate rispettivamente in fig. 2 e in fig. 3. Nel dispositivo di fig. 2 il tubo di scarica era posto all'interno dei due cilindri metallici coassiali, γ e β , dei quali il più interno (cilindro γ) era collegato ad un elettroscopio e fungeva quindi da rivelatore dell'eventuale carica trasportata dai « raggi catodici », mentre il più esterno (cilindro β) serviva da schermo.

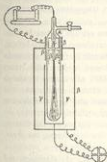


Fig. 2

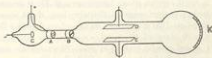


Fig. 3

Nel dispositivo di fig. 3 i « raggi catodici », dopo essere stati collimati in A e B, venivano fatti passare attraverso il campo elettrico creato tra le armature E e D. L'eventuale deflessione dei « raggi catodici » si sarebbe dovuta manifestare con uno spostamento (verso il basso o verso l'alto, a seconda della polarità di D) della macchia fosforescente provocata dall'impatto dei « raggi catodici » con la parete K.

Entrambi gli esperimenti, secondo Hertz, provavano l'inesistenza di proprietà elettrostatiche associate ai « raggi catodici »: l'elettroscopio infatti non segnalava cariche e il campo elettrico non spostava il punto di impatto dei « raggi ».

Questi stessi esperimenti, comunque, non ostante che risultassero positivi per la concezione « ondulatoria », aprirono la via ad esperimenti fondamentali proprio per la concezione opposta. Perrin, infatti, nel 1895, rifaceva l'esperimento di Hertz schematizzato in fig. 2, apportandovi però una variante: i due cilindri coassiali, γ e β , venivano posti all'interno del tubo di scarica. La disposizione sperimentale adottata da Perrin è riportata in fig. 4.



Fig. 4

Operando in queste condizioni (in modo da eliminare l'effetto schermante del vetro), l'elettroscopio si caricava. Invece, se veniva inserito, perpendicolarmente al tubo, un campo magnetico in modo tale che i raggi catodici non potessero raggiungere l'apertura del cilindro interno, l'elettroscopio non si caricava. Con questo esperimento, e con una sua successiva rielaborazione da parte di J.J. Thomson, sembrava dunque lecito sostenere che i « raggi catodici trasportano una carica ».

Ma, contro la concezione « materialista » esistevano sempre serie obiezioni. Da un lato rimaneva aperta la questione, posta da Hertz nel 1883, circa la mancanza di deflessione dei « raggi catodici » in presenza di un campo elettrico. Infatti, in molti avevano rifatto l'esperimento di Hertz schematizzato in fig. 3, ottenendo sempre risultati negativi. Dall'altro lato, alcuni esperimenti iniziati dallo stesso Hertz nel 1891 e proseguiti da Lenard tra il 1894 e il 1895 sollevavano un nuovo tipo di obiezioni alla teoria « materialista ». Questi esperimenti mostravano che i « raggi catodici » erano in grado di attraversare spessori che sperimentalmente erano risultati « inattraversabili dagli atomi ». I « raggi catodici », pertanto, secondo i sostenitori della « teoria ondulatoria », non potevano essere considerati, come richiesto dalla « teoria materialista », atomi o molecole ionizzate, ma dovevano essere considerati « onde ».

Era questa la situazione relativa ai « raggi catodici » quando Roentgen, nel 1896, annunciava la scoperta dei raggi « X ». Immediatamente J.J. Thomson si mise

a studiare l'azione esercitata da questi raggi sui gas e scopri che essi erano in grado di rendere i gas dei « buoni conduttori ». Allora Thomson ipotizzò un'analogia di comportamento tra raggi X e « raggi catodici », la quale gli consentiva di trovare una possibile interpretazione per la mancata deflessione dei « raggi catodici » in campo elettrico: ovvero, se i « raggi catodici », analogamente ai raggi X, erano in grado di rendere conduttore il gas, il risultato di Hertz (deflessione nulla dei raggi) poteva essere attribuito alla conducibilità del gas, la quale, in qualche modo, mascherava il campo elettrico. In altri termini, la deflessione dei « raggi catodici » risultava nulla, perché il campo elettrico presente era reso nullo.

Con queste premesse, Thomson, nel 1897, verificava se i « raggi catodici » rendevano conduttore il gas e se esisteva una correlazione tra conducibilità del gas e grado di vuoto: il risultato di Thomson stabiliva l'esistenza di una conducibilità del gas, la quale diminuiva molto rapidamente all'aumentare del grado di vuoto.

Dopo un simile risultato, Thomson rifaceva lo stesso esperimento di Hertz del 1885, aumentando però il grado di vuoto. In queste condizioni sperimentali, i « raggi catodici » risultavano finalmente sensibili all'azione di un corpo elettrico: addirittura, essi venivano deflessi da una d.d.p. di 2 Volts.

Pertanto, una volta dimostrato sperimentalmente che i « raggi catodici » trasportano una carica, sono deflessi da un campo magnetico e sono deflessi da un campo elettrico, secondo Thomson, era impossibile sfuggire alla conclusione secondo cui « i raggi catodici sono cariche di elettricità negativa trasportata da particelle di materia ». Ma un nuovo quesito si apriva. Proseguiva, infatti, Thomson: « Che cosa sono queste particelle?, sono atomi, sono molecole, oppure sono materia in uno stato di suddivisione ancora più fine? ».

Per trovare una prima risposta, Thomson determinava il rapporto massa/carica di queste particelle. Il metodo sperimentale usato si basava sulla deflessione delle particelle sia in campo magnetico che in campo elettrico e portava a un valore del rapporto massa/carica pari a 10^{-7} gr/u.e.m. Inoltre questo valore risultava indipendente dal materiale del catodo e dal tipo di gas e, come sottolineava Thomson, rappresentava « il rapporto massa/carica più piccolo » fino a quel momento noto. Quest'ultimo risultato poteva essere interpretato in modi diversi: come dovuto al piccolo valore della massa, o al grande valore della carica, oppure a entrambi i fattori. Una scelta tra queste alternative, in prima approssimazione, era comunque possibile, anche senza una determinazione separata della massa oppure della carica: come osservava Thomson, erano proprio gli esperimenti di Lenard, contrari alla « teoria materialista », a dare indicazioni al riguardo. Essi, infatti, nel momento che stabilivano che i « raggi catodici » non potevano essere « atomi » e una volta provata per altra via la natura particellare di questi stessi « raggi », portavano a supporre che « i raggi catodici sono particelle di massa più piccola di quella degli atomi ». Allora, tenendo anche conto dell'indipendenza del rapporto carica/massa dal materiale del catodo e dal tipo di gas, la spiegazione che sembrava « render conto dei fatti nella maniera più semplice e corretta » era una nuova spiegazione che superava sia la teoria « materialista », sia la teoria « anti-materialista ». Si trattava, insomma, di una terza spiegazione, che portava ad indi-

viduare nei raggi « catodici » non semplicemente « atomi di materia », ma un primo costituente atomico: il « corpuscolo », ovvero l'elettrone. Scriveva Thomson:

« Noi troviamo nei raggi catodici un nuovo stato della materia, uno stato in cui tutta la materia — cioè materia derivata da sorgenti diverse, quali idrogeno, ossigeno, ecc. — è di un unico tipo, essendo questa materia la sostanza che compone tutti gli elementi chimici ».

In quest'ottica, le basi empiriche delle due precedenti teorie intorno alla natura dei « raggi catodici » — teoria « materialista » e teoria « ondulatoria » — non apparivano più contrapposte, ma complementari: esse, infatti, una volta unificate, andavano a formare la base empirica di quella terza teoria che stava nascendo, e che, in breve tempo, sarebbe diventata la teoria classica dell'elettrone.

BIBLIOGRAFIA INDICATIVA

- FARADAY M., «Phil. Trans. Roy. Soc.», 128 (1838).
HETTON M.W., «Annales de Chimie e Physique» (1869).
GOLDSTEIN E., «Phil. Mag.», 10 (1880).
VALLÉY C.F., «Proc. Roy. Soc.», 19 (1871).
CROOKES W., «Phil. Trans. Roy. Soc.», 170 (1879).
SCHUBERT A., «Proc. Roy. Soc.», 38 (1884).
HEITZ H., Miscellaneous Papers (1896).
PIARD J., «Comptes Rendus» (1895).
THOMSON J.J., «Phil. Mag.», 44 (1897).

DISCUSSIONE DEI RISULTATI DELLE RICERCHE SULLA CONDUTTIVITÀ ELETTRICA

È noto che la conduttività elettrica di un corpo è una funzione della temperatura, e che questa funzione è diversa per i diversi materiali. In alcuni casi, come per i metalli, la conduttività aumenta con la temperatura, mentre in altri, come per i semiconduttori, diminuisce. La teoria classica della conduttività, basata sul modello di Drude, prevede che la conduttività di un metallo sia inversamente proporzionale alla temperatura. Tuttavia, le misure sperimentali mostrano che la conduttività dei metalli puri si avvicina a una costante a temperature molto basse, mentre per i semiconduttori la conduttività aumenta esponenzialmente con la temperatura.

Le deviazioni dalla teoria classica sono attribuite all'esistenza di fenomeni di scattering, come lo scattering fononico e quello dovuto alle impurità. Inoltre, la teoria moderna della conduttività, basata sulla meccanica quantistica, ha permesso di spiegare meglio il comportamento dei materiali a basse temperature, dove gli effetti quantistici diventano dominanti.

Le misure di conduttività a temperature molto basse (vicine allo zero assoluto) hanno rivelato che per alcuni materiali la conduttività non tende a zero, ma rimane finita. Questo fenomeno è attribuito alla presenza di stati elettronici localizzati, che possono contribuire alla conduzione anche a temperature molto basse.

CONCLUSIONI

Le ricerche condotte in questo lavoro hanno permesso di ottenere dati sperimentali sulla conduttività elettrica di diversi materiali in un ampio intervallo di temperature.

I risultati ottenuti confermano le previsioni della teoria classica per i metalli a temperature elevate, ma evidenziano le deviazioni a temperature più basse. Inoltre, la teoria quantistica ha fornito una spiegazione più completa del comportamento dei materiali a basse temperature, in particolare per quanto riguarda la conduttività dei semiconduttori e dei materiali con stati localizzati.

EUGENIO TORRACCA (*)

Proprietà elettrochimiche e prime teorie elettroniche della valenza (**)

Electrochemical Properties and Early Electronic Theories of Valence.

ABSTRACT. — The idea of a close relationship between chemical reactivity and electrolytic dissociation was put forward by Ostwald and by others around the 1890's and gave rise to an interpretation of chemical phenomena which was concerned with both reaction mechanisms and the nature itself of the chemical bond. Data coming from physical and chemical properties were used to support the idea of an ionic bond also for molecules of atoms of the same kind, with the aim of giving the ionic theory of valence a very general applicability. Thomson's theory of the chemical bond, based on the assumption of electron transfer between atoms, was an authoritative reference for the arguments used by several chemists of the time to explain organic reactions on more than a merely structural basis.

The electrostatic theory of valence, which was never confirmed as it regards its most original prediction, the existence of "electromers" (electronic isomers), was used rather satisfactorily in different fields of Chemistry, although a great deal of experimental data, coming especially from the study of non-aqueous solutions, was inconsistent with its views, at least as it regards the presence of free ions or the ionization of molecules as pre-requisites for reactions to occur.

Il periodo che va dagli anni novanta del secolo scorso ai primi venti anni di questo secolo può essere considerato, da un certo punto di vista, come una transizione tra le grandi sistematizzazioni concettuali operate dalla teoria della struttura e dalla termodinamica (1) e quella che si sviluppò a partire dalle idee di Lewis sul

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

(**) Relazione presentata al II Convegno Nazionale di «Storia e Fondamenti della Chimica» (Roma, 16-19 settembre 1987).

(1) La teoria strutturale di Kekulé e van't Hoff riconduceva il comportamento chimico e fisico delle sostanze a caratteristiche delle molecole (numero e tipo di legami) che determinavano la loro geometria. La descrizione termodinamica riportava a differenza nei valori di funzioni di stato di reagenti e prodotti il comportamento dei sistemi chimici. Un esempio di integrazione tra questi due modi di studiare le sostanze furono i lavori di termochimica di

legame chimico. Questi anni vedono anche il consolidamento della Chimica-Fisica, intesa come un metodo di indagine nel quale la misura delle proprietà fisiche delle sostanze non è più occasionale, ma assume un ruolo sistematico ed è collegata a una problematica di tipo generale (2).

In questo periodo i chimici, accanto agli indiscutibili successi offerti dalle teorie ormai consolidate, cominciarono a registrare una serie di dati, provenienti da campi di ricerca nuovi o tradizionali, che non sembravano essere facilmente riconducibili agli schemi fino ad allora elaborati. Prendiamo in considerazione due sistemi interpretativi molto generali, quali la teoria della dissociazione elettrolitica di Arrhenius-Ostwald e la teoria della struttura nella versione di Kekulé e van't Hoff. Per quanto riguarda la prima, risultava via via più chiaro che la soluzione al problema della anomalia di comportamento degli elettroliti forti doveva implicare il superamento dello schema « molecole non interagenti, parzialmente dissociate » che costituiva l'assunto generale della teoria (3, 4). Inoltre, la caratterizzazione chimico-fisica delle soluzioni non acquose forniva risultati che non presentavano la stessa regolarità di quelli ottenuti per le soluzioni acquose, mettendo in luce come lo schema concettuale elaborato per queste ultime non potesse essere generalizzato, ma piuttosto considerato un caso particolare di una teoria più ampia e articolata (5). Dall'altro versante, a parte tutti i problemi posti alla teoria della

Thomson, nei quali le differenze strutturali nelle molecole trovavano riscontro in differenze nelle quantità di calore associate a determinate trasformazioni.

(2) In una rassegna sui progressi della chimica-fisica, pubblicato nel 1906 sul *Journal of American Chemical Society* (pagg. 983-910), G.N. Lewis, constatando che la letteratura nel campo era cresciuta tanto da rendere impossibile un esame dei singoli contributi (1644 articoli di chimica fisica erano stati pubblicati nel 1905), individuava alcune linee di ricerca che a suo giudizio erano collegate a problemi molto importanti. Tra queste stava:

- caratterizzazione termodinamica e termochimica di reazioni;
- velocità di reazione e catalisi;
- passività e corrosione;
- elettrolisi in corrente alternata;
- anomalia degli elettroliti forti in soluzione acquosa;
- conducibilità in solventi non acquosi;
- colloidi;
- pesi atomici;
- teoria della valenza (Werner e Abegg);
- cristalli liquidi;
- fotochimica, fotografia, chemiluminescenza, luminescenza.

(3) R.G.A. DOLAN, *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, 297-404 (1976).

(4) J.H. WOLFENDEN, *The Anomaly of Strong Electrolytes*. « *Ambix* », 29, 175-196 (1972).

(5) Più specificamente, non si trovava concordanza tra dati di conducibilità e risultati delle misure delle proprietà colligative, non sussisteva una relazione univoca tra potere ionizzante e costante dielettrica del solvente, si trovavano variazioni di comportamento a seconda dell'abbinamento soluto-solvente, non era verificata la legge della diluizione di Ostwald, numerose grandezze fisiche non mostravano additività, gli effetti termici delle reazioni tra acidi e basi erano diversi da quelli registrati in acqua, ecc. Vcdl. a questo proposito, P.

valenza dalle idee sulla costituzione dei complessi che Werner andava via via elaborando, per molte reazioni la trasformazione di reagenti in prodotti non poteva essere soddisfacentemente razionalizzata in un contesto puramente strutturale. Si poneva la questione della reattività delle sostanze e del meccanismo delle reazioni e una soluzione a questo tipo di problemi implicava l'introduzione di concezioni riguardanti la natura stessa del legame chimico (*).

A partire dalla fine del secolo, la scoperta dell'elettrone parve sostenere l'aspettativa di utilizzare uno schema interpretativo generale fondato sul ruolo giocato dai corpuscoli di Thomson nella formazione dei legami tra gli atomi. Da questo contesto ebbero origine le prime teorie elettroniche della valenza che, pur ancorate alle concezioni di Thomson, risaltarono fortemente orientate dalle esigenze interpretative dei chimici. Esse comunque rappresentarono una componente molto significativa di quel progressivo cambiamento di prospettiva che si attuò nello studio delle trasformazioni chimiche negli anni che precedettero l'affermazione di una teoria più generale, quella della coppia di elettroni di Lewis, in grado di offrire un trattamento unitario a gran parte dei fenomeni citati.

Reazioni chimiche e ionizzazione

W. Ostwald fu uno dei primi a cercare una correlazione tra le proprietà elettriche delle soluzioni di elettroliti e la loro reattività. Nel suo testo di *Chimica Generale* (†) riportò i dati relativi a una trentina di acidi, ordinati secondo la loro conducibilità e la loro influenza sulla velocità di reazione (idrolisi dell'acetato di metile e inversione dello zucchero di canna), dai quali risultava uno stretto parallelismo tra queste proprietà. Il comportamento degli acidi era spiegato facendo riferimento alla presenza di ioni H^+ come particelle responsabili sia del processo di conduzione della corrente che della azione chimica: a una loro maggiore concentrazione corrispondeva una più elevata conducibilità e un più grande effetto chimico (‡).

In quegli stessi anni si ebbero alcuni esempi di applicazione dell'idea che anche le reazioni tra specie neutre fossero ioniche e che le molecole degli elementi fossero ionizzate in ioni positivi e negativi. In un articolo del 1901, William A.

DURVOY, *Conducibilitè, dissociation et propriétés des électrolytes dans les dissolvants autres que l'eau*. « J. Chim. Phys. », 1, 617-656 (1904).

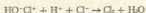
(*) J.W. MELLOR, *Chemical Statics and Dynamics*, London (1904). Questo libro fornisce un quadro delle concezioni riguardanti i meccanismi delle reazioni all'inizio di questo secolo.

(†) W. OSTWALD, *Lehrbuch der allgemeinen Chemie*, II, 1 (1893).

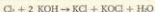
(‡) Coerentemente con questa concezione, l'aggiunta di un sale con un ione in comune all'acido faceva diminuire la velocità di inversione dello zucchero. In particolare si poteva calcolare la concentrazione di ioni H^+ mediante la legge di azione di massa e, assumendo proporzionalità tra concentrazione degli ioni H^+ e velocità di inversione, si potevano calcolare valori della velocità che risultavano molto vicini a quelli sperimentali. Analoghi risultati venivano ottenuti con le basi: in questo caso gli ioni responsabili delle proprietà erano gli ioni OH^- .

Noyes e Albert C. Lyon ⁽⁷⁾ cercarono di dare un'interpretazione del meccanismo della reazione tra cloro e ammoniaca in termini di ionizzazione delle molecole coinvolte. Il fatto che ammoniaca e cloro dovessero stare nel rapporto 3:6 per avere la reazione « normale », indusse gli autori a ipotizzare un meccanismo che implicava una ionizzazione precedente alla ricombinazione e una simultaneità di contatti tra le molecole. Secondo il loro schema il cloro era Cl^+Cl^- e l'ammoniaca era sia N^+H_3 che N^-H_3 in modo che potessero formarsi sia H^+Cl^- che H^-Cl^+ e N^-Cl_2 . Il modo di ionizzarsi dell'ammoniaca era messo in relazione con il fatto che esistevano composti nei quali l'idrogeno era stato sostituito sia da metalli positivi (NH_2Na) che da elementi negativi (NCl_2).

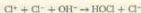
Anche Julius Stieglitz ⁽⁸⁾ assunse una ionizzazione in ioni positivi e negativi in alcune reazioni degli ipocloridi degli alogeni. La reazione $\text{HOCl} + \text{HCl} \rightarrow \text{Cl}_2 + \text{H}_2\text{O}$ veniva infatti interpretata come



nella quale l'acido ipocloroso veniva considerato come una base debolissima (in analogia con i composti ossidrilati degli elementi anfoteri). La disproporzione del cloro in ambiente alcalino



veniva invece considerata come



Un meccanismo di tipo ionico poteva essere invocato anche per quelle reazioni la velocità delle quali cambiava drasticamente a seconda che fossero presenti o meno tracce di acqua. I casi più citati erano l'ossidazione del fosforo all'aria secca o umida, la reazione tra ammoniaca e acido cloridrico che non si combinavano nel caso di gas perfettamente secchi, la combustione dell'ossido di carbonio che non avveniva in assenza di acqua ecc. ⁽⁹⁾. E' abbastanza comprensibile come, sulla base della teoria elettrolitica, la interpretazione più ovvia sembrava quella che legava la presenza di acqua alla formazione di un certo numero di ioni, anche se piccolissimo. Reazioni veloci anche quando la concentrazione ionica in soluzione era molto bassa, come nel caso dei sali poco solubili, erano infatti esperienza comune, per cui anche il comportamento chimico in ambiente anidro sembrava confermare

⁽⁷⁾ W.A. NOYES and A.C. LYON, *The Reaction between Chlorine and Ammonia*. « J. Am. Chem. Soc. », 23, 460-463 (1901).

⁽⁸⁾ J. STIEGLITZ, *On Positive and Negative Halogen Ions*. « J. Am. Chem. Soc. », 23, 797-799 (1901).

⁽⁹⁾ H.B. BAKER, *Influence of Moisture on Chemical Change*. « Trans. Chem. Soc. », 65, 611-624 (1894).

l'idea che la presenza di ioni fosse « *conditio sine qua non* » per il verificarsi delle reazioni.

D'altra parte in quegli stessi anni Walden stava realizzando la sua memorabile raccolta di dati sulla conducibilità di soluzioni non acquose e, a proposito degli elementi, aveva trovato che Cl_2 , Br_2 e I_2 , disciolti in SO_2 liquida conducevano la corrente. Walden mise questo fatto in relazione con la presenza di ioni positivi e negativi dell'elemento, dopo aver escluso meccanismi di conduzione di tipo metallico o la formazione di combinazioni chimiche tra il solvente e gli elementi (si sapeva che composti di questo tipo erano scarsamente conduttivi). I dati di Walden, in mancanza di uno schema interpretativo corretto venivano frequentemente utilizzati da altri autori per sostenere le loro idee sviluppate in contesti completamente diversi.

L'idea che tutti i legami fossero ionici si può comunque considerare la manifestazione di una volontà di superare una concezione generica dell'affinità chimica anche nel caso dei non elettroliti, sostituendola con una più specifica e suscettibile di misurazioni di tipo chimico-fisico. La possibilità di collegare certe polarità nelle molecole a un determinato modo di reagire era oltremodo attraente per chi pensava che fossero da ricondurre a forze di tipo elettrico le molteplici possibilità di combinazione che si osservavano tra atomi o tra molecole.

Questo tipo di posizione appare chiara da un articolo del 1909 di Noyes ⁽¹⁾, nel quale l'autore stabilisce un parallelo tra la situazione della Chimica alla fine degli anni '50 del secolo precedente e quella dei suoi tempi. Come cinquanta anni prima la introduzione di due principi (la valenza degli elementi e la concatenazione degli atomi di carbonio) aveva permesso di definire quale fosse la costituzione delle sostanze tramite il concetto di struttura molecolare, così nei primi anni del secolo nuovo sembra sia possibile farsi un'idea più precisa dei fenomeni che sono alla base dei cambiamenti che portano da una struttura molecolare a un'altra. Noyes si rende conto infatti che non è più sufficiente descrivere una trasformazione facendo riferimento solamente alle specie molecolari corrispondenti ai reagenti e ai prodotti, ma che è necessario capire cosa succede negli stadi intermedi, chiarendo il meccanismo della trasformazione.

Per dare una soluzione a questo problema, era però necessario stabilire quale fosse la natura delle forze attrattive tra gli atomi e, a questo riguardo, Noyes si poneva in una posizione che sembrava l'unica logicamente accettabile dal punto di vista della teoria elettrolitica. « Se assumiamo che le forze che tengono insieme gli atomi negli elettroliti siano elettriche, è difficile sfuggire alla conclusione che le forze siano elettriche anche nei non elettroliti, dato che le due classi di composti passano l'una nell'altra col gradualmente che è molto difficile credere che, passato il confine, abbiamo a che fare con un tipo di forza radicalmente differente » ⁽²⁾. Ulteriore supporto al suo punto di vista veniva dal fatto che gli elettroliti potevano quasi sempre essere ottenuti sia per doppia decomposizione in soluzione che per

⁽¹⁾ W. A. NOYES, *Molecular Rearrangements*. « J. Am. Chem. Soc. », 31, 1368-1374 (1909).

⁽²⁾ *Referenza* ⁽¹⁾, pag. 1370.

unione diretta degli elementi, dimostrando che non aveva senso distinguere le reazioni tra ioni da quelle tra atomi o molecole ⁽¹⁴⁾.

Accanto a questa posizione, che collegava il modo di reagire alla presenza di cariche, bisogna registrare quella di alcuni autori che presentavano inoppugnabili evidenze sperimentali che sembravano negare la necessità di correlare la reattività con la presenza di cariche elettriche.

Già nel 1901, Louis Kahlenberg ⁽¹⁵⁾ aveva dato un contributo determinante al superamento della teoria elettrolitica come unico quadro di riferimento teorico per tutte le reazioni. L'obiettivo di Kahlenberg era di dimostrare che si potevano avere reazioni anche quando a combinarsi non erano ioni, ma molecole. Questo evidentemente implicava che la presenza di ioni non doveva essere considerata una condizione indispensabile o un prerequisito per il realizzarsi di una trasformazione chimica. Kahlenberg prese in esame il comportamento di soluzioni non acquose ottenute sciogliendo in benzene sali di acidi a catena lunga con metalli pesanti (oleati di Cu, Fe, Mn, Co, Ni) ed eseguì una serie di caratterizzazioni fisiche (conducibilità elettrica, abbassamento crioscopico) e chimiche (reazioni con metalli altamente riducenti) che gli permisero di stabilire che tali sali non erano dissociati in ioni, ma che, anzi, davano luogo in alcuni casi al fenomeno opposto, quello della polimerizzazione. Sottoponendo allo stesso tipo di controllo le soluzioni ottenute facendo gorgogliare acido cloridrico gassoso in benzene, Kahlenberg riuscì ad avere a disposizione due reagenti in uno stato non ionizzato che, se si fossero combinati, avrebbero dimostrato la validità della sua tesi. In effetti Kahlenberg constatò la reazione istantanea tra oleato di cobalto e di nichel e acido cloridrico e tra oleato di rame e HCl, SnCl₄, PCl₅, AsCl₃ e SiCl₄, verificando che la conducibilità non variava nemmeno nel momento della precipitazione.

In un articolo di circa dieci anni più tardi ⁽¹⁶⁾, Folin e Flanders dettero un ulteriore contributo alla questione se la ionizzazione fosse un prerequisito per le reazioni tra acidi e basi. Il punto di partenza delle loro considerazioni fu un metodo di determinazione degli acidi grassi superiori mediante la reazione con etossido

⁽¹⁴⁾ Le possibilità esplicative offerte dall'assunzione che le reazioni tra le sostanze organiche fossero ioniche, vennero utilizzate da Noyes per interpretare alcune reazioni che non sembravano spiegabili su una base puramente strutturale, come quella del pentossido di fosforo che dà con alcool etilico prodotti diversi da quelli che si ottengono nella reazione con fenolo. La spiegazione di Noyes faceva riferimento a un modo di dissociarsi dell'alcool ($R^+ + OH^-$ diverso da quello del fenolo ($C_6H_5O^- + H^+$)). Un altro tipo di problema affrontato da Noyes riguardava la stabilità di certi tipi di legame. Si trattava di spiegare perché, ad esempio, il legame C-C nell'etanolo è più stabile di quello nell'acido ossalico o perché gli acidi propionico e butirrico siano più stabili del malonico e dell'acetacetico. L'ipotesi ionica di nuovo sembrava rendere conto di questo comportamento: nei casi nei quali i due atomi di carbonio uniti tra loro erano legati a gruppi negativi, il distacco era relativamente più facile a causa della carica dello stesso segno portata dai gruppi legati ai due atomi di C.

⁽¹⁵⁾ L. KAHLENBERG, *Instantaneous Chemical Reactions and the Theory of Electrolytic Dissociation*. « J. Phys. Chem. », 6, 1-14 (1902).

⁽¹⁶⁾ D. FOLIN and F. FLANDERS, *Is Ionization, as Indicated by Conductivity, a Necessary Prerequisite for the Combination of Acid and Bases?* « J. Am. Chem. Soc. », 34, 774-779 (1912).

di sodio in solventi organici. Poiché era noto che in questi solventi il soluto era in uno stato non ionizzato, nasceva un contrasto tra questo comportamento e la teoria di Arrhenius che riconduceva le reazioni tra acidi e basi a combinazioni tra ioni H^+ e OH^- . Gli autori citavano innumerevoli casi di reazioni tra acidi disciolti in benzene o in miscele benzene-alcool che reagivano con etossido di sodio dando eccellenti viraggi con fenolfaleina mentre i dati di conducibilità mostravano assenza di ioni in soluzione (17).

Dal punto di vista sperimentale i dati raccolti non lasciavano quindi adito a dubbi, ma sul piano teorico si apriva una questione che imponeva di considerare le reazioni in acqua diverse da quelle in altri solventi o in fase gassosa, oppure di tentare un superamento della apparente divisione in un ambito teorico più generale. La correlazione tra chimica delle soluzioni non acquose e teoria del legame non venne realizzata dalla teoria elettrostatica della valenza, troppo condizionata all'assunto di una interazione positivo/negativo come origine delle forze tra gli atomi, ma l'inquadramento che questa concezione dette ai problemi che suscitavano l'interesse dei chimici in quel periodo sicuramente preparò il terreno alla elaborazione teorica che, a partire dal 1916 (18), fu portata avanti da Lewis su basi completamente diverse.

Formazione dei legami e reattività

La posizione di Thomson, alla quale i chimici si rifacevano in maniera più o meno esplicita e più o meno completa, può essere così sintetizzata (19).

L'origine del campo di forza nelle vicinanze di un atomo va ricercata nella differente distribuzione spaziale delle sue cariche positive e negative. Sia i fenomeni chimici che quelli fisici sono il risultato di queste interazioni: quando si esercitano tra atomi di una stessa molecola, si hanno fenomeni chimici, quando si stabiliscono tra atomi di molecole diverse, si hanno fenomeni fisici (20). La distri-

(17) In una nota del loro lavoro, menzionano come una curiosità la reazione tra $HgCl_2$ ed etossido di sodio nella quale si osservava un netto viraggio della fenolfaleina: la reazione ha caratteristiche analoghe a quelle tra acidi e basi, pur non essendovi idrogeno sostituibile nel cloruro mercurico. Furono processi come questo che costrinsero successivamente l'evidenza sperimentale della concezione di acido-base che Lewis affiancò alla sua teoria del legame, proposta a partire dal 1916.

(18) G.N. Lewis, *The Atom and the Molecule*, « J. Am. Chem. Soc. », 38, 762-785 (1916).

(19) Le idee di Thomson sul legame chimico subirono una certa evoluzione negli anni: quella riportata è la posizione che Thomson aveva nel periodo precedente alla pubblicazione dell'articolo di Lewis del 1916: J.J. Thomson, *The Forces between Atoms and Chemical Affinity*, « Phil. Mag. », 27, (VI), 777-789 (1914).

(20) Thomson considerava sostanzialmente identiche le forze agenti tra gli atomi e quelle che si esercitano tra le molecole. Anche quando i risultati del suo modello sembravano in stridente contrasto con i dati sperimentali, trovava spiegazioni che non alteravano il quadro generale. Valga quale esempio la giustificazione da lui fornita in (20) al fatto che l'energia di interazione tra due molecole di ammoniaca gli risultava più alta di quella esistente tra due atomi di iodio nella molecola di I_2 . Poiché, nonostante i suoi calcoli, era noto che la percentuale di atomi di

buzione spaziale delle cariche di un atomo viene modificata da quelli circostanti e quindi, a seconda delle situazioni, si possono avere trasferimenti di elettroni da un atomo all'altro con conseguente interazione attrattiva tra atomi con carica di segno opposto. Questa concezione implicava che anche tra atomi uguali ci fosse un trasferimento di elettroni con conseguente ionizzazione intramolecolare. Nel caso, ad esempio, dell'etano, che avrebbe dovuto assumere lo stato di carica $\overset{+}{\text{C}}\text{H}_3\overset{-}{\text{C}}\text{H}_3$, l'esistenza di composti quali $\overset{+}{\text{Zn}}(\overset{-}{\text{C}}\text{H}_3)_2$, $\overset{+}{\text{C}}\text{H}_3\overset{-}{\text{C}}\text{Cl}$, $\overset{+}{\text{C}}\text{H}_3\overset{-}{\text{C}}\text{Cl}_2$, ecc., nei quali si avevano atomi di carbonio positivi o negativi, offriva il necessario sostegno all'idea che gli atomi di carbonio, a seconda della situazione circostante potessero acquistare o cedere elettroni. Il processo di trasferimento tra due atomi uguali veniva visto come una specie di effetto sifone innescato da un momentaneo sbilanciamento di carica tra i due atomi ⁽²⁾.

La correlazione tra proprietà chimiche e fisiche veniva attuata considerando lo stato elettrico delle molecole, valutando, cioè, se gli atomi fossero neutri o avessero una carica come conseguenza di una ionizzazione intramolecolare. Dal punto di vista delle interazioni, queste dovevano essere più accentuate nel secondo caso che nel primo a causa del maggiore momento dipolare delle molecole; questo comportava un conseguente effetto sulle proprietà fisiche delle sostanze corrispondenti ⁽³⁾. Dal punto di vista chimico le conseguenze potevano riguardare la posizione di attacco di sostituenti, l'interazione di parti di queste molecole con altre, la maggiore o minore forza del legame, ecc.

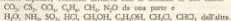
Così, ad esempio, Thomson cerca di dare una spiegazione del carattere acido

iodio liberi era estremamente bassa, Thomson considerava che l'interazione attrattiva massima tra due molecole di ammoniaca si avesse solo quando i due dipoli si trovavano orientati « testa a coda », mentre per gli atomi di iodio, sferici, la interazione si manifestava con la stessa intensità in tutte le direzioni. La necessità di ruotare le molecole di ammoniaca rendeva basso il numero di queste in grado di esercitare un'azione attrattiva efficace e questo spiegava le differenze di comportamento.

⁽²⁾ J. J. THOMSON, *The Corpuscular Theory of Matter*, London (1907), pagg. 127-129.

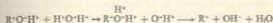
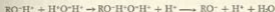
⁽³⁾ Una grandezza fisica in grado di mettere in evidenza questa situazione era la costante dielettrica dei composti che era un riflesso dell'esistenza di dipoli a livello microscopico. I composti con elevata costante dielettrica non avrebbero dovuto seguire la relazione di Maxwell che collegava questa grandezza all'indice di rifrazione e la costante dielettrica doveva diminuire all'aumentare della temperatura. (Thomson ricavò un'espressione di k con T che gli permise di calcolare il momento dipolare M di una molecola; trovò, ad esempio, $1,5 \cdot 10^{-18}$ per NH_3 e $2,1 \cdot 10^{-18}$ per H_2O).

Prendendo la conducenza con la relazione di Maxwell $k = n^2$ come criterio della assenza di momento dipolare, Thomson divideva così le sostanze in due classi:



Queste due classi di sostanze, individuate tramite lo studio delle loro proprietà fisiche, dovevano dar luogo a tipi di comportamento chimico differente. (Da notare che G. N. Lewis aveva attuato un'analoga divisione delle sostanze in composti polari e non polari seguendo una linea di indagine più legata alle proprietà chimiche ⁽⁴⁾). Il passaggio senza discontinuità da una classe all'altra gli fornì l'indicazione che il tipo di legame esistente nei due tipi di composti doveva essere « una differenza di grado, non di natura »).

o basico dei composti che presentano il gruppo OH, nei termini di una maggiore o minore carica negativa sull'ossigeno, secondo lo schema:

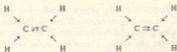


nel quale, maggiormente elettropositivo R, maggiore il comportamento basico di ROH.

Ulteriore supporto all'idea che le proprietà chimiche delle sostanze fossero correlate allo stato di carica degli atomi nelle molecole veniva, ad esempio, dalle reazioni di ossidazione. Il passaggio metano → alcool metilico → aldeide formica → acido formico → anidride carbonica veniva considerato come il progressivo passaggio del carbonio da una situazione con quattro cariche negative a una con quattro cariche positive tramite la introduzione di atomi di ossigeno. Per legare gli atomi di ossigeno (negativi), infatti, il carbonio doveva progressivamente aumentare il numero delle sue cariche positive.

La concezione di Thomson aveva quindi il grande vantaggio di garantire una certa continuità con le precedenti teorie elettrochimiche e permetteva in maniera tutto sommato abbastanza semplice di descrivere anche le reazioni organiche in termini, se non proprio di ioni intesi come particelle libere di muoversi, di cariche positive e negative nelle molecole che, oltre a tenerle insieme, conferivano loro le differenze necessarie a spiegare il loro comportamento su una base non solamente strutturale.

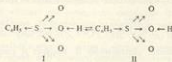
L'assunto che i legami chimici fossero il risultato di un passaggio di elettroni da un atomo all'altro in una molecola, implicava però due diverse situazioni di legame a seconda della direzione nella quale avveniva il trasferimento. Mentre in gran parte dei casi una delle due possibilità in pratica non si realizzava a causa della natura troppo diversa (sempre del tipo positivo/negativo) degli atomi legati, in alcuni composti si poteva prevedere l'esistenza di « isomeri elettronici ». Così, nell'etilene si potevano avere le due situazioni elettroniche seguenti



a seconda della direzione del trasferimento di elettroni (rappresentata con una freccia che va dall'atomo che cede l'elettrone a quello che lo accetta).

L'esistenza di isomeri elettronici (o « elettromeri », come propose di chiamarli H.S. Fry) veniva considerata in certi casi la spiegazione del diverso comportamento chimico. Ad esempio, il fatto che l'idrolisi dell'acido benzenosolfonico in ambiente acido desse prodotti diversi (benzene + acido solforico) da quelli

che si ottenevano in ambiente basico (fenolo + acido solforoso) veniva spiegato assumendo che nell'acido benzensolfonico ci fosse un equilibrio tra i due elettromeri, del tipo:



L'esistenza di questo tipo di equilibrio era in qualche modo resa più accettabile dal riferimento al fenomeno della tautomeria, nel senso che se si potevano avere due possibilità per la posizione dell'atomo di idrogeno in una molecola, a maggior ragione si poteva accettare l'idea che gli elettroni, senz'altro più mobili, potessero essere spostati da un atomo a un altro. Questo accostamento, anche se motivato dall'esigenza, molto diffusa tra i chimici, di trovare un riscontro familiare e concreto a una delle conseguenze più originali e attraenti della teoria, ebbe tuttavia l'effetto di deformare le caratteristiche di questi « isomeri », nel senso di attribuire loro una esistenza materiale. Questo comportò il fiorire di una serie di tentativi di sintetizzare gli elettromeri di varie sostanze, in modo da avere una dimostrazione « sostanziale » della validità della teoria. Uno dei composti che accese maggiormente le speranze di successo fu il tricloruro di azoto che doveva esistere, come aveva già ipotizzato Noyes nell'articolo del 1901, nelle due forme $\overset{\ominus}{\text{N}}\text{Cl}_3$ (quello noto, il cui stato di carica veniva attribuito dalla reazione di idrolisi che formava acido nitroso e acido cloridrico) e $\overset{\oplus}{\text{N}}\text{Cl}_3$ (l'elettromero mancante) ⁽¹⁾. La teoria di Thomson aveva quindi trovato, almeno in questa versione più concreta dei chimici, la sua prova di falsificazione: l'insuccesso della caccia agli elettromeri può essere allora considerato, almeno da questo punto di vista, come una prova molto tangibile della non validità di questa teoria.

Conclusioni

Le concessioni elettroniche della valenza precedenti la teoria di Lewis della coppia di elettroni, fondate in gran parte sull'idea di Thomson che i legami chimici fossero una conseguenza del trasferimento di elettroni, ebbero un discreto successo nel campo dei meccanismi di reazione, anche se il modello di spiegazione utilizzato era, in qualche modo, circolare. La presenza di cariche di segno opposto era infatti considerata la spiegazione del diverso modo di reagire delle sostanze che non risultava sulla base di differenze strutturali. Le argomenta-

⁽¹⁾ A.N. STRANGES, *Electrons and Valence. Development of the Theory, 1900-1925*, Texas A & M University Press (1982). Al Capitolo 5, per la « caccia » agli elettromeri; tutto il testo per le teorie della valenza di questo periodo.

zioni presentate si fondavano su una ipotesi di presenza di cariche che a sua volta era sostenuta da alcuni comportamenti chimici paralleli dello stesso composto o di altri correlati, dei quali era nota o ipotizzabile la situazione elettrica. Da questo punto di vista quindi, il riferimento alle cariche era superfluo e il ragionamento si fondava sostanzialmente su un criterio di comparazione tra proprietà chimiche. La prova sperimentale diretta della presenza di cariche non poteva essere cercata nell'analisi del modo di reagire, ma doveva essere ricavata, semmai, dallo studio delle proprietà fisiche. Queste, tuttavia, erano spesso determinate in contesti molto diversi e la conoscenza della distribuzione di carica di una specie chimica in un certo stato (ad esempio, quello gassoso) non poteva essere ragionevolmente utilizzata in situazioni completamente diverse ⁽²⁾.

In un certo senso, i chimici cercavano di sovrapporre alla descrizione strutturale una caratterizzazione degli stati di carica delle varie parti della molecola che mettesse in evidenza eventuali singolarità che non potevano essere colte tenendo conto solamente della situazione di legame degli atomi. In un contesto nel quale non era più sufficiente l'identificazione strutturale di reagenti e prodotti, ma si cercava di chiarire la reazione nel suo complesso, diventava significativa una descrizione nella quale ci fosse coerenza tra una ipotesi di formazione dei legami (trasferimento di elettroni) e il modo di reagire delle sostanze. Negli anni successivi l'ipotesi di formazione dei legami venne abbandonata, ma tracce molto evidenti del collegamento tra stato di carica e proprietà chimiche rimasero, specialmente nell'interpretazione delle reazioni di ossido-riduzione e in alcune caratteristiche del linguaggio utilizzato dai chimici per descrivere i meccanismi di reazione.

⁽²⁾ Valga, come esempio, l'esperimento descritto da Thomson in ⁽²⁾, pagina 760, nel quale, sulla base delle deflessioni degli ioni positivi e negativi in un tubo catodico, concludeva che la molecola CO era elettricamente neutra; è chiaro che il comportamento di una specie gassosa a bassa pressione sotto un bombardamento di elettroni può non avere alcuna relazione con lo stato elettrico delle sue molecole quando è posta in soluzione.

PAOLA ANTONIOTTI (*)

E. Hückel e il suo contributo alla chimica quantistica (**)

E. Hückel's Contributions to Quantum Chemistry.

ABSTRACT. — We can find Hückel's papers in two distinct sectors of scientific research: Electrochemistry and Quantum chemistry. In this work his early publications in the field of Quantum chemistry are considered: those about the treatment of the double bond and benzene molecule as well as those about aromatic molecules in general.

In the work on benzene he proposed the method which is known as «Hückel's method».

Apart from his important scientific contribution Hückel provides a historical-critical contribution too; he pays great attention to the concepts and models of classical chemistry considering their validity with in the method of Quantum chemistry.

BIOGRAFIA

Erich Hückel nacque a Berlino-Charlottenburg il 9 agosto 1896. Il padre medico, specialista in medicina interna, aveva indotto nei figli l'interesse per lo studio delle scienze naturali e aveva allestito un laboratorio di chimica e di fisica nel quale ripeteva gli esperimenti in loro presenza.

Hückel scelse di studiare fisica a differenza del fratello maggiore Walter che si dedicò alla chimica diventando un chimico organico famoso. Ottenne il PhD nel 1921 a Göttingen con una tesi sullo scattering dei raggi X nei cristalli liquidi sotto la guida di Debye. Nello stesso anno accettò l'offerta di Hilbert di diventare suo assistente a Göttingen mancandogli la possibilità di seguire Debye a Zurigo; successivamente lavorò con Max Born sulla vecchia teoria quantistica.

Il lavoro con Born non gli procurava grandi soddisfazioni e non immaginando che proprio dal gruppo di Born si sarebbe sviluppata la nuova teoria quantistica,

(*) Istituto di Chimica Fisica, Università di Torino.

(**) Relazione presentata al II Convegno Nazionale di «Storia e Fondamenti della Chimica» (Roma, 16-19 settembre 1987).

Hückel accettò l'offerta di Debye di diventare suo assistente raggiungendolo a Zurigo nel 1922 [1].

L'incontro con Debye fu determinante per lo sviluppo che ebbe in seguito la sua carriera.

Il nome di Hückel compare nella chimica in due settori distinti: lo troviamo infatti nel campo dell'elettrochimica legato a quello di Debye; lo studio della dissociazione degli elettroliti forti in soluzione e il calcolo delle loro proprietà elettriche e termodinamiche lo portarono alla formulazione della teoria che conosciamo sotto il nome di teoria di Debye-Hückel.

Il secondo settore che prenderò in considerazione in questo lavoro, è quello della chimica quantistica.

Dopo un lungo periodo di lavoro a Zurigo si recò a Londra a lavorare con Donnan nel campo della chimica colloidale, durante questo suo soggiorno ebbe l'occasione di incontrare Debye al quale chiese di consigliarlo riguardo ad un possibile campo di ricerche fruttuoso; Debye gli suggerì di occuparsi della nuova meccanica quantistica poiché prevedeva delle promettenti applicazioni in campo chimico.

Oltre al suggerimento di Debye fu determinante per la scelta del problema da affrontare l'incontro con Niels Bohr a Copenaghen. Bohr gli consigliò di iniziare le sue ricerche dall'articolo pubblicato di recente da Heitler e London, riguardante la trattazione della molecola di idrogeno, e di tentare di risolvere il problema del doppio legame [2].

Iniziò così a Copenaghen con Bohr nel 1929 e successivamente con Heisenberg, Hund e Bloch ad occuparsi di chimica quantistica partendo dal doppio legame, affrontò in seguito il benzene ed i composti aromatici giungendo a formulare un metodo approssimato, per il calcolo dell'energia delle molecole contenenti doppi legami localizzati e non, che conosciamo come « metodo di Hückel ». Un ulteriore sviluppo della teoria lo portò a trattare anche i radicali liberi.

I suoi lavori nel campo della chimica quantistica vanno dal 1930 al 1937 e coprono circa un terzo della sua produzione che raggiunge in totale una cinquantina di pubblicazioni.

La difficile carriera accademica che accompagna questo scienziato è probabilmente imputabile anche alla sua scarsa prolificità.

Divenne docente privato di chimica fisica a Stutgard nel 1930 dove rimase sino al 1937 quando diventò professore straordinario di Fisica Teorica a Marburg ma soltanto nel 1961 ottenne la cattedra, un anno prima di ritirarsi dall'attività [3].

Le difficoltà ad essere riconosciuto all'interno della comunità scientifica derivavano, come egli stesso sottolinea nella sua autobiografia, dal fatto che le ricerche da lui svolte non erano facilmente collocabili all'interno delle discipline allora riconosciute, almeno in Europa: « C'era la Fisica, c'era la Chimica e c'era anche la Chimica fisica ma il mio lavoro non apparteneva ad alcuno di questi campi. La mia attività consisteva nell'applicazione di una nuova teoria della fisica la 'Fisica quantistica' a problemi chimici. Sono entrati in uso diversi termini per

indicare questo nuovo campo di ricerche ma quello che si adatta meglio è 'Chimica quantistica' » [4].

Quando si rivolse ancora una volta a Debye per avere un appoggio per una possibile cattedra di fisica teorica, Debye gli rispose che per la cattedra di fisica teorica doveva prendere in considerazione persone come Heisenberg; evidentemente Heisenberg, al di là del suo indiscutibile valore scientifico, aveva un curriculum accademico perfettamente collocabile all'interno della disciplina fisica teorica [5].

IL DOPIO LEGAME

Come abbiamo detto precedentemente Hückel cominciò ad occuparsi della nuova teoria quantistica nel 1928 e dopo soli due anni nel 1930 compariva sulla *Zeitschrift für Physik* il suo primo lavoro « Zur Quantentheorie der Doppelbindung » dove affrontava il problema del doppio legame.

La teoria che Hückel sviluppa parte da problemi legati alla chimica classica e che interessavano la comunità dei chimici, in particolare quelli organici, ormai da lungo tempo. A questo tipo di approccio era stato indotto probabilmente dal fratello Walter con il quale intercorrevano non solo rapporti di amicizia ma anche di collaborazione.

Inizialmente tenta di risolvere il problema della rigidità del doppio legame rispetto alla rotazione prendendo in considerazione l'effetto di diversi sostituenti sugli atomi di carbonio che coinvolgono il legame stesso ma si rende conto ben presto che tale proprietà non può dipendere solo dall'effetto dei sostituenti bensì deve essere una caratteristica del tipo di legame.

Utilizza per la sua teoria un modello sviluppato da Lennard-Jones nel 1929 per le molecole diatomiche e prende in considerazione come esempio semplice di molecola contenente il doppio legame la molecola di O_2 , successivamente tratta la formaldeide e l'etilene tentando di spiegarne la stabilità attraverso considerazioni sulla simmetria della autofunzione che corrisponde al doppio legame.

Giunge quindi ad affermare che lo stato fondamentale nel caso della molecola di formaldeide è uno stato $[\pi]^2$ (gli indici stanno ad indicare che la funzione corrispondente è antisimmetrica rispetto ad un piano contenente i nuclei e che lo stato è doppiamente occupato) la cui distribuzione di carica è nulla nel piano che contiene i nuclei.

Concludendo il suo lavoro dichiara che il piano che contiene il massimo della nuvola di carica degli elettroni di valenza si identifica con quello della corrispondente « Valenzstriche » (linea di valenza), mentre il massimo della nuvola di carica degli elettroni del doppio legame con un piano che è perpendicolare al piano contenente i sostituenti. « L'idea che l'interpretazione teorica del doppio legame ci fornisce », afferma Hückel, « concorda con l'idea di van't Hoff rispetto alla rigidità alla torsione, mentre le quattro direzioni di valenza provenienti dall'interpretazione di van't Hoff non hanno in questa trattazione teorica nessun significato reale » [6].

E' lecito chiedersi a che punto fosse la teoria riguardo a quest'argomento; la risposta ce la fornisce Hückel stesso in un'intervista comparsa sul J. Chem. Ed. dove egli commenta che fino a quel momento esistevano soltanto dei concetti come quello di « valenza » e dei modelli « il carbonio tetraedrico » e per il doppio legame il modello di van't Hoff dei due tetraedri uniti lungo uno spigolo ma questi non erano basati sulla teoria, erano solo delle descrizioni non molto accurate [7].

Anche il tentativo che fece Pauling di interpretare il modello dei due tetraedri con gli strumenti che gli forniva la meccanica quantistica fu in seguito abbandonato.

Il modello proposto da Pauling nel 1931 considera l'atomo di carbonio, che forma il doppio legame, tetraedrico e utilizza per la formazione dei legami quattro funzioni equivalenti (ibridazione sp^3), ottenute come combinazione lineare delle funzioni s e p del C, due delle quali ψ_{II} e ψ_{III} formano ciascuna un legame con un sostituente, le altre due funzioni (ψ_{IV} e ψ_{V}) formano il doppio legame con un altro gruppo e non hanno simmetria cilindrica attorno all'asse z (Fig. 1). L'energia del doppio legame dipende dall'orientazione relativa dei due atomi di carbonio tetraedrici e sarà massima quando i due insiemi di autofunzioni avranno la massima sovrapposizione (Fig. 2).

In questo lavoro, che compare un anno dopo il lavoro di Hückel sul doppio legame, Pauling dimostra di non ignorare i risultati ottenuti dal collega infatti in una nota di commento dichiara che i risultati che Hückel ottiene sono scorretti e poco convincenti poiché egli trascura sia il fenomeno della sovrapposizione delle autofunzioni di legame sia la questione dell'eccitazione dell'atomo di carbonio dallo stato $2s^22p^2$ allo stato $2s2p^3$ (cambio nella quantizzazione) [8].

Anche Slater e Mulliken sembrano essere dello stesso parere. Slater in un lavoro del 1931 commentando il modello di Pauling lo considera più convincente

$$\left. \begin{aligned} \psi_{II} &= \frac{1}{2}(s + p_x + p_y + p_z) \\ \psi_{III} &= \frac{1}{2}(s + p_x - p_y - p_z) \\ \psi_{IV} &= \frac{1}{2}(s - p_x + p_y - p_z) \\ \psi_{V} &= \frac{1}{2}(s - p_x - p_y + p_z) \end{aligned} \right\}$$

Fig. 1 - Set di quattro funzioni equivalenti il cui massimo valore è nella direzione degli spigoli di un tetraedro. *Rif.* 8, p. 1378.

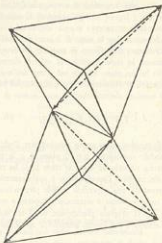


Fig. 2 - Direzione dei massimi delle autofunzioni tetraedriche in due atomi legati da un legame doppio. Rig. 8, p. 1379.

dell'« ingegnosa » teoria di Hückel che si fonda completamente sugli elettroni p di valenza e non considera con attenzione la natura degli altri legami trascurando il fatto che per ottenere un arrangiamento simmetrico è necessario mescolare elettroni s e p [9].

Mulliken in un lavoro del 1932, afferma che la discussione di Hückel sulla stabilità del doppio legame rispetto alla rotazione, legata alle proprietà dell'orbitale $[\pi]$, non risulta molto soddisfacente [10].

IL BENZENE

Nel 1931 compare, sempre sulla *Zeitschrift für Physik*, il secondo lavoro di Hückel di ben 83 pagine definito da Mulliken « monumentale » [11] dove tratta la molecola del benzene ed i suoi derivati [12].

Anche in questo caso la teoria viene sviluppata attraverso considerazioni sulla simmetria dell'anello benzenico.

Innanzitutto Hückel assume che nel benzene attorno a ciascun atomo di C vi siano 7 elettroni di cui due elettroni appartenenti al guscio K che non parte-

cipano al legame chimico; dei 5 restanti due vengono utilizzati per il legame di valenza C-H altri due per i legami con gli atomi di C adiacenti. Rimane quindi un elettrone non sistemabile attraverso coppie elettroniche « localizzate » il cui comportamento è fondamentale per lo stato di legame dell'anello. Afferma inoltre: « Quando si ignora l'esistenza dell'effetto di scambio tra campi di forza di atomi vicini e dei loro elettroni lo stato quantico di questo elettrone è caratterizzato da un'autofunzione che ha un piano nodale nel piano dell'anello » [13].

In base alle proprietà di simmetria della molecola del benzene [14] giunge a definire le seguenti funzioni elettroniche per ogni atomo di C:

$$[s]_i, [p]_i, [p]_i', [p]_i''$$

Hückel utilizza il termine stato anche per indicare l'orbitale. Lo stato $[p]_i$ possiede un piano nodale coincidente con il piano π e la corrispondente autofunzione è antisimmetrica rispetto ad esso, lo stato $[p]_i'$ ha un piano nodale corrispondente al piano dei nuclei e l'autofunzione è antisimmetrica rispetto a questo piano, lo stato $[p]_i''$ possiede una superficie nodale perpendicolare ai due piani π e π' e l'autofunzione corrispondente è simmetrica rispetto a entrambi i piani.

Nel trattamento che ci propone presuppone che i tre stati contenenti le tre coppie elettroniche formino i tre legami semplici e che l'elettrone non legato si trovi in uno stato $[p]_i$.

In un anello a n atomi si avranno n elettroni $[p]_i$ e la stabilizzazione è resa plausibile sulla base dell'interazione tra le nuvole di carica di questi elettroni e quelle dei legami singoli.

Hückel per risolvere il problema propone due metodi di calcolo approssimati che tengano conto delle relazioni tra campi di potenziale di atomi confinanti e interazioni di scambio tra elettroni.

Il primo metodo si basa sul fondamentale lavoro di Heitler e London nel quale viene trattata la molecola di idrogeno. Inoltre utilizza i lavori di Heisenberg del 1928 riguardante il ferromagnetismo e di Slater del 1929 nel quale viene applicata la teoria dei gruppi allo studio dell'interazione tra un gran numero di atomi. Hückel si avvale anche del lavoro di Bloch del 1930 nel quale viene proposto un perfezionamento del metodo di Heisenberg sempre per trattare il ferromagnetismo.

Il secondo metodo ha come fondamento la teoria proposta da Bloch nel 1928 per lo studio del comportamento degli elettroni nei cristalli.

In quest'ultimo metodo, inizialmente, viene trascurato l'effetto di scambio e ogni elettrone viene considerato in un campo di forze che ha la periodicità del reticolo, l'autofunzione corrispondente a questo elettrone contiene la periodicità del reticolo. L'interazione (trascurata l'interazione di scambio) viene calcolata secondo il metodo proposto da Hartree per gli atomi e cioè come campo di forze periodico proveniente dal comportamento di ogni singolo elettrone nel campo dei nuclei e dei restanti elettroni.

Il calcolo dell'interazione di scambio tra elettroni può poi essere condotto

successivamente. Il potenziale per un singolo elettrone sarà rappresentato da una funzione periodica in φ con periodo $2\pi/n$:

$$V(r, z, \varphi) = V\left(r, z, \varphi + \frac{2\pi}{n} g\right) \quad ; \quad g = 1, 2, \dots, n-1$$

e l'equazione di Schrödinger per un singolo elettrone può essere scritta nel modo seguente:

$$\Delta\chi + \frac{8\pi m}{h^2} [W - V(r, z, \varphi)] \chi = 0$$

Come è stato mostrato da Bloch è possibile, utilizzando la teoria dei gruppi, rappresentare l'autofunzione nella forma seguente:

$$\chi^k(r, z, \varphi) = e^{ik\varphi} u^k(r, z, \varphi)$$

dove u^k è periodica in φ con periodo $2\pi/n$ e k è un numero intero positivo, negativo o nullo. L'autofunzione rappresenta un'onda elettronica circolante che data la sua periodicità in φ è modulata secondo tale periodicità.

Utilizzando, per il calcolo degli autovalori e delle autofunzioni, il metodo approssimato di Bloch si può costruire la soluzione dell'equazione di Schrödinger per il sistema considerato mediante i risultati ottenuti dalla soluzione per il singolo atomo.

La sovrapposizione dei campi di potenziale dei singoli atomi viene trattata come perturbazione.

Si applica poi una ulteriore approssimazione che consiste nel considerare esclusivamente l'interazione tra campi di potenziale e autofunzioni di atomi adiacenti. Si ottiene in questo modo l'autovalore W :

$$W^k = W_0 - \alpha - 2\beta \cos \frac{2\pi k}{n} \quad k = 0, 1, \dots, n-1$$

W_0 è l'autovalore più basso di un singolo elettrone in un singolo atomo; α e β sono due costanti la cui espressione è la seguente:

$$\alpha = - \iiint [V - U_j] \Psi_j^2 r dr dz d\varphi$$

$$\beta = - \iiint [V - U_j] \Psi_j \Psi_{j+1} r dr dz d\varphi$$

dove U_j rappresenta la distribuzione del potenziale per l'atomo j da solo e V il potenziale effettivo.

$-\alpha$ corrisponde all'energia potenziale della distribuzione di carica dell'elettrone

dell'atomo f nel campo degli atomi vicini (quello che in seguito chiamerà integrale coulombiano).

β è invece l'integrale di risonanza.

Il calcolo degli stati di una molecola che possiede elementi di simmetria può essere ulteriormente semplificato utilizzando queste proprietà.

Hückel ottiene nel caso del benzene lo stato fondamentale rappresentato dal termine ψ_1 che indica che lo stato è non degenere e che l'autofunzione corrispondente è simmetrica rispetto a tutti i piani di simmetria della molecola, questo significa che tutti i sei atomi della molecola sono completamente equivalenti.

« Con questa interpretazione della configurazione elettronica del benzene perde ogni senso », afferma Hückel nella conclusione del suo lavoro, « la formulazione di Kekulé dell'anello benzenico costituito dai legami doppi e singoli che si alternano » [15].

In un articolo successivo Hückel propone una rappresentazione dei legami nella molecola del benzene dove i punti rappresentano le tre coppie elettroniche che legano con un secondo legame i sei atomi di carbonio (Fig. 3).

Questa immagine della molecola di benzene non è una novità ed è l'autore stesso a farcelo notare; infatti appare già una rappresentazione simile di questa molecola in un articolo di Thiele del 1899 [16].

E' evidente, sia negli articoli qui considerati che in articoli successivi, l'estrema attenzione con la quale egli considera concetti e modelli della chimica classica ai quali i chimici sono molto legati. Il fine che si propone è dare una spiegazione o valutare la validità di questi modelli utilizzando i metodi della meccanica quantistica.

Hückel non solo non perde di vista i legami con la chimica classica ma è anche attento ai modelli quantistici che altri scienziati propongono fornendoci così oltre ad un contributo scientifico anche un contributo storico critico importante. Le strutture di Kekulé e Dewar sono le formule classiche dalle quali Pauling parte per trattare la molecola del benzene con il metodo della valenza [17]; il termine che egli usa è quello di « strutture canoniche » alle quali cor-



Fig. 3 - Rappresentazione della molecola del benzene. Rif. 16, p. 779.

rispondono delle « funzioni canoniche » che come Hückel sottolinea non sono delle autofunzioni quindi l'energia corrispondente non è l'energia di uno stato reale della molecola.

Anche i termini di « risonanza » e « energia di risonanza » che Pauling utilizza per indicare il fenomeno dell'oscillazione tra le strutture canoniche del benzene in analogia con il fenomeno classico della risonanza tra due pendoli accoppiati, non sono corretti secondo Hückel poiché non si può parlare di risonanza tra le strutture molecolari di Kekulé e Dewar e quindi associare a ciascuna struttura un'energia e una frequenza determinata quando a quelle formule non corrisponde uno stato molecolare reale [18].

Anche se si tratta di un lavoro preliminare da quanto è stato detto si può capire l'importanza che l'attività di questo scienziato ha avuto, sia perché è stato uno dei primi ad affrontare i problemi chimici con i metodi della meccanica quantistica e a risolverli, sia perché proprio dai suoi risultati sono partiti altri scienziati sviluppando teorie più sofisticate.

BIBLIOGRAFIA E NOTE

- [1] *Interview with Erich Hückel*. «Journal of Chemical Education», Vol. 49, 1972, p. 2.
- [2] ERICH HÜCKEL, *Ein Gelebensleben Ernst und Satire*. Verlag Chemie, Weinheim, 1973, p. 131.
- [3] Rif. 2, p. 167.
- [4] Rif. 2, p. 136.
- [5] R.G. PAER, *Erich Hückel e Friedrich Hund - Pioneers in Quantum Chemistry*. «Int. J. of Quantum Chemistry: Quantum Chemistry Symposium», Vol. 11, 1977, pp. 29-37.
- [6] E. HÜCKEL, *Zur Quantentheorie der Doppelbindung*. «Z. Physik», 60, (1930), p. 454.
- [7] Rif. 1.
- [8] L. PAULING, *The nature of the chemical bond*. «J. Am. Chem. Soc.», Vol. LIII, (1931), p. 1378.
- [9] J.C. SLATER, *Directed Valence in Polyatomic Molecules*. «Physical Review», Vol. 37, (1931), p. 487.
- [10] R.S. MULLIKEN, *Electronic Structures of Polyatomic Molecules and Valence*. III. *Quantum Theory of the Double Bond*. «Physical Review», Vol. 41, (1932), p. 751.
- [11] Rif. 5, p. 35.
- [12] E. HÜCKEL, *Quantentheoretische Beiträge zum Benzolproblem*. I. *Die Elektronenkonfiguration des Benzols und verwandter Verbindungen*. «Z. Physik», 70, (1931), pp. 204-206.
- [13] Rif. 12, p. 215.
- [14] Le proprietà di simmetria della molecola del benzene consistono nella riflessione rispetto ad un piano contenente l'anello (che viene indicato con S_v) e attraverso piani perpendicolari al piano dell'anello e passanti per i legami C-H e la metà dell'anello; la molecola è anche simmetrica rispetto alla rotazione di π attorno ad un asse passante per i legami C-H e la metà dell'anello. Rif. 12, p. 216.
- [15] Rif. 12, p. 236.
- [16] E. HÜCKEL, *Grundzüge der Theorie ungesättigter und aromatischer Verbindungen*. Vol. 43, (1937), pp. 752-788.
- [17] L. PAULING, *The Nature of the Chemical Bond*. V. *The Quantum Mechanical Calculation of the Resonance Energy of Benzene and Naphthalene and the Hydrocarbon Free Radicals*. «J. of Chemical Physics», Vol. 1, (1933), p. 362.
- [18] Rif. 16, p. 760.

GIUSEPPE DEL RE (*)

**R. Boyle, M. Lomonosov,
e la questione dei fondamenti della chimica (**)**

R. Boyle, M. Lomonosov and the Problem of Foundations in Chemistry.

ABSTRACT. — Eighty years marked by the appearance of the Newton's *Principia* passed between "The sceptical Chymist" of Robert Boyle (1661) and a little known unfinished work of Michail Lomonosov, "Principia chymiae mathematicae" (1742). Boyle is a link between alchemy and chemistry, founding the latter as an autonomous discipline whose theoretical programme is the search for the material principles of phenomena; Lomonosov proposed a completely new outlook, whereby chemistry would become a mathematical science based on mechanics. The connecting link between chemistry and mathematics is for him the fact that "omnes mutationes fiunt per motum — mutationes agitur corporis mixti peraguntur mechanice".

These historical considerations show that the tradition of chemistry has been characterized since the beginning by a conflict between a theoretical programme inherited from alchemical art and mechanistic aspirations. This conflict has resulted in a dichotomy between a praxis still following the programme of Boyle and of the later great chemists (Lavoisier, Dalton, Berthelot, etc.), and an essentially physicalist epistemological credo, uncritically accepted by most chemists. This dichotomy is probably responsible for decadence of the specific theoretical heritage of chemistry, with serious damage to research.

Introduzione

Stiamo assistendo in questi ultimi anni a un fenomeno molto interessante: il recupero della « dignità » di scienze autonome da parte della biologia e, più timidamente, da parte della chimica [1-3]. Il nostro gruppo di lavoro si sta occupando, con particolare riferimento alla chimica, di questo fenomeno. Nel contesto dell'epistemologia, esso prelude al ritorno ad una filosofia della natura

(*) Dipartimento di Chimica, Università di Napoli.

(**) Relazione presentata al II Convegno Nazionale di « Storia e Fondamenti della Chimica » (Roma, 16-18 settembre 1987). L'A. tiene a sottolineare che l'opera incompilata di Lomonosov qui citata gli fu segnalata anni fa dal dott. S. Diner, ricercatore CNRS presso l'Institut de Biologie Biocchimique di Parigi.

che non si identifichi con la metodologia e il programma di una singola disciplina; nel contesto della didattica e dell'orientamento professionale dei giovani, il suo approfondimento è premessa indispensabile di una corretta presentazione della chimica e della figura del chimico.

Nel corso del nostro lavoro, abbiamo ritrovato ancora una volta il fatto mai abbastanza riconosciuto che, se è vero che il modello esplicativo, la metodologia sperimentale, la natura dei fenomeni trattati sono ciò che caratterizza una scienza, è anche vero che questi aspetti fondamentali si possono comprendere e valutare appieno solo alla luce della loro dimensione storica, del modo in cui sono venuti definendosi nella loro realtà attuale [4-7].

In questa nota vogliamo illustrare quest'affermazione con riferimento al meccanicismo nato con Galileo e Newton. Ancor oggi, molti chimici accettano come dimostrata la tesi che la chimica è soltanto un capitolo applicativo della meccanica quantistica, e pertanto non ha alcuna originalità teorica. Molti chimici teorici non solo hanno subito, ma fatto proprio questo punto di vista: e hanno lavorato in base alla convinzione che la « chimica teorica » consista tutta e soltanto nello sviluppo di metodi adeguati di soluzione dell'equazione di Schrödinger per le molecole. Questa convinzione si può riconoscere nella conferenza Nobel di Robert Mulliken del 1966 [8]. In contrasto con le tesi di Mulliken, il quale (non va dimenticato) parlava piuttosto da spettroscopista qual era che non da chimico, sta fra l'altro il premio Nobel assegnato alcuni anni più tardi a Roald Hoffmann, anch'egli chimico teorico. Il grande merito di questi, insieme a Woodward, è stato un grosso lavoro d'innovazione concettuale per l'interpretazione delle reazioni chimiche. Questo suggerisce che, nella pratica, la rinuncia allo sviluppo autonomo di un proprio patrimonio concettuale in favore di un riduzionismo meccanicista, pur subita per disinteresse verso la speculazione filosofica, non soddisfa le esigenze interpretative dei chimici, soprattutto organici. Da questa incoerenza fra posizioni epistemologiche generali e prassi quotidiana risulta una mancanza di chiarezza che nuoce alla ricerca specializzata, all'immagine della chimica come scienza degna di essere coltivata, e alla costruzione di un edificio della scienza che sia, come dicevamo, una vera e propria filosofia della natura.

Per riconoscere in cosa consista effettivamente una teoria della chimica, e in che modo si sia definito di fatto il patrimonio concettuale di questa specialissima disciplina, conviene ricorrere alla storia. Per quanto riguarda in particolare le relazioni tra chimica e meccanica, ci è parso di particolare interesse il confronto tra il punto di vista dell'inglese Boyle, uno dei creatori della chimica, che scriveva subito prima dell'avvento della meccanica newtoniana, e quello di quella personalità originalissima e multiforme che fu il russo Lomonosov.

Boyle e « il chimico scettico » [9].

La lettura del « Chimico scettico » di Robert Boyle (1661) è di speciale interesse per la storia della chimica, perché costituisce, sia pure in modo meno rivoluzionario, quello che il « dialogo dei massimi sistemi » di Galileo costui-

per la fisica: il punto di passaggio dalla scienza stanca di una cultura dominante ferma al medioevo e il vigore di nuove curiosità e interessi dei nuovi uomini del seicento.

La posizione di Boyle era ancora legata alla fisica aristotelica e al problema dei principi primi, che, come si sa, fu risolto definitivamente solo con Mendelejeff. Tuttavia, nessuno dubita dell'originalità di Boyle stesso. Anzitutto, l'indipendenza di pensiero, indicata già dal titolo del dialogo, e poi tutta l'impostazione del discorso sono indice di una maturità scientifica notevole sia dell'autore che della disciplina stessa. Tutto il dialogo di Boyle è teso verso una ricerca teorica di fondo, appunto la famosa questione dei principi materiali delle trasformazioni chimiche. La concezione atomica democritea ha una parte centrale in tutta l'opera, e si potrebbe pensare ad un preludio alla meccanica atomica. In realtà — ed è questo che ci preme di sottolineare — la domanda di fondo di Boyle non è data in termini di moti, ma in termini di enti. Egli non si preoccupa del modo in cui si muovono gli atomi, ma delle caratteristiche che essi hanno. Questa linea è rimasta valida per la chimica fino ad oggi. Abbiamo segnalato altrove che anche il concetto di meccanismo di reazione, per il chimico, non dà la parte principale al modo in cui si evolvono le molecole, ma agli intermedi e ai complessi di transizione che costituiscono, per così dire, i crocevia di una reazione.

Pur riprendendo l'idea democritea degli atomi come principi materiali, Boyle vede nella materia un « principio architettonico » che alcuni hanno visto, forse un po' frettolosamente, piuttosto come una concessione alla fede in un'intelligenza creatrice che non come una tesi scientifica. Senza negare l'origine metafisica della tesi in questione, noi riteniamo che Boyle avesse in mente un problema strettamente scientifico, cioè il fatto che gli atomi non possono costituirsi in sostanze materiali macroscopiche puramente in base al caso, e che le sostanze stesse fossero *edifici* in cui gli atomi si ordinano secondo regole ben precise. Presa in questo modo, l'idea di Boyle costituisce un indice dell'orientamento che la chimica stava prendendo già da prima dell'atomo di Dalton e dell'incontro con il meccanicismo della fisica. Insieme alle definizioni metodologiche di Lavoisier e di altri, appunto questo principio architettonico caratterizza la chimica di oggi e la distingue da altre discipline.

Lomonosov e i « Principia Chymiae Mathematicae » [10].

Tra il « Chimico scettico » di Robert Boyle (1661) e gli incompiuti « Principia chymiae mathematicae » di Michail Lomonosov (1742) passano ottant'anni segnati dall'apparizione dei « Principia » di Newton.

Mentre Boyle pensa in termini di una ricerca autonoma, ispirata a criteri aristotelici mitigati da un continuo ricorso all'esperienza come fonte dei principi, Lomonosov è sotto l'influenza del nuovo mondo d'idee portato all'apoteosi da Newton. Lo stesso titolo denuncia l'influenza di Newton. Si tratta in sostanza di un proclama per la costruzione di una « chimica matematica », la quale deve

ridurre la chimica a meccanica; dovrebbe cioè essere l'equivalente per la chimica di ciò che è stata la meccanica razionale proposta da Newton per l'astronomia.

Adottando uno schema rigorosamente meccanicistico, Lomonosov vede la teoria non come un mero prodotto dell'esperienza, ma come una riflessione in parte complementare all'empiria; giacché si tratta d'interpretare l'esperienza sulla base di alcuni principi e delle loro conseguenze. Il suo punto di partenza, che è un po' la formulazione in linguaggio aristotelico della tesi di fondo del meccanicismo, è il principio secondo cui « omnes mutationes corporum fiunt per motum », tutte le mutazioni dei corpi avvengono per mezzo del moto. Ora, la chimica si occupa delle trasformazioni di un corpo misto. D'altra parte, dal principio adottato segue che, tra le altre, anche le « mutationes corporis mixti per motum fiunt », anche le trasformazioni di un corpo misto avvengono per mezzo del moto. Ed eccoci al programma meccanicista: poiché « motus scientia est mechanica » (la scienza dei moti è la meccanica), le considerazioni fatte conducono a stabilire che « mutationes igitur corporum mixtorum peraguntur mechanicè: adeoque per leges mechanicas explicari possunt » (le trasformazioni dei corpi misti avvengono per via meccanica, e pertanto si possono spiegare con leggi della meccanica).

Si manifestano così, fin da prima di Lavoisier, le due tendenze di fondo della chimica, quella — riduzionista — a confondersi con un capitolo secondario della fisica costruito su basi in gran parte estranee all'esperienza chimica, e quella primitiva, genuina, che proviene dall'alchimia ermetica. La storia della chimica dimostra che l'originalità di questa disciplina è nata proprio perché il tentativo di ridurla alla meccanica in base a criteri preconcepi non ha avuto successo, e si è mantenuta nei secoli la posizione « ontologica » degli alchimisti, fondata sul concetto di « sostanza ».

La posizione di Lomonosov può sembrare vicina a quella di coloro che ritengono, come abbiamo ricordato, che non vi sia posto per una teoria propria della chimica, la quale, secondo loro, si riduce appunto alla meccanica (quantistica). In realtà, se si tien conto dell'epoca in cui scriveva il grande Russo, e si leggono altre sue proposizioni, le cose appaiono sotto un profilo diverso. E' certamente vero che, come quei chimici di cui parlavamo, Lomonosov non si preoccupa della necessità di elaborare concetti e regole atti a classificare e mettere in relazione le strutture chimiche, siano queste determinate per via sperimentale o, sotto forma di conformazioni in un minimo di energia potenziale, mediante le equazioni della meccanica: ma si deve ricordare che il concetto di molecola e di struttura a quell'epoca erano ancora di là da venire, ed era giusto che Lomonosov indicasse una strada che allora sembrava particolarmente promettente. A differenza di quella dei chimici riduzionisti moderni, la sua impostazione non è affatto quella di chi, non essendo interessato alla riflessione teorica vera e propria, riduce tutto a pratica, sperimentale o computazionale. Il suo « proclama » contiene anzi una serie di considerazioni che sono un monito valido ancor oggi.

Sotto forma di « corollari », egli scrive: « Illi, qui sola praxi occupantur, veri Chymici non sunt »: coloro che si occupano soltanto di fare esperimenti non sono veri chimici, giacché « Chymicus igitur verus debet esse etiam Philo-

sophus», il chimico vero dev'essere anche filosofo, cioè (come spiega più sopra) chimico teorico, che si dirà di colui che non solo ha conoscenza storica (= descrittiva) dei fenomeni chimici, ma ne ha conoscenza filosofica. E dà un esempio semplice: «E.g. si quis in olla, aqua vel alio liquore plena, igni imposita ebullitionem excitari posse noverit, idque actu prosequitur, practicus audit. Quodsi vero eidem innotuerit aquam per aërem igni expansum atque inde erumpentem in ebullitionem excitari, est theoreticus» (Per esempio, se uno sa che si può provocare l'ebollizione in un recipiente pieno di acqua o di altro liquidi ponendolo sul fuoco, e realizza la cosa con l'azione, lo si può considerare [chimico] pratico. Se però egli stesso si sarà reso conto che l'acqua viene indotta a bollire dall'aria che si sprigiona da esso perché è dilatata dal calore, allora è un teorico ».

Conclusioni

L'opera di Lomonosov non fu completata: e ne sarebbe stato ben contento, se lo avesse saputo, il creatore del positivismo Augusto Isidoro Comte, il quale vedeva la matematica come non solo estranea, ma nemica della chimica [11]. L'impostazione generale dell'opera è tuttavia sufficiente per confermare la tesi che la chimica ha subito il fascino della meccanica razionale fin dal suo primo sorgere, ma è rimasta poi fedele alla sua tradizione alchemica, senza compiere la propria sintesi teorica fra i poli di questa dicotomia. Eppure, come abbiamo detto, con lo sviluppo della fisica atomica e statistica questa dicotomia è degenerata in una situazione assurda: mentre ufficialmente pretendeva, in modo del tutto acritico, di ritrovarsi nelle categorie e nei paradigmi della fisica teorica, il pensiero chimico continuava ad affrontare la natura con schemi mentali propri, fondati sull'individuazione di enti materiali specifici (atomi, molecole, complessi di transizione) e sulla loro struttura, anziché di leggi meccaniche della materia. Ancor oggi, la complessità di una trattazione matematica completa dei fenomeni chimici limita la riduzione meccanicistica a un interesse soprattutto spettroscopico, mentre la concezione della molecola come un sistema avente una struttura spaziale ha conservato la sua qualità di riferimento geometrico piuttosto che dinamico. Quella disciplina ponte che è veramente vicina alla chimica — la termodinamica statistica — non è stata sviluppata come forse si sarebbe dovuto e tanto meno secondo linee proprie alla chimica. Forse sarà questo il compito del futuro, tanto più che l'enorme sforzo fatto per rendere possibile la risoluzione numerica dell'equazione di Schrödinger di una molecola, sia pure molto semplice, consente oggi di ricostruire la teoria della chimica su due pilastri: la descrizione ricavata dall'esperimento e la descrizione numerica ricavata dal calcolatore elettronico. In questo senso non si può non dar ragione al punto di vista di Mulliken ricordato sopra.

Da tutte queste considerazioni, e in particolare dal monito di Lomonosov, che il vero chimico dev'essere anche filosofo, emergono almeno due indicazioni. Anzitutto, poiché la tradizione chimica è piuttosto quella dell'arte alchimistica che non quella della razionalità filosofica, la dicotomia accennata è responsabile

di una certa decadenza del patrimonio teorico della chimica. In secondo luogo, l'apporto di altre discipline ad una disciplina data è prezioso soltanto se ne rispetta la specificità metodologica e concettuale, senza un pregiudizio riduzionista: il riduzionismo di principio può addirittura paralizzare la ricerca.

In altri termini, si tratta di capire quali siano i fondamenti propri della chimica, e di applicarli con uno sforzo sistematico di costruirsi una comprensione generale dei fatti chimici, e non solo una collezione di regole pratiche. In questo senso, sia pure con la riserva che non si tratta di ridurre la chimica alla matematica, ma di renderne rigorosa e completa la teoria, con una riflessione ordinata e logicamente coerente com'è quella della matematica, sarebbe opportuno che ogni chimico di oggi meditasse uno « scolio » della stessa operetta di Lomonosov, ammirabile anche per lo stile letterario:

« Verum enimvero, si illi, qui omnes dies suis fumis et fuligine obfuscant, quorumque cerebrum, chaos quoddam ac indigesta experimentorum moles obruit, sanctissimis Geometrarum legibus, (...) instrui non essent periti, intus certe naturae adyta, cuius se mystagogos esse profitentur, possent penetrare. Profecto cum Mathematici per combinationem paucarum linearum quam plurimas veritates eruant, cur et non Chymici ex tanta experimentorum farragine plura deducere possint, nullam rationem praeter Matheseos ignorantiam video »: E in verità, se coloro che hanno ottenebrato tutte le loro giornate con i fumi e la fuliggine, e il cui cervello è stato sepolto sotto una specie di caos e una mole indigesta di fatti sperimentali non fossero impervi all'istruzione nelle santissime leggi della geometria, potrebbero certamente penetrare più intimamente quei segreti di cui si considerano sacerdoti. E senza dubbio, dato che i Matematici ricavano dalla combinazione di poche linee moltissime verità, non vedo nessun'altra ragione che l'ignoranza della Matematica perché anche i Chimici non debbano ricavare di più da una così grande farragine di osservazioni sperimentali.

Quando si rifletta alla mole immensa dei più recenti Chemical Abstracts e alla povertà di riflessione che è contenuta nella maggior parte dei lavori ivi recensiti, si vede che l'ammonimento a far la fatica di pensare, anche a costo di dover studiare un po' di più, è del tutto attuale; come è attuale quella ricerca dei principi di Boyle che sfociò più tardi nella teoria atomica e molecolare, ed oggi dovrebbe solo cambiare il nome, e chiamarsi « ricerca dei fondamenti ».

BIBLIOGRAFIA

- [1] D.W. THORALD, *Some considerations on the philosophy of chemistry*. «Chem. Soc. Revs.», 5, 203 (1976).
- [2] M. LÉVY, *Les relations entre chimie et physique et le problème de la réduction*. «Epistemologia», 2, 337-370 (1979).
- [3] M. BUNGE, *Is chemistry a branch of physics?* «Zeitschr. f. allg. Wissenschaftsthe.», 13, 110 (1982).
- [4] G. DEL RE, G. VILLANI, P. SEVERINO, *On the specificity of chemical explanation*. Atti Congr. SILFS, 1985.
- [5] C. LEGENER, G. DEL RE, *Chemistry vs. Physics, the reduction myth and the unity of science*. «Zeitschr. f. allg. Wissenschaftsthe.», 18, xxx, (1987).
- [6] G. DEL RE, P. SEVERINO, *Meccanismi di reazione e spiegazione chimica*. Atti 1° congr. it. stor. chim., Torino 1985.
- [7] G. DEL RE, *The historical perspective and the specificity of chemistry*. «Epistemologia», 10, 231-240 (1987).
- [8] R. BOYLE, *Il chimico scettico* (trad. it. «The sceptical chymist» 1662 a cura di M. Borella). Torino, Boringhieri 1962.
- [9] M.I. LONACOSOV, *Sobranie sochinenia*. Mosca, Academia Nauk, 1950. Vol. I, p. 66-83.
- [10] Segnalazione di J. Cizek, Dept. Appl. Maths, University of Waterloo, Ont. Canada.

ANTONIO CLERICUZIO (*)

Filosofia corpuscolare e teorie chimiche in Robert Boyle:
uno studio preliminare (**)

Corpuscular Philosophy and Chemical Theories in R. Boyle: A Preliminary Study.

Abstract. — Robert Boyle's theory of matter was not strictly mechanical: following van Helmont, he considered seminal principles as active particles endowed with plastic power, which were responsible not only for the generation of plants and animals, but also of mineral and metals. In addition, he took from van Helmont's Chemical Philosophy the notions of vital spirits and ferments. Boyle regarded Chemistry as an independent discipline not reducible to the principles of mechanical philosophy (i.e. matter and motion). In his works Chemistry played a central role in the study of living matter.

Un utile documento per la ricostruzione della formazione delle idee scientifiche di Robert Boyle è il manoscritto, pubblicato da Marie Boas come una prima versione dello *Sceptical Chymist*, intitolato « Reflexions on the Experiments vulgarly alledged to evince the 4 Peripatetique Elements, or ye 3 Chymicall Principles of Mist Bodies », la cui stesura risale probabilmente ai primi anni Cinquanta del Seicento (1). In questi anni, Boyle è tra i membri del cosiddetto Hartlib Circle, caratterizzato da un generale interesse per la chimica e in particolare per le sue applicazioni alla medicina, in aperta opposizione alla tradizione galenica (2).

Le teorie paracelsiane, cui andavano le simpatie di numerosi membri del-

(*) Frances Yates fellow, The Warburg Institute, London.

(**) Relazione presentata al II Convegno Nazionale di « Storia e Fondamenti della Clinica » (Roma, 16-19 settembre 1957).

(1) M. BOAS, *An Early Version of Boyle's Sceptical Chymist*, « Isis », XLV, 1954, pp. 155-168. Le citazioni successive saranno tratte dal testo edito dalla Boas, d'ora in avanti indicato con *An Early Version*.

(2) Cfr. R.E.W. MANSFIELD, *The Life of the Honourable Robert Boyle F.R.S.*, London 1969. Sull'attività del circolo di Hartlib, cfr. C. WERTZ, *The Great Instauration. Science, Medicine and Reform 1626-1660*, London 1975.

l'Hartlib Circle⁽⁷⁾, sono prese in esame da Boyle nel manoscritto citato ed in particolare la teoria dei tre principi spagirici: in primo luogo, scrive l'autore, vi sono sostanze come l'oro e l'argento da cui non è possibile estrarre sale, zolfo e mercurio, inoltre, dall'analisi di alcuni composti si possono ottenere ben più di tre sostanze; infine, quando i chimici affermano di aver ottenuto i cosiddetti *tria prima* in realtà hanno operato non una scomposizione della sostanza originaria, bensì una sua trasformazione⁽⁸⁾.

Con analoghi argomenti, il medico belga Jean Baptista Van Helmont⁽⁹⁾ aveva espresso il proprio punto di vista nei confronti della teoria paracelsiana dei *tria prima*: « Licet e quibusdam tria prima... per ignem eliciantur; non tamen id fit per transmutationem ab igne facta, ibidem generentur tanquam nova entia, fiatque quod non erat ante »⁽¹⁰⁾. Boyle dunque fa proprie le critiche di Van Helmont nei confronti di Paracelso⁽¹¹⁾, differenziandosi così da quegli helmontiani inglesi, quali George Starkey⁽¹²⁾ e John Webster⁽¹³⁾, propensi invece a sottolineare gli elementi di continuità tra Paracelso e Van Helmont.

All'esame delle teorie helmontiane, che in quegli anni ottenevano un largo seguito tra i chimici e i medici inglesi⁽¹⁴⁾, è dedicata la seconda parte del manoscritto boyliano. L'acqua, secondo Van Helmont, è la materia di cui tutti i corpi sono costituiti, i *semina rerum* i principi formativi, non solo delle piante e degli animali, ma anche dei metalli e dei minerali⁽¹⁵⁾.

A sostegno della teoria dell'acqua quale principio universale l'autore dell'*Ortus Medicinæ* aveva addotto il noto esperimento del salice, che, annaffiato

(7) Cfr. C. WEBSTER, *op. cit.*; P. RATTANI, *Paracelsus and the Puritan Revolution*, « Ambix », XI, 1963, pp. 23-32.

(8) *An Early Version*, pp. 139-164.

(9) Per Van Helmont (1579-1644), si veda W. PAERL, *Joan Baptista Van Helmont. Reformer of science and medicine*, Cambridge 1982.

(10) V. *Ortus Medicinæ. Id est initia physice inaudita*, Amsterdam 1648, p. 405.

(11) La polemica di Van Helmont nei confronti di Paracelso non concerne solo lo status dei *tria prima*, bensì anche la teoria paracelsiana dell'origine delle malattie del tartaro, v. *Ortus Medicinæ*, *cit.*, pp. 233-258. Il saggio di Van Helmont sul tartaro fu tradotto in inglese da Walter Chulston in *A ternary of Paracelsus*, London 1650.

(12) Cfr. G. STARKEY, *Natures Explication and Helmonts Vindication...*, London 1657. Per George Starkey, v. R. S. WILKINSON, *George Starkey (1628-1665), Physician and Alchemist*, « Ambix », XI, 1963, pp. 121-132.

(13) Cfr. J. WEBSTER, *Academiarum Examen, or the Examination of Academics...*, London 1654 (rist. an. in A. G. DEMOS, *Science and Education in Seventeenth Century. The Webster-Ward Debate*, London 1970); *Metallographia: or an History of Metals...*, London 1671. Per John Webster, si veda P. ELMER, *The Library of John Webster*, London 1986.

(14) V. Sir HENRY THOMAS, *The Society of Chymical Physicians: an Echo of the Great Plague of London, 1665*, in E.A. Underwood ed., *Science, Medicine and History*, 2 vols., Oxford 1933, vol. II, pp. 56-71 e P. RATTANI, *The Helmontian-Galenic Controversy in Restoration England*, « Ambix », XII, 1964, pp. 1-23.

(15) « Duo igitur, nec plura, sunt corporum, & causarum corporalium prima initia. Elementum aque nimum, sive initium ex quo: & ferrocium, sive initium seminale, per quod, id est dispositivum, unde mox producitur semen in materia... » (*Ortus Medicinæ*, *cit.*, pp. 108-109).

regolarmente per tre anni, era aumentato di 164 libbre, mentre la terra in cui era piantato di sole due once ⁽¹²⁾. Boyle afferma di aver ripetuto con successo l'esperimento helmontiano ⁽¹³⁾ e di aver inoltre ottenuto dall'analisi di numerose sostanze (soprattutto vegetali) ulteriori prove a sostegno della teoria del medico belga ⁽¹⁴⁾. Non nasconde però la propria perplessità nei confronti della affermazione di Van Helmont per cui l'acqua ottenuta dalla analisi dei composti per mezzo del solvente universale ⁽¹⁵⁾ sarebbe da considerarsi una sostanza elementare semplicemente perché priva di sapore ⁽¹⁶⁾.

In questo manoscritto giovanile l'accordo con Van Helmont è tuttavia pieno nell'assegnare ai principi seminali il potere di trasformare, in base alle proprie nature, la materia, così da produrre tutte le sostanze naturali: « I must admire — scrive Boyle — the strange power of the formative power of the seeds of things which fashion the obsequious matter according to the exigency of their own natures... » ⁽¹⁷⁾.

E' nella seconda metà degli anni Cinquanta che va delineandosi la *corpuscular philosophy* boyliana ⁽¹⁸⁾, sulla base della quale, come è noto, nello *Sceptical Chymist* è confutata la teoria dei principi spagirici ⁽¹⁹⁾: non vi sono, afferma Boyle, sostan-

⁽¹²⁾ *Ortus Medicinarum*, cit., pp. 108-109.

⁽¹³⁾ *An Early Version*, p. 166. Cfr. C. WESSNER, *Water as ultimate principle of nature: the background to Boyle's Sceptical Chymist*, « *Ambix* », XIII, 1966, pp. 96-107.

⁽¹⁴⁾ « I have not without wonder observed in the analysis of bodies, how great a share of water goes to the making up of divers, whose disgulges promise nothing near so much. », *An Early Version*, p. 165.

⁽¹⁵⁾ Boyle non nega che si possa produrre un solvente universale analogo all'*Alkabeist* di Van Helmont, anzi, non poche argomentazioni con cui confuta la teoria del tre principi spagirici si basano sulle analisi dei corpi condotte da Van Helmont per mezzo del solvente universale, v. *The Sceptical Chymist*, London 1661, in *The Works of the Honourable Robert Boyle*, ed. Thomas Birch, London 1772, 6 vols. (ripr. Hildesheim 1966), vol. I, p. 384. Questa edizione, di cui si farà uso anche per le altre opere di Boyle, sarà indicata con la sigla *The Works*. Per il *Liquor Alkabeist*, v. L. REY, *Van Helmont, Boyle and the Alkabeist*, in L. REY and W. C. GRISON, *Some Aspects of Seventeenth-Century Medicine and Science*, Los Angeles 1969.

⁽¹⁶⁾ Più netta diverrà in *The Sceptical Chymist* la confutazione del principio helmontiano: il sapore, così come le altre qualità sensibili, non è sufficiente a definire in maniera esauritiva le proprietà chimiche di una determinata sostanza ed ancor meno a stabilirne il carattere di principio, v. *The Works*, vol. I, pp. 573-575.

⁽¹⁷⁾ *An Early Version*, p. 167.

⁽¹⁸⁾ Per la ricostruzione della genesi del corpuscolarismo boyliano, un utile documento è il manoscritto intitolato « *Of ye Atomical Philosophy* », parzialmente pubblicato in R. S. WESTFALL, *Unpublished Boyle Papers relating the scientific Method*, « *Annals of Science* », XII, 1956, pp. 63-73; 103-117. Cfr. anche R. H. KARRON, *Atomism in England from Harriot to Newton*, Oxford 1966, pp. 93-105.

⁽¹⁹⁾ Per i rapporti tra Boyle e la chimica del primo Scienzo, cfr. M. BOAS, *Robert Boyle and the Seventeenth Century Chemistry*, Cambridge 1958. Non del tutto condivisibile è l'interpretazione della Boas, sia perché minimizza i legami di Boyle con la filosofia chimica del primo Scienzo e di Van Helmont in particolare, sia perché non prende in considerazione quegli aspetti della filosofia naturale boyliana non immediatamente riconducibili alla *mechanical philosophy*.

ze semplici o principi di cui tutti i corpi composti sono formati ed in cui, per mezzo dell'analisi, possono essere risolti. Di conseguenza, neanche l'acqua, il principio helmontiano, può considerarsi una sostanza primigenia, essendo anch'essa, al pari dei principi paracelsiani, una sostanza composta le cui proprietà dipendono da una determinata *texture* della materia ⁽²⁰⁾.

Boyle precisa in quest'opera il proprio punto di vista nei confronti anche dell'altro principio helmontiano, i *semina rerum*: « I likewise differ from Helmont in this, that whereas he ascribes almost all things and even diseases themselves, to the determinate seeds, I am of opinion that, besides the peculiar fabrics of the bodies of plants and animals (and perhaps also of some metals and minerals) which I take to be effects of seminal principles, there are many other bodies in nature, which have and deserve distinct and proper names, but yet do but result from such contextures of the matter they are made of... » ⁽²¹⁾.

Il passo citato ci permette di definire meglio le caratteristiche della filosofia corpuscolare boyliana, tradizionalmente definita una teoria della materia strettamente meccanicistica, basata cioè sul moto delle particelle di materia inerte ⁽²²⁾. Non sembra questa una definizione del tutto convincente, in quanto, a differenza delle versioni cartesiana e hobbesiana del meccanicismo, la *corpuscular philosophy* boyliana ammette, sebbene con delle restrizioni rispetto a Van Helmont, l'esistenza in natura di principi attivi (i *seminal principles*) ⁽²³⁾ dotati del potere di plasmare altre particelle di materia, producendo così non solo piante e animali, ma anche minerali e metalli ⁽²⁴⁾. Boyle introduce dunque in un contesto corpuscolare un elemento di carattere vitalistico, volto a render conto di quei fenomeni più difficilmente spiegabili per mezzo di *matter and motion*.

Per sostenere che la forma (geometrica), la grandezza e il moto delle particelle di materia rappresentano i principi più intelligibili e più generali su cui fondare la filosofia naturale, Boyle è tuttavia cosciente del rischio di elaborare sulla base di tali *causae principles* un sistema filosofico di carattere deduttivo: « ... it is one thing to be able to shew it possible, for such and such effects to

⁽²⁰⁾ *The Sceptical Chymist, The Works*, vol. I, pp. 572-574.

⁽²¹⁾ *Ibid.*, p. 571.

⁽²²⁾ Questa interpretazione è stata riaffermata recentemente da M. Boss, *Boyle's method of work: promoting his corpuscular philosophy*, « *Notes and Records of the Royal Society* », XXI, 1987, pp. 111-140. Più condivisibile è invece la tesi sostenuta da John Henry: « ... the use of active principles in pre-Newtonian matter theory represents a clear and undeniable tradition in English mechanical philosophy and cannot be dismissed as nothing more than a series of minor aberrations by the writers involved ». (*Occult qualities and the experimental philosophy: active principles in pre-Newtonian matter theory*, « *History of Science* », XXIV, 1986, p. 355-381, p. 358).

⁽²³⁾ I principi seminali costituiscono uno dei motivi fondamentali della filosofia naturale del medico danese Petrus Severinus, la cui opera *Idea Medicinae Philosophicae*, pubblicata a Basilea nel 1579, ebbe larga diffusione nel corso del XVII secolo. È probabile che Severinus costituisca una delle fonti principali della teoria helmontiana dei *semina rerum*.

⁽²⁴⁾ Cf. *Some Considerations touching the Usefulness of Experimental Natural Philosophy*, Oxford 1663, *The Works*, vol. II, p. 44.

proceed from the various magnitudes, shapes, motions, and concretions of atoms; and another thing to be able to declare what precise, and determinate figures, sizes, and motions of atoms, will suffice to make out the proposed phenomena... » (2).

Obiettivo polemico è chiaramente il meccanicismo cartesiano, cui in più occasioni Boyle ha rivolto l'accusa d'essere un sistema di carattere filosofico, privo di una solida base sperimentale (2). E' dunque, continua l'autore, piuttosto discutibile la concezione comune a molti corpuscolaristi moderni, secondo cui la spiegazione di un fenomeno naturale o è ricondotta alle *catholic affections of matter*, o altrimenti è inintelligibile (2). Vi sono infatti « ...divers kinds of degrees of explication of the same thing... » e non sono certo da disdegnare quelle spiegazioni basate sulle « ...more obvious and familiar qualities or states of bodies, such as heat, cold, weight, fluidity, hardness, fermentation... » (2).

E' un criterio metodologico cui Boyle si attiene soprattutto negli scritti di chimica e medicina.

Pur avendo negato che sali, spiriti e oli possano essere considerati i principi ultimi dei composti, egli interpreta un gran numero di fenomeni in termini di particelle saline, solfuree, acide o alcaline. Spiriti, sali, oli, costituiscono sostanze più semplici di altre, *mixed of the first kind* (2), di grande utilità soprattutto in medicina (2).

I principi spagirici conservano dunque un ruolo non marginale nell'opera di Robert Boyle, in particolare nella interpretazione dei fenomeni biologici.

L'applicazione della chimica alla medicina costituisce uno degli aspetti principali dell'opera di Thomas Willis, con cui Boyle è in stretto contatto durante il soggiorno a Oxford (3).

Willis riconosce alla teoria atomistica l'indubbio merito di aver eliminato dalla filosofia naturale qualità occulte, simpatie, antipatie ed altri analoghi *ayla ignorantiae* (2); allo stesso tempo, ne sottolinea però il carattere « speculativo »:

(2) *Ibid.*, p. 45.

(2) Cf. A. PACCO, *Cartesio in Inghilterra. Da More a Boyle*, Bari 1973, pp. 227-261.

(2) *Some Considerations...*, *The Works*, vol. II, pp. 45-46.

(2) *Certain Physiological Essays*, London 1661, *The Works*, vol. I, p. 308.

(2) Per i prima mista, cf. *The Sceptical Chymist, The Works*, vol. I, pp. 324-325.

(2) Cf. *Of the Reconcilableness of Specific Medicines to the Corpuscular Philosophy*, London 1685, *The Works*, vol. V, p. 137.

(2) Per Thomas Willis, cf. H. ISLER, *Thomas Willis 1621-1673. Doctor and Scientist*, New York, 1969; S. FRANK JR., *Hareey and the Oxford Physiologists*, Los Angeles 1980.

(2) « *Altera sententia, quae tantum Epicureae philosophiae subrogem est, quatenus mechanice res explicandas suscipit, & instrumenta velut artificis manus fabricatae naturae accommodat, ac sine recursum ad occultas qualitates, Sympathiam, & cetera ignorantiae ayda difficiles aliquot scientiarum nodos & aenigmata feliciter & perquam ingeniose extricat, laudem certe non levem meruit.* » (*De Fermentatione, sive de motu intestino particularum in quovis corpore*, in *Distribuae duae Medico-philosophicae*, London 1659, pp. 3-4).

*...principia sua supponit potius, quam demonstrat, docetque quales figurae elementa ista corporum sint, non quae ipsa fuerint, atque etiam notiones indicit valde subdiles & a sensu remotas, quaeque naturae phaenomenis, quando ad particularia descenditur, non satis quadrant»⁽⁷⁹⁾. E' dunque preferibile, secondo Willis, adottare le teorie chimiche e spiegare i fenomeni per mezzo di sostanze sensibili, quali lo spirito, lo zolfo, il sale, la terra, l'acqua. L'attività dei cinque principi⁽⁸⁰⁾ è però interpretata in termini corpuscolari: la proporzione in cui le particelle di tali sostanze sono presenti nei corpi, nonché i loro moti, determinano le proprietà dei composti e le loro trasformazioni: «...tertia sententiae quae Chymicorum est, placuit calculum nostrum apponere, atque huic in frequenti tractatu praecipuae insistere; statuente nimirum corpora quaevis e Spiritu, Sale, Sulphure, Aqua, & Terra constare, & pro diverso horum in mixtis motu & proportione rerum ortus & interitus ac imprimis fermentationis rationes & varietates expendendas esse»⁽⁸¹⁾.

La terminologia chimica tradizionalmente in uso è invece, secondo Robert Boyle, ancora troppo oscura e, soprattutto, basata su generalizzazioni arbitrarie: sotto la categoria dei sali sono infatti solitamente indicate sostanze tra loro differenti, è opportuno quindi distinguere tre tipi di sali: sali acidi, alcalini e volatili⁽⁸²⁾. Analogamente per gli spiriti, egli nota che i chimici sono soliti indicare con questo termine una qualsiasi sostanza liquida ottenuta per distillazione, la quale non sia né insipida come il flemma, né infiammabile come l'olio⁽⁸³⁾. Nell'analisi dei composti è in realtà possibile ottenere tre tipi di spiriti: acidi (come lo spirito di nitro), alcalini (come lo spirito presente nell'urina e nel sangue) e infiammabili, ottenuti per lo più per fermentazione⁽⁸⁴⁾.

Ai concetti di *Spirits* e *Ferments* Boyle attribuisce la massima importanza soprattutto nello studio delle funzioni vitali del corpo umano, alla cui comprensione non è sufficiente la sola anatomia⁽⁸⁵⁾: «...I look not on a human body,

⁽⁷⁹⁾ *Ibid.*, p. 4.

⁽⁸⁰⁾ *Ibid.*, p. 4.

⁽⁸¹⁾ *Ibid.*, p. 4.

⁽⁸²⁾ *Cfr. Experiments and Notes about the Producibleness of Chymical Principles* (pubblicato per la prima volta quale appendice alla seconda edizione inglese dello *Sceptical Chymist*, Oxford 1680), *The Works*, vol. I, pp. 594-608.

⁽⁸³⁾ «As for what the chymists call spirit, they apply the name to so many differing things, that this various and ambiguous use of the word seems to me no mean proof, that they have no clear and settled notion of the thing. Most of them are indeed wont, in the general, to give the name of spirit to any distilled volatile liquor, that is not insipid, as is phlegm, or inflammable, as oil. But under this general term they comprehend liquors, that are not of a differing, but must be, according to their principles, of a quite different nature...» (*Ibid.*, p. 609).

⁽⁸⁴⁾ *Cfr. ibid.*, pp. 609-629.

⁽⁸⁵⁾ In più occasioni, Van Helmont aveva manifestato il proprio dissenso nei confronti di coloro che pretendevano di basare l'intera medicina sull'anatomia, v. *Ortus Medicinarum*, cit., pp. 338 e 303.

as on a watch or a handmill, *i.e.*, as a machine made up only of solid, or at least consistent parts... » (4).

Boyle pone l'accento piuttosto sulle reazioni chimiche che si verificano nell'Organismo, anziché sulla grandezza, forma e disposizione degli organi: « And here I observe, (what perhaps has not been considered) that neither the mechanism of a human body, nor that of very considerable parts of it, is to be judged only by the structure of the visible parts, whether they be those solid or stable ones, that the anatomist's knife is wont to expose to sight; or even by the texture of those fluid ones, which are to be found in the vessels and cavities of a dead body, when dissected... » (5).

Molte funzioni, se non le principali, sono svolte dagli spiriti, vitali e animali, da Boyle reinterpretati come fluidi di natura alcalina non visibili a occhio nudo, le cui operazioni (nonché essi stessi) non sono più riscontrabili in un corpo morto: « ... many of those [di un corpo umano in vita] functions, (if not the chiefest,) are performed, not by the blood and other visible fluids barely as they are liquors, but partly by their circulating and other motions, and partly by very agile and invisible sorts of fluids, called spirits vital and animal, and partly perhaps, (as I have sometimes guessed) by little springy particles; and perhaps too, by somewhat, that may be called the vital portion of the air; and by things analogous to local ferments; the important operations of all which are wont to cease with life, and the agents themselves are not to be discerned in a dead body » (6).

Riguardo al funzionamento del corpo umano, Boyle fa proprio il punto di vista delle teorie iatrochimiche ed in particolare di Van Helmont, il quale, come è noto, aveva individuato nei fermenti i principi che governano le generazioni e le trasformazioni che avvengono in natura e nel corpo umano (7).

Situati negli organi vitali, i fermenti presiedono, secondo Van Helmont, le principali funzioni vitali e, in particolare, la digestione, che è spiegata per mezzo

(4) *A Free Inquiry into the Received Notion of Nature...*, London 1686, *The Works*, vol. V, p. 232.

(5) *A Disquisition about the Final Causes of Natural Things...*, London 1688, *The Works*, vol. V, p. 442. I fluidi presenti nel corpo umano sono sottoposti ad una continua fermentazione: « ... I consider, that these fluids, the liquors and spirits, are in a living man so constituted, that in certain circumstances the liquors are disposed to be put into a fermentation or coagulation, whereby either some depuration of themselves, or some discharge of hurtful matter by excretion, or both, are produced... » (*A Free Inquiry into the Received Notion of Nature*, cit., *The Works*, vol. V, p. 232).

(6) *A Disquisition about the Final Causes...*, cit., *The Works*, vol. V, p. 442.

(7) « Notitia fermenti, ut nulla in Scholis jejunior, ita nulla utilior. Fermenti nomen, ignotum bacteris, nihil in panificio: cum attamen nulla in rebus fiat vicissitudo, aut transmutatio, per somnium appetitum hyles; sed duntaxat solius fermenti opera. », *Ortus Medicinæ*, cit., p. 111; v. anche *ibid.*, pp. 112-117.

dell'azione di un fermento acido presente nello stomaco⁽⁴⁸⁾, in opposizione alla teoria galenica che la riconduceva ad una *concoctio* operata dal calore⁽⁴⁹⁾.

Al tema della fermentazione Günther Billich aveva dedicato nel 1639 il saggio *Anatomia Fermentationis Platonicae*⁽⁵⁰⁾, che ebbe larga diffusione nel XVII secolo.

Willis definisce la fermentazione come un moto delle particelle dei cinque principi, il quale tende alla perfezione o alla trasformazione dei corpi⁽⁵¹⁾; tale moto è generato dalle particelle più sottili e attive, ovvero da quelle che costituiscono gli spiriti e lo zolfo. Processi fermentativi si verificano nei minerali, nei vegetali e negli animali; nel corpo umano sono governati da fermenti locali, il principale dei quali è situato nel cuore ed è responsabile della fermentazione e, di conseguenza, del calore del sangue⁽⁵²⁾.

In questo contesto, si comprende dunque il rilievo attribuito da Boyle alla conoscenza dei fermenti e della fermentazione: « And let me add that, he, that thoroughly understands the nature of ferments and fermentation, shall probably be much better able than he, that ignores them, to give a fair account of diverse phenomena of several diseases (as well fevers as others) which will perhaps be never thoroughly understood, without an insight into the doctrine of fermentation... »⁽⁵³⁾.

Seguendo Willis⁽⁵⁴⁾, Boyle afferma che nel sangue si verifica una costante

(48) V. *Ortus Medicinarum*, cit., pp. 115; 301-225. Cfr. W. PAERL, *op. cit.*, pp. 129-140.

(49) V. C. GALLENUS, *De Naturalibus Facultatibus*, in C. G. KÖHN, *Claudii Galeni Opera Omnia*, Leipzig 1821-33 (repr. Hildesheim 1965), t. II, p. 177; cfr. R. E. SINGER, *Galen's System of Physiology and Medicine*, Basel 1968, pp. 148-9. La spiegazione della digestione come « concoctio » del cibo nello stomaco è già presente in Aristotele, cfr. M. BOYLAN, *The Digestive and « circulatory » Systems in Aristotle's Biology*, « *Journal of History of Biology* », XV, 1982, pp. 89-118.

(50) L'opera fu pubblicata per la prima volta in A. G. BILLICH, *Thesaurus in Chymicis Redivivus...*, Mainz 1639. Per Anton Günther Billich, v. J. FRICKSON, *Bibliotheca Chemica*, Glasgow 1906, vol. I, p. 107 e J. R. PARTINGTON, *A History of Chemistry*, London 1961, vol. II, pp. 280-1.

(51) Un'ampia trattazione del concetto di « fermentatio » nel '600 è in A. G. DAVIS, *Circulation Physiology and Medical Chemistry in England 1650-1680*, Lawrence, Kansas 1973, pp. 59-58, 63-92, 173-209; utile anche W. PAERL, *op. cit.*, pp. 79-87. Le teorie di Willis sulla fermentazione sono discusse da H. ISLER, *op. cit.*, pp. 46-64 e da R. G. FRANK JR., *Harvey and the Oxford Physiologists*, Los Angeles 1980, pp. 165-169.

(52) « Fermentatio est motus intestinus particularum, seu principiorum ejujus corpora cum tendentia ad perfectionem eiusdem corpora, vel propter mutationem in aliud ». (*De Fermentatione*, cit., p. 17).

(53) Cfr. *ibid.* pp. 25-33. In *De Sanguinis Accessione*, pubblicato quale appendice di *Affectionum quae dicuntur histericae & Hypochondriacae...*, London 1670, Willis modificò le proprie idee a proposito dell'origine del calore del sangue, attribuendolo non più ad un processo fermentativo, ma ad una combustione provocata da una reazione tra le particelle di nitro presenti nell'aria e quelle solfuree presenti nel sangue.

(54) *Some Considerations Touching the Usefulness*, cit., *The Works*, vol. II, p. 83.

fermentazione e, se questa cessa, o, al contrario, diviene eccessiva, si generano processi patologici⁽⁹⁾.

Ancora in pieno Seicento appare quindi piuttosto sfumata la demarcazione, sostenuta da molti storici della scienza, tra meccanicismo e vitalismo: in numerosi autori il corpuscolarismo convive con concezioni della materia di tipo qualitativo.

Sia per ragioni di carattere metodologico, sia per le difficoltà intrinseche alla *mechanical philosophy* nella spiegazione dei fenomeni relativi alla materia vivente, nella scienza inglese pre-newtoniana è presente una sostanziale diffidenza nei confronti di concezioni rigidamente riduzionistiche.

La chimica rappresenta non solo un livello autonomo nella spiegazione dei fenomeni naturali, ma costituisce una chiave interpretativa privilegiata nello studio della materia vivente.

(9) Cf. *De Febribus*, in *Distribae Duae*, cit., *passim*. Un approfondito esame del *De Febribus* è in G. BATES, *Thomas Willis and the fevers literature in the Seventeenth Century*, in W. F. Bynum and V. Nutton eds., *Theories of Fever from Antiquity to Enlightenment*, London 1981, pp. 45-70; v. anche H. ISLIZ, *op. cit.*, pp. 69-86.

(10) *Of the Reconcilableness of Specifick Medicines to the Corpuscular Philosophy*, cit., *The Works*, vol. V, p. 97.

ANTONINO DRAGO (*)

La chimica classica come esempio di teoria organizzata su un problema centrale (**)

Classical Chemistry as an Example of a Theory Organized Around a Central Problem.

ABSTRACT. — The history of classical chemistry is characterized by both the Lavoisier's contrast to the Aristotelian organization of a scientific theory and the Dalton's two choices, the problematic organization of the theory and a mathematics without the actual infinity. In parallel to the Koyré's two sentences characterizing the birth of modern science, two similar sentences are recognized which on one side substituted the above two Dalton's choices in the minds of the scientists and on the other side may be regarded as the true categories for interpreting the history of classical chemistry (as well as of the new theories of the first half of the 19th century). Lastly, some questions about the incommensurability of classical chemistry with the Newtonian theory are discussed.

1. Introduzione.

Il risultato del dibattito secolare sui fondamenti della matematica è che si può scegliere tra una matematica basata sull'infinito in atto (IA; ad esempio, analisi classica o anche analisi non-standard) e una matematica basata sull'infinito solo potenziale (IP; ad esempio, matematica costruttiva). Nel precedente Convegno ho presentato uno studio della storia della chimica classica vista sotto questa luce [1]. Il mio programma di lavoro è la rivisitazione di tutte le teorie scientifiche passate. Quelle già studiate hanno suggerito che in realtà c'è una seconda scelta fondamentale, quella della organizzazione della teoria, se Aristotelica (OA; come la geometria euclidea), o se basata su un problema centrale (OP) [2].

(*) Gruppo di Storia della Fisica - Dipartimento di Fisica, Università di Napoli.

(**) Relazione presentata al II Convegno Nazionale di «Scienza e Fondamenti della Chimica» (Roma, 16-19 settembre 1987).

Posso tradurre tutto ciò in termini storiografici dicendo che queste categorie interpretative sono suggerite da una parte dalla problematica dell'infinito messa in luce da Koiré per l'origine della scienza moderna [3], e dall'altra dall'analisi di Beth della organizzazione tradizionale della teoria scientifica (OA) [4], più l'esempio della termodinamica di Sadi Carnot come teoria alternativa basata su un problema centrale [2].

Dallo studio [1] la chimica classica è risultata un caso particolarmente interessante di teoria che rifiuta l'IA perché giunge fino ad usare i semplici numeri interi. Inoltre, tra le passate teorie a OP essa è l'unica che non lascia dubbi sulla sua validità anche odierna [5].

Allora lo studio della OP della teoria chimica può illuminarci sulle caratteristiche generali della OP; inoltre, avendo la chimica classica compiuto le scelte opposte a quelle del modello scientifico dominante (meccanicismo newtoniano) [6], essa può chiarire, in negativo, la sua incommensurabilità [7] con il suddetto meccanicismo e, in positivo, caratterizzare la sua specificità storica e concettuale rispetto alla teoria fisica.

2. *Paradigma newtoniano e organizzazione aristotelica della teoria chimica.*

La prima teoria scientifica che sia stata sistematica e matematizzata fu l'ottica cartesianiana (1630). Ma ben più importanza fu data alla successiva nascita della teoria meccanica (Newton, 1687), perché la sua matematica sembrò così potente e il suo progetto così ampio da poter includere ogni altra teoria (ottica compresa). La teoria newtoniana è chiaramente organizzata in forma aristotelica. A questa organizzazione Newton dava un'importanza assoluta. È noto che egli non pubblicò i suoi lavori di Ottica se non alla fine della sua vita, e anche allora in una maniera che non lo soddisfaceva, proprio perché non era riuscito a ridurre quel campo di fenomeni ad una OA [8].

Newton lavorò molto anche in chimica. Ma anche qui non riuscì a produrre una teoria aristotelica. Alla fine dell'«*Optics*» (1704), egli formulò 31 lunghe domande con le quali esprimeva i problemi irrisolti. Egli si dilungò sulla chimica particolarmente nella «*Query 31*». Qui scrisse quello che aveva già anticipato in un trattato di qualche anno prima [9]: «*li gli acidi venivano definiti come «dotati di grande Forza Attrattiva; la loro Attività consiste in questa Forza». Il pensare la chimica meccanicisticamente permetteva a Newton (finale della «*Query 31*») di pensare la vita e lo stesso comportamento umano come assoggettati a leggi meccaniche.*

Questo riduzionismo meccanicista è stato sottolineato da alcuni storici [10]. Ma non si è notato, a mio parere, che esso dipendeva in ultima analisi dalla OA della teoria. Innanzitutto notiamo che alla base della meccanica newtoniana c'erano i concetti di spazio e tempo assoluti, che fungevano da veri e propri principi. Essi, nell'opinione dei newtoniani, dovevano certo valere per tutti i fenomeni, quelli chimici compresi. Poi un altro concetto fondante era quello di forza,

che per la meccanica celeste fungeva da principio centrale. Infine, se il fenomeno della chimica (che secondo Newton era tipico), l'affinità, fosse stato spiegato con la forza gravitazionale (che secondo Newton era universale), si sarebbe trovato il principio specifico della chimica; e la teoria chimica avrebbe avuto una OA basata sugli stessi concetti basilari della meccanica.

Quindi il progetto di Newton non voleva solamente interpretare un concetto della chimica (l'affinità), ma voleva organizzare la chimica tutta come la meccanica, anzi come sottocaso della meccanica.

Per sfortuna di Newton, la forza gravitazionale risultò più debole di quella elettrica. Il suo programma doveva fallire. Però è anche noto che Newton fu dubbioso su questo progetto e per questo lo espose come Query. Invece i suoi seguaci, ammirati dal grande slancio acquistato da tutta la fisica, non ebbero più dubbi e considerarono il programma newtoniano come l'unica direzione di lavoro possibile: tutto doveva ricondursi alla meccanica.

Allora, se la rivoluzione chimica fu ritardata di un secolo [11], non lo si deve tanto a Newton, ma alla autorità scientifica che Newton rappresentò dopo la sua morte: cioè, detto à la Kuhn, al paradigma newtoniano.

Quindi, solo risalendo alle scelte fondamentali di Newton (matematica con l'infinito in atto e organizzazione aristotelica), mal messe in dubbio dai suoi seguaci, si può spiegare il perché la nascita della chimica nacque dopo un secolo di inaccessi.

3. La rivoluzione di Lavoisier: contro la organizzazione aristotelica.

La chimica subì una vera rivoluzione, con Lavoisier, nel 1789.

Anche Lavoisier, come i chimici del suo tempo, ricerca i « principi » della chimica. Ma questi principi non erano quelli della meccanica newtoniana; né erano delle verità autoevidenti [12]. Per di più la rivoluzione di Lavoisier iniziò col distruggere il tradizionale sistema di « principi chimici », quello dei quattro elementi. La scomposizione dell'acqua in H ed O diede il colpo mortale alla vecchia teoria, e autorizzò Lavoisier a lanciare una campagna contro il flogisto come spiegazione del fuoco; ad esso egli sostinse la combinazione con l'ossigeno (e in definitiva, due nuovi elementi, il calorico e la luce).

Con Lavoisier, il numero dei « principi » non è più stabilito a priori per ragioni metafisiche (quattro, o uno, o « n »), ma è da scoprire sperimentalmente a posteriori, quando i nostri strumenti abbiano esplorato tutte le possibilità di scomporre sostanze. Tutto ciò corre con l'idea dei principi assiomatici di una teoria.

Ciò in chimica la parola « principi » andò a significare principi metodologici, sia per scomporre che per comporre sperimentalmente delle sostanze. La teoria venne schiacciata sulla sperimentazione di come maneggiare la materia, seguendo non tanto dei ragionamenti, ma dei processi effettivi, comandabili dall'uomo. Quindi con Lavoisier il metodo di misurazione delle masse dei reagenti e dei com-

posti in una reazione chimica diventò la base sicura su cui fare avanzare la nostra conoscenza; cioè la sperimentazione galileiana, da semplice aggiunta ad una teoria scientifica, concepita sempre come deduttiva, ora pretendeva di diventare un metodo globale di costruzione di una teoria. Tutto ciò fu visto da molti (Kant, Comte) come una illusione e cioè come incapacità di teorizzare veramente: perché, secondo loro, la mancanza di veri principi rende impossibile la matematizzazione della teoria e quindi rende impossibile una vera teoria. Il risultato finale di Lavoisier fu la prima tabella degli elementi chimici; una tavola è uno strumento del tutto inconcepibile in una concezione aristotelica della teoria. E ancor oggi si sottolinea la radicale divergenza della chimica dal modello nomologico-deduttivo, senza però che se ne individuino l'origine e la natura [13].

4. *La nascita dell'organizzazione alternativa a quella Aristotelica.*

Per approfondire l'analisi è bene riferirsi proprio allo schema dell'organizzazione Aristotelica [4]. Si può ben dire che con la chimica di Lavoisier lo schema Aristotelico diventò concreto, materiale. Dei quattro postulati, il postulato di realtà (« ogni enunciato di T si riferisce ad un dominio specifico di entità reali ») venne saldamente ancorato ai corpi e alle trasformazioni dei corpi materiali. Il postulato di verità (« ogni enunciato di T è vero »), avendo messo a frutto la lezione di Galilei, veniva affermato solo in senso sperimentale. Il postulato di deducibilità (« T è deduttivamente chiusa ») risultava evanescente in chimica, a meno che la deduzione logica delle proposizioni venisse intesa come generabilità chimica, dagli elementi primi, delle diverse sostanze. La prima parte del postulato di evidenza (« T è finitamente assiomatizzabile, gli assiomi essendo verità autoevidenti ») veniva riformulato sostituendo agli assiomi gli elementi chimici e intendendo per deducibilità la generalità delle differenti sostanze; mentre poi, la sua seconda parte (« i termini che compaiono nelle affermazioni della teoria T sono definibili sulla base di un numero finito di essi; i termini di base sono talmente ovvi da non richiedere ulteriori spiegazioni ») poneva un problema di linguaggio che appunto Lavoisier affrontò con tanta decisione da farne un punto cruciale per l'avanzamento della teoria, quasi che la teoria si sarebbe organizzata automaticamente se si fosse trovato il linguaggio più adatto. Questa era una riduzione materialistica del pensiero scientifico; ma era adeguata alla grande rilevanza che con Lavoisier aveva preso il bilancio delle quantità di materia nelle reazioni chimiche [14].

In definitiva, Galilei era riuscito ad apportare una sola fondamentale innovazione allo schema aristotelico: quella di cambiare il postulato di verità, passando da una concezione metafisica della verità ad una concezione sperimentale. Invece la chimica classica è nata facendo della sperimentazione un programma totalizzante; il che comportava un cambiamento totale dell'OA, nel senso di una sua radicale materializzazione, e quindi di una sua dissoluzione come schema filosofico e tanto più come schema metafisico. Questa riduzione al concreto operativo e al materiale si accentuò nei seguaci di Lavoisier. Questi, nella

loro polemica contro il newtonianesimo in chimica, non ne criticarono l'impostazione teorica, ma solo la sua applicazione materiale in chimica: sul fluido flogisto si creò una vera discriminante ideologica [15].

5. *Matematizzazione e organizzazione problematica della chimica: Dalton.*

Ma quando Lavoisier pose come elementi la luce ed il calorico, e li classificò per primi, indicò una falsa direzione per la ricerca chimica. Inoltre la sua definizione di elemento, lasciando aperta la possibilità di una scomponibilità illimitata delle sostanze, era « logicamente insoddisfacente » [16] e riconduceva agli infinitesimi di materia, à la Newton. Cioè, restavano indefiniti i postulati di deducibilità e di assiomaticità, intendendoli rispettivamente mediante la generabilità e i « principi » chimici. Su questi punti, pochi anni più tardi, ci fu il contributo cruciale di Dalton; la scienza chimica, senza di lui, sarebbe rimasta una teoria semplicemente contraria alla OA, ma senza forma. Egli matematizzò la chimica. Il risultato fu così semplice, da non essere nemmeno considerato una tappa molto decisiva della storia della chimica. Ma non per questo esso non modellò la mentalità dei chimici: non introducendo grandezze illimitate o infinite in chimica, egli diede un legame operativo stretto tra matematica e chimica e non permise nessuno iato tra chimica sperimentale e chimica teorica. Cioè il rapporto matematico tra H e O in H_2O ha un preciso senso operativo, mentre invece la fisica, sin dal tempo di Galilei, in $s = 1/2 gt^2$, ad esempio aveva usato grandezze continue, che sono divisibili infinitamente, cioè al di là di ogni operazione fisica.

Con Dalton gli atomi, che fino ad allora erano stati una delle massime espressioni della metafisica, divennero in chimica enti operativamente concreti e matematicamente semplici. E dato che « simplicitas sigillum veri », giustamente Dalton considerava gli atomi ormai scientificamente reali [17].

Inoltre Dalton propose la nuova organizzazione della teoria, la OP. Quest'intenzione è espressa nel titolo del suo libro principale « Un nuovo sistema della filosofia della chimica » [18]. Cioè: una nuova organizzazione dei fondamenti della chimica. E anche il contenuto del libro corrisponde ad un profondo cambiamento di mentalità. A proposito della legge degli equivalenti qualche storico si è accorto di qualche « stranezza », ma non è andato a fondo [19]. In realtà, la vera novità del libro di Dalton consiste nel fatto che egli espresse solo un problema, sia pure in una forma programmatica: « è un obiettivo primario di questo lavoro il dimostrare l'importanza e il vantaggio di accertare *i pesi relativi delle particelle atome...* » [20].

E coerentemente con l'aver stabilito questo problema principale di tutta la chimica, Dalton prosegue poi dando un « metodo », sia pur idealizzato, per combinare i corpi tra loro [21]. Il metodo è composto da un'illustrazione esplicativa e dalla ben nota serie di sette regole. Qui si realizzava compiutamente quello che recentemente Theobald ha definito l'essenza della chimica: « Il chimico è

tradizionalmente lo scienziato che prima di tutto vuole conoscere cosa succede quando X è combinato con Y» [22].

Per applicare le sue regole, Dalton usava, più che uno strumento matematico, dei modelli (realizzati in legno) delle combinazioni degli atomi [23]; cioè, come tutti i fondatori di formulazioni a OP (L. Carnot, S. Carnot), privilegiava le macchine sulla matematica, che restava a livello strumentale.

Esprimere più compiutamente il progetto di Dalton è difficile: « Egli tenne per sé le sue idee politiche, sociali, intellettuali ed estetiche » [24].

Si noti che molte cose che Dalton affermò, oggi sono cambiate [25]. Ma quanto detto in precedenza basta per farci valutare Dalton non un discepolo di Lavoisier, ma addirittura più importante di Lavoisier stesso, così come Newton è più importante di Galilei per la costruzione della meccanica moderna. In sostanza ritengo che Dalton abbia iniziato un vero e proprio « paradigma daltoniano » in chimica e nella teoria scientifica, in contrasto con il paradigma newtoniano.

6. Il surrogato dell'organizzazione problematica della chimica: il materialismo.

Il libro di Dalton portò però ad un'ambiguità cruciale: per la storia effettiva della chimica esso organizzò materialmente la teoria chimica; ma i chimici seguenti lo videro solamente come la teoria della organizzazione della materia.

Un cambiamento analogo avvenne anche per la chimica organica. Essa, chiedendosi « che cos'è la vita? », contrastava il meccanicismo imperante e la sua organizzazione della teoria, ma poi si è concentrata sul problema dell'organizzazione della vita. Di conseguenza, la sua domanda centrale decadde in: « quali sono e come sono organizzate le sostanze organiche? ». Ciò ha creato di fatto un surrogato alla scelta dell'OP della teoria, la quale scelta diventò la scelta della materialità, non solo e non tanto degli atomi, ma nella concezione scientifica del mondo. (Questo materialismo fu l'avversario contro cui Ostwald, Mach e Duhem si accanirono con la famosa polemica contro gli atomi). In definitiva, così come la scelta dell'OA, nella storia della fisica successiva, fu surrogata dalla scelta dello spazio quale concetto a priori, cioè da un concetto filosofico materializzato [26], così in chimica la scelta opposta è stata surrogata da una filosofia, dal materialismo [27].

Questa conclusione è corroborata da un confronto della chimica con le teorie fisiche a OP. Lazare Carnot « materializzò » la meccanica eliminando completamente le forze (che per Newton erano l'espressione dell'intervento dello spirito: Dio, l'uomo) sui corpi; e riducendo lo studio a quello della comunicazione del movimento tra corpi, quasi che la materia possa procedere da sola. Nella Geometria, L. Carnot ridusse la verità della teoria alla capacità strumentale di saper risolvere figure, intese materialmente come figure applicate, o meglio come progetti di piazzaforti, edifici, ecc.

Anche S. Carnot eliminò le forze, a corto e a lungo raggio (sulle quali Laplace e Poisson insistevano), per ridurre la teoria termodinamica alla teoria della materia passiva.

Nella geometria non-euclidea Lobatchevsky ridusse la *verità* degli enti geometrici al loro essere generabili da operazioni materiali (artigianali) sui corpi solidi.

Allora ne ricaviamo una importante conclusione. Le due scelte della teoria chimica (matematica discreta, organizzazione problematica) sono state ignorate per quasi due secoli perché la prima è stata disprezzata come incapacità infantile, e quindi privata di significato teorico; mentre la seconda è stata surrogata da un concetto concreto che fosse fondante la chimica stessa, quello della organizzazione sistematica della materia.

7. Un programma koyréano per la storia della chimica.

Passiamo ora alla storiografia della chimica. La storia della chimica è ancora attardata sulla cronistoria. Invero è intricato e complesso illustrare la miriade di scoperte (di sostanze, di idee più o meno sbagliate, di nomenclature) che la chimica ha ottenuto. Il Partington [28] è l'opera che ha segnato una pietra miliare perché spinge a fare di più, per capire piuttosto la trama culturale della teoria. In particolare le biografie non fanno molto di più della cronistoria; solo pochi chimici hanno generato veri rivolgimenti culturali. Né le storie di un'idea (ad esempio, l'atomo [29]) sono molto chiarificatrici: troppo spesso retrodatano le conoscenze odierne.

Invece nella storia culturale (o filosofica) della chimica ci sono stati dei contributi (Comte, Meyerson, Bachelard, Paneth) che cercano un collegamento tra teoria chimica e idee guida dei chimici. Tutto ciò è analogo a ciò che è avvenuto nella storia della fisica; la quale però ha il vantaggio del contributo (a lungo ignorato, e poi combattuto come idealistico, e poi trascurato come storia troppo remota) di Koyré, che fu illuminante per tutti gli storiografi degli ultimi decenni. Estendiamolo al caso della storia della chimica.

Recentemente, tramite l'idea che nelle teorie scientifiche siano implicite due scelte fondamentali, è stata chiarita la matrice intellettuale di A. Koyré [30]. Essa è espressa da due proposizioni cruciali, che sono la « geometrizzazione dello spazio » e la « dissoluzione del cosmo finito ». Esse legano tra loro quelle che sono i surrogati delle due scelte fondamentali che compì Newton: 1) matematica con l'IA (surrogato di Koyré: geometrizzazione), contro la matematica senza l'infinito in atto (Koyré: cosmo finito); 2) OA della teoria (Koyré: spazio ideale).

Ebbene si può suggerire una matrice culturale analoga con la quale interpretare la storia della chimica classica. Si noti che Dalton ha compiuto la scelta di un intero modello di teoria scientifica e che questo modello è opposto a quello Newtoniano, nel senso che le due scelte alla base del modello sono le opposte. Allora possiamo indicare le scelte e i surrogati così:

Scelte possibili	Scelte di Newton	Surrogati in Koyré	Scelte di Dalton	Surrogati nel Progr. koyréano
OA	+	spazio		forza
OP		dissoluzione	+	materia
IA	+	geometrizzaz.		dissoluzione
IP		cosmo finito	+	discretizzazione

In particolare si noti che le due frasi di Koyré legano ognuna le due scelte: la prima frase lega le due scelte in positivo di Newton e la seconda le due negazioni di Newton. Potremmo ripetere questo schema per le scelte di Dalton.

In definitiva si può proporre il programma di reinterpretazione (à la Koyré) della nascita e dello sviluppo della chimica mediante due idee basilari, che sono analoghe-opposte a quelle di Koyré: *la discretizzazione della materia e la dissoluzione (o espulsione) della forza Newtoniana.*

Thackray sembra aver colto il nocciolo di questa impostazione quando conclude così il suo libro: « La teoria (chimica) era profondamente anti-fisicalista e anti-newtoniana perché respingeva l'unità della materia e rifiutava le forze a breve raggio [31]. »

Il programma koyréano per la storia della chimica dovrebbe studiare approfonditamente con le suddette categorie (surrogatorio delle due scelte fondamentali compiute da Dalton) sia Lavoisier che Dalton, e poi i chimici successivi fino a Cannizzaro e Mendelejeff. Questi ultimi appaiono chiari a prima vista; perché portarono a compimento il paradigma daltoniano. Il primo, introducendo la distinzione tra atomi e molecole, rese completa e sicura la matematizzazione della chimica [32]. Il secondo, muovendosi dentro questa chiarezza di idee, giunse a formulare lo strumento di ragionamento che sappiamo tipico di una teoria con OP e che non usi l'analisi infinitesimale: il « ciclo » [33]. Utilizzando due variabili chimiche caratteristiche, la tabella di Mendelejeff organizza tutti gli elementi ancor prima di conoscerli compiutamente, in un insieme di cicli analoghi: col ciclo la teoria è giunta al massimo di maturità, controlla ormai ogni possibilità, dà le direzioni di ricerca e prevede nuovi risultati.

8. Risultati per la storia della scienza in generale.

Sin da ora si possono indicare alcune conseguenze, importanti per tutta la storia della scienza, derivate da questo primo studio sulla chimica classica come teoria a OP.

a) Da tempo si discute se i concetti di due teorie incommensurabili cambiano significato e se ciò avvenga per tutti i concetti o per pochi di essi. La discussione non ha saputo dare esempi storici probanti di tali concetti. Precisando la incommensurabilità come la proprietà di due teorie che abbiano diversa almeno una delle due scelte fondamentali, si è già notato (nel caso di meccanica Newtoniana e mec-

canica di L. Carnot) che non tutti i concetti cambiano significato [7]. Ma confrontando la chimica classica con la chimica meccanicista Newtoniana, sembra invece che tutti i concetti fondamentali cambiano significato. Lo spazio, il tempo e la forza, che sono concetti essenziali per la meccanica di Newton, nella chimica non hanno più senso; e anche il concetto derivato di fluido passa da corporeo (flogisto) ad incorporeo (calorico). Il costituente ultimo della materia, l'atomo concepito come un infinitesimo di materia, diventa in chimica una pluralità di elementi. Solo la massa sembra mantenere lo stesso significato in Newton ed in Lavoisier. In realtà la massa Newtoniana è soprattutto quella inerziale, mentre quella di Lavoisier è la massa gravitazionale, o, ancora meglio, quella misurata in un qualsiasi ma medesimo laboratorio terrestre. Questa variazione di significato è così tanto estesa che i chimici possono usare anche la parola « principio », tipica della teoria di Newton e delle teorie a OA, ma dandole un significato del tutto differente. Ma allora, qui più che mai, vale il problema se due teorie incommensurabili siano anche incomparabili. Di fatto, la storia della chimica dimostra la sua incomparabilità; a tal punto che tuttora i fisici (meccanicisti) svalutano del tutto la chimica classica come vera teoria. Ma anche in linea di principio è incomparabile? Notiamo che solo ora si è capaci di fare riferimento diretto alle due scelte fondamentali, superandone i surrogati concettuali, e quindi di risalire alla causa della incommensurabilità. Allora il problema precedente può essere riformulato così: in linea di principio, sappiamo proporre criteri standard di comparazione tra due teorie che hanno compiuto scelte fondamentali differenti (fino a cambiare, come nel caso della chimica classica e della chimica meccanicistica, il significato di tutti i concetti fondamentali)? Una risposta affermativa appare molto difficile.

b) I due esempi di teorie incommensurabili, considerati in questo studio, differiscono nella scelta della organizzazione della teoria. Esse risultano diverse anche nello strumento di ragionamento: la teoria Newtoniana ha l'analisi, quella chimica il ciclo. Un precedente mio lavoro [7] aveva notato questo contrasto a proposito della termodinamica e meccanica, e aveva ipotizzato che la incommensurabilità si manifesti, ben di più che sui singoli concetti con variazioni radicali di significato, ma anche con differenti concatenazioni di concetti formanti ragionamenti; in altre parole, con dei paradossi. In effetti la chimica classica dà un esempio storico di questo tipo. Nella prima metà dell'800 ci si ostinò a ragionare sulla materia in termini analitici, cioè supponendo una sua scomponibilità all'infinito; l'IA portava a pensare gli atomi come infinitesimi di materia; l'IP portava a pensare ad elementi che sono ultimi solo fittiziamente (cfr. Lavoisier). In quel periodo non si compresero più gli avanzamenti sperimentali riguardanti gli elementi chimici della materia, si accettarono conclusioni paradossali e si instaurò una grande confusione teorica. In realtà ci si doveva rendere conto della esistenza non solo degli atomi ma anche delle molecole, il che fuoriusciva da ogni schema di ragionamento analitico precedente. La crisi fu così grave che la soluzione di Avogadro fu ignorata per cinquant'anni.

c) Dato che la chimica è una teoria a OP esemplare ed ha una scelta netta

di IP, essa è in realtà l'esempio più chiaro del modello alternativo a quello Newtoniano (e che in precedenza ho chiamato modello carnottiano [7]). Allora c'è da chiedersi se ciò che questo scritto ha trovato per la chimica (il programma koyréano di studio della sua storia) sia applicabile ad ogni altra teoria con OP e IP. La risposta è affermativa. Ad esempio, le frasi « chiave » che caratterizzano la storia della chimica valgono anche per la termodinamica di Sadi Carnot: dissoluzione della forza (S. Carnot eliminò radicalmente dalla termodinamica la forza centrale, concetto su cui Laplace e Poisson basavano il loro studio dei sistemi termici) e discretizzazione della materia (questa viene vista attraverso i gas, che sono composti da molecole staccate; i gas anzi vengono considerati corpi ideali; il che, si noti, è anche, in linea di principio e di fatto, la discretizzazione della matematica). Le stesse frasi caratterizzano anche la meccanica di L. Carnot: dissoluzione della forza (lui la criticò magistralmente e la eliminò dalla sua meccanica che si basava invece sugli urti) e discretizzazione della materia (egli considera i corpi come composti da infinite particelle urtanti o vincolate fra loro; o anche, così come si diceva prima, discretizzazione della matematica, che in Lazare, come in Sadi, restò sempre limitata a quella operativa). Le stesse frasi valgono, *mutatis mutandis*, per la teoria economica alternativa, il marxismo, teoria che è chiaramente a OP (« che cosa è e come agisce il capitale nella società? »), e che certamente è contro l'IA dato che è contro il mito della crescita all'infinito del capitalismo. La verifica della validità delle frasi caratteristiche può essere ricavata anche da considerazioni più generali [34]. Considerando complessivamente tutte queste teorie alternative al modello Newtoniano, si può notare che L. Carnot è l'unico che è cosciente di una sua scelta fondamentale, la negazione della OA [35]. Solo Cannizzaro può essere paragonato a lui, ma in effetti si riferisce alla didattica della chimica, non alla teoria in generale [32]. Invece Marx, benché scriva alcune decadi dopo Carnot, non dichiara né studia le scelte fondamentali della sua teoria, ma solo i loro surrogati koyréani, espressi dalle frasi suddette.

Con queste caratteristiche esemplari la chimica classica esprime non solo la sua specificità come teoria scientifica, ma anche la sua grande importanza teorica e culturale per la storia di tutta la scienza; infatti essa suggerisce come proseguire e generalizzare la interpretazione della scienza ben oltre la sua nascita, fino alla metà dell'800.

BIBLIOGRAFIA E NOTE

- [1] A. DRAGO, *Aspetti della storia del rapporto chimica-matematica*. In: P. Antonietti, P. Cerruti (eds.), *Atti I Conv. Storia della Chimica*, Torino, 1985, 200-210.
- [2] A. DRAGO, C. MORILLO, *Perché l'ordine logico dei principi della termodinamica inverte l'ordine di scoperta storica?*. In: P. Tucci (ed.), *Atti IV Congr. Naz. Socia Fisica*, Como, 1983, 113-121.
- [3] Basti ricordare A. Kovalev, *Dal mondo chiuso all'universo infinito* (1947). Feltrinelli, Milano, 1970.
- [4] E.W. BETH, *The Foundations of Mathematics*. Harper, New York, 1, 2 (questo paragrafo manca nella traduzione italiana della Feltrinelli).
- [5] Infatti la termodinamica di S. Carnot era basata sul calorico, concetto abbandonato dal 1851; la meccanica di L. Carnot è rivolta alle macchine, ed è discutibile se la si possa estendere ad esempio alla gravitazione e alle forze continue.
- [6] A. DRAGO, *A Characterization of Newtonian Paradigm*. *Atti Nijmegen Colloquium*, giugno 1977 (in press).
- [7] A. DRAGO, *Una definizione precisa di incommensurabilità delle teorie scientifiche*. In: F. Bevilacqua (ed.), *Atti VIII Congr. Naz. Socia Fis.*, Padova, 1986, 125-130.
- [8] A.E. SQUIRO, *Experiment and Mathematics in Newton's Theory of Colour*. «*Phys. Today*», 37, sept. 1984, 34-42.
- [9] I. NEWTON, *De Natura Acidorum*, 1692. In: *Lexicon Technicum*, London, 1723, II B2 e B3.
- [10] Uno dei pochi che ha cercato di lavorare in questa direzione è A. THACHERAY, *Atomi e forze*. Il Mulino, Bologna, 1979. Però egli non distingue tra l'obiettivo della matematizzazione della chimica e quello della sua organizzazione aristotelica.
- [11] E.A. BURT, *The Metaphysical Foundations of Modern Physical Science*. Routledge, 1972.
- [12] A.L. LAVOISIER, *Memorie scientifiche*. Ed. Theoria, Napoli, 1976, 187-199; qui egli esclude i principi newtoniani.
- [13] Ad es. E.F. CALBIN, *Theories and Development of Chemistry*. «*Brit. J. Phil. Sci.*», 9, 1959, 209-222; M. LEVY, *Les relations entre chimie et physique et le problème de la réduction*. «*Epistemologia*», 2, 1979, 337-370; G. DEL RE, G. VILLANI, P. SVEVERIO, *On the Specificity of Chemical Explanation*. In: E. Agazzi et alii (eds.), *Logica e Filosofia della Scienza*, Oggi, CLUEB, 1986, 263-266.
- [14] A.L. LAVOISIER, *op. cit.*, 159-170.
- [15] A. NORDMANN, *Comparing Incommensurable Theories*. «*Stud. Hist. Phil. Sci.*», 17, 1986, 231-246.
- [16] D.S.L. CARDWELL, Introduction to D.S.L. Cardwell (ed.), *John Dalton and the Progress of Science*, Manchester U.P., 1968, p. XVI. Ma si noti anche l'atteggiamento spregiudicato di Lavoisier: «Cio che si può dire sul numero e sulla natura degli elementi si limita secondo me a discussioni puramente metafisiche» (A.L. LAVOISIER, *op. cit.*, 192).
- [17] J. DALTON, *Inquiry Concerning the Signification of the Word «Particle» as used by Modern Chemical Writers*. «*Nicholson J.*», 28, feb. 1811, 81.
- [18] J. DALTON, *A New System of Chemical Philosophy*. Manchester-London, 1808. L'articolo di A. DI MEO, *Chimica, filosofia e storia*, «*Not. ENEA*», apr. 1987, 33, 64-69, svolge considerazioni che, su questo punto, sono molto vicine a quelle di questo scritto.

- [19] M. LECHESTER, in: *Storia della Chimica*, ISEDI, Milano, 1970, 166, dice: « Questa legge (delle proporzioni multiple) era così strettamente connessa con le teorie di Dalton, che egli non la espresse neppure come principio distinto, ma si limitò a servirsene come parte ovvia dello sviluppo della teoria ». Ancora, F. GREENAWAY, *John Dalton and the Atom*, Heinemann, London, 1959, 132, nota che « il passo di importanza storica è relativamente breve », e che « le leggi di Dalton non furono espresse originariamente con la chiarezza di un moderno libro di testo »; « esse non furono nemmeno chiamate leggi ». Anche, J.R. PARTINGTON, *A History of Chemistry*, Mac Millan, 1970, vol. IV, 768, nota che Dalton « non dà enunciati verbali delle sue leggi », citando altri storici. Che poi chi propone una teoria organizzata problematicamente passi per lo scopritore di un principio era già avvenuto con J. D'Alembert per la meccanica; e avverrà poi con Lobachevsky per il principio (o meglio, assioma) dell'esistenza delle due parallele ad una retta data.
- [20] J. DALTON, *A New System...*, op. cit., inizio cap. « On Chemical Synthesis », trad. it. in: A. BARACCA, A. ROSI (eds.), *Materia ed Energia*, Feltrinelli, Milano, 1979, 178-181.
- [21] *ibidem*, 180.
- [22] D.W. THORNTON, *Some Considerations on the Philosophy of Chemistry*. « Chem. Soc. Rev. », 5, 1976, 203-213, p. 213.
- [23] A. THACKRAY, op. cit., p. 284.
- [24] D.S.L. CARDWELL, op. cit., p. XIV.
- [25] *ibidem*, p. XXI.
- [26] A. DRAGO, *Storia dello spazio come rivelatrice delle scelte fondamentali della teoria scientifica*, I. In: F. BEVILACQUA (ed.), *Atti VIII Congr. Naz. Storia Fisica*, Padova, 1986, 113-118.
- [27] Ad esempio, la pur pregevole opera di BACHELARD, *Epistemologia*, Laterza, Bari, 1975, è tutta intesa a questo surrogato della organizzazione della teoria scientifica.
- [28] V. nota 19.
- [29] Si vedano le storie di D. Jammer per varie idee di fisica: spazio, forza, massa.
- [30] A. DRAGO, *A. Koyré e la metafisica della scienza moderna*. In: F. BEVILACQUA (ed.), op. cit., 119-124.
- [31] A. THACKRAY, op. cit., p. 305 (sott. agg.).
- [32] Inoltri gli scritti di Carrizoso forse raggiungono la massima chiarezza sulla organizzazione problematica della teoria, sia pure vista in funzione didattica. Sui limiti e sulla forma dell'insegnamento teorico della Chimica, « Gazz. Chim. It. », 2, 305.
- [33] A. DRAGO, *Money, Scientific Knowledge and Social Consciousness*. In: *Atti EEAST Conference « Senses of Science »*, Strasbourg, oct. 1986 (in press); e A. DRAGO, O. VITIELLO, *Il ciclo come strumento di ragionamento*. In: *Atti IX Congr. Naz. Storia Fis.*, Napoli (in press).
- [34] Dato che il lavoro di Koyré può essere collegato a quello di Sohn-Rethel, si può unire l'interpretazione interinista con quella eberista (A. DRAGO, *Money, Scientific...*, op. cit.) e quindi ci si può chiedere quali siano le variabili sociali corrispondenti ai surrogati. Dalla tabella nel lavoro citato si ottengono le due idee-guida: divisione classica della società e dissoluzione dello Stato centralizzato. Il che ci dice subito che questa analisi storica è già stata fatta, sostanzialmente: è quella di Marx (e giustamente, perché Sohn-Rethel vuole essere un marxista). Quello che ci può dire di nuovo è che la chimica è sorta quando sono sorte nella società le lotte degli strati sociali fino ad allora emarginati politicamente, e quando si è tentato di eliminare lo Stato assolutista con la rivoluzione americana e con quella francese.
- [35] L. CARNOY, *Principes fondamentaux de l'équilibre et du mouvement*. Crapelet, Paris, 1803, pp. 205 e segg.

PAOLO MANZELLI (*)

Energia Materia e Informazione (**)

Energy Matter and Information.

ABSTRACT. — From the history of chemistry we learn that any new development of science is a result of a deep change of fundamental ideas and methodological traditions of experimental researches.

Generally this new dimension of thought is able to give a reply also to open problems of history of science that a successive reductionism has erased from the memory.

Nowadays we see that a new pattern of thought in chemistry is a fundamental need to interpret the experimental observation of "periodical reactions", and more in general to give an explanation to the processes of "auto-organization" of the matter.

As we know the "classical dogma of chemistry" assumes that any chemical reaction can be rationalized in terms of relative spatial dispositions of atoms in the molecules.

The conceptual reductionism of the above central dogma, that in large part is still accepted, forgets the fundamental teaching of Robert Boyle.

Boyle was thinking that an "architectonic plastic principle" need to organize inactive parts of the matter.

Looking forward to give a modern interpretation of the auto-organization through the concept of "information" as a product of interaction between energy and matter, is becoming evident that the central dogma of chemistry will be no more sufficient to understand all processes that are working outside of equilibrium conditions.

Actually we observe that, as in biochemistry, the transmission and the elaboration of "chemical information", must be supposed to understand the behaviour of any experiment that present a character of "auto-organization".

Therefore some questions need today to obtain a scientific reply:

- 1) What means "chemical information".
- 2) What is the "logic" of the elaboration of such information in Nature?

Aiming to answer to the above fundamental problems of understanding chemical reactivity, that primarily Boyle single out with the "architectural plastic principle", the author critically introduces a generalization of the concept of "Chemical Information", as a new conceptual tool, useful to understand the evolutive relationships among "Energy, Matter and Information in Nature".

(*) Laboratorio di Ricerca Educativa, Dipartimento di Chimica, Università di Firenze.

(**) Edizione presentata al II Convegno Nazionale di « Scienza e Fondamenti della Chimica » (Roma, 16-19 settembre 1987).

PREMESSA

Nel recente rapporto « Pimentel » sullo sviluppo concettuale della chimica [1], sono stati indicati suggerimenti per la innovazione degli studi di chimica. Gli argomenti che, secondo gli autori del rapporto sono principalmente da approfondire e trattare con maggior ampiezza sono:

a) il concetto di reattività chimica, e pertanto gli elementi di cinetica chimica, la catalisi e così via;

b) il concetto di evoluzione molecolare, e più in generale quelle nozioni che sono importanti per comprendere la chimica della vita [2].

Noi vogliamo dedicare le riflessioni contenute nel presente studio al secondo punto (viato, beninteso, alla luce del primo), giacché esso comporta una misura non indifferente di innovazione concettuale.

Quest'ultima è indispensabile al futuro della ricerca e pertanto introdurremo noi stessi una problematica che necessita di accostamenti terminologici nuovi: parleremo ad esempio di « logica chimica » per indicare quelle sequenze di processi chimico-fisici che permettono il realizzarsi della transizione « disordine-ordine » in una reazione chimica. Considerando come « informazione » ogni generazione di differenze, introdurremo il concetto di « Comunicazione Chimica », come funzione di trasmissione e trasformazione della informazione che conduce ad orientare la reazione chimica determinando le sequenze molecolari per la formazione dei prodotti di una reazione.

Già premesso possiamo precisare il problema che ci interessa con le domande:

- c'è una logica chimica alla base dei processi evolutivi della natura?
- e se c'è, a quali aspetti della chimica si può ricondurre?
- come la si può esplicitare ed utilizzare per orientare la ricerca e la didattica?

Quando si introduce il riferimento al vivente, ed in particolare all'evoluzione, non ci si può evidentemente limitare alla biochimica in senso tradizionale, giacché non si pensa tanto alle molecole della vita, quanto al modo infinitamente complesso e meravigliosamente coordinato con cui queste interagiscono le une con le altre, per dare luogo al fenomeno « vita » e alla sua complessità variabile in grado elevatissimo nel tempo e nello spazio. Si pensa in altre parole all'aspetto dinamico piuttosto che a quello statico.

E' in questo senso che si parla di un nuovo orientamento della ricerca e della didattica.

Val la pena di citare a questo proposito alcune frasi di Prigogine e Stengers [30]:

« Lo sviluppo della termodinamica dei processi irreversibili incontra qui quello della biologia molecolare... Da un lato, la termodinamica scopre la possibilità di strutture complesse ed organizzate lontano dall'equilibrio, e concludeva per la singolarità di questi nuovi stati della materia, per la necessità assoluta di conoscere in dettaglio i meccanismi chimici di un sistema, per scoprire i nuovi comportamenti suscettibili di

apparire lontano dall'equilibrio; dall'altro la biologia molecolare realizza la riduzione delle strutture viventi ai loro componenti ed esplora la varietà dei meccanismi chimici, l'intrico delle catene di riduzione metabolica, la logica sottile e complessa delle regolazioni, inibizioni e attivazioni della funzione catalitica degli enzimi associati alle tappe cruciali di ciascuna delle catene metaboliche.

La biologia molecolare scopre così l'onnipresenza del metabolismo di quelle reazioni cicliche, di quei meccanismi d'autocatalisi, d'autoinibizione, dell'insieme delle reazioni non lineari che costituiscono la condizione di possibilità dell'instabilità chimica lontano dall'equilibrio. Prendiamo ad esempio la glicolisi... Lo studio matematico mostra che la cinetica chimica che descrive questa tappa è suscettibile di generare un fenomeno di oscillazione». [Prigogine and Stengers, 1979 - 161].

La discussione del tema così delineato è destinata ad aprire nuovi orizzonti alla ricerca non solo pura, ma anche applicata: si pensi alle idee della cosiddetta bioelettronica, che vede nello studio dei meccanismi chimici di trasmissione ed elaborazione degli organismi viventi una alternativa ai « chips » di silicio come elaboratori di informazione [3].

CONSIDERAZIONI SUI SISTEMI CHE PRESENTANO CARATTERISTICHE DI AUTO-ORGANIZZAZIONE

Un esempio efficacissimo della novità dei fatti sperimentali e dei concetti che si devono introdurre si può ritrovare nelle reazioni periodiche o « clock reactions » ricordate nel passo di Prigogine citato sopra.

Tali reazioni si possono considerare come un esempio semplicissimo di quei processi di auto-organizzazione di cui si parla moltissimo oggi, ma che non sono entrati ancora nella mentalità corrente del chimico [4, 5], e tanto meno nell'insegnamento [6, 7, 8].

I sistemi come quelli in cui si instaura un regime periodico [9, 10], sono sistemi nei quali oltre ad una trasformazione della materia con produzione o assorbimento di energia, vi sono delle regolarità che oggi si descrivono mediante il concetto generale di « informazione ».

Questo concetto va dunque aggiunto al binomio « energia-materia » della chimica fisica tradizionale.

Esso consente di comprendere meglio anche la natura della chimica « sic et simpliciter ». (In biologia, come ricorderemo meglio più oltre, l'organizzazione è il risultato di una « informazione », cioè di caratteristiche che imprimono un'organizzazione (capacità di agire in modo coordinato sull'ambiente), a quella che altrimenti sarebbe una materia bruta, una miscela disordinata di molecole o di cellule. Allo stesso modo, si può dire che una molecola possiede un'informazione in virtù del fatto che possiede una struttura ordinata invece di essere un ammasso di atomi.

In relazione a queste considerazioni risaltano in modo particolare:

a) l'importanza dello studio dei processi irreversibili, con tutto il bagaglio concettuale che essi richiedono (dal tempo fino alle grandezze termodinamiche più varie);

b) la necessità di mostrare in che modo, sotto la spinta del problema « ordine-caos », si sia giunti ad attribuire un significato oggettivo a concetti che finora erano ritenuti caratteristici del soggetto conoscente, in primo luogo quello che qui ci interessa, il concetto di « informazione », applicato da Jaynes alla termodinamica statistica [11], e dai genetisti molecolari alla biologia [12].

Riassumendo, per interpretare i fenomeni di auto-organizzazione della materia e per farne parte integrante della formazione scientifica delle nuove generazioni, occorre uno sviluppo teorico capace di dare risposta alle tre domande:

- 1 - In che cosa consiste la informazione chimica?
- 2 - Qual è la « logica » con cui la natura elabora la informazione chimica?
- 3 - Come si trasmette la informazione chimica nei processi di auto-organizzazione?

La trattazione di questa problematica è affascinante non soltanto perché investe le più recenti conquiste della scienza, ma perché rientra in quel rinnovamento culturale, che vede, come primo obiettivo, « una nuova alleanza tra uomo e natura » (Prigogine and Stengers, 1979), e che si propone anche a livello sociale come un fatto storico determinante.

Si tratta in sostanza di indagare meglio sul significato della evoluzione, vista sotto l'aspetto di sviluppo creativo della natura alla quale apparteniamo, o come graduale svolgersi e rivelarsi di un misterioso progetto che coinvolge noi e tutto l'universo, avviato all'inizio dei tempi e destinato forse a completarsi nel tempo.

Malgrado questa ampiezza di orizzonti, sembra probabile che le interrogazioni che la scienza moderna ha iniziato a proporsi per approfondire il significato di « reattività chimica », possano dare un contributo notevolissimo ad arricchire le conoscenze in questa direzione.

IL TRINOMIO « MATERIA-ENERGIA-INFORMAZIONE »

Nel quadro delle scienze sperimentali i concetti di Materia ed Energia sono nati con la Fisica in epoche assai distanti; il primo noto fin dai primordi della scienza, il secondo concepito alle origini della rivoluzione industriale.

Il concetto scientifico di Informazione è una acquisizione molto più recente; può esserne indicata l'origine con i lavori di Shannon (1948), in relazione a problemi di ingegneria delle trasmissioni [13]; esso ha acquisito piena cittadinanza in Fisica con l'applicazione alla fisica statistica dei classici lavori di Jaynes (1957). Oggi l'interpretazione dei fenomeni in termini di questi tre concetti è divenuta indispensabile per la trattazione di alcuni problemi più attuali della bio-

chimica, in particolare quelli che si sono posti dalla scoperta del codice genetico e della sua natura molecolare.

Basti ricordare che il premio Nobel Manfred Eigen, diede al lavoro, in cui introdusse la sua teoria sull'origine delle prime unità chimiche viventi, il titolo significativo: « *Come nasce l'informazione? Principi della auto-organizzazione in Biologia* » (Eigen, 1976) [34].

Per chiarirsi alcune idee sull'argomento conviene rileggere l'introduzione dell'articolo in questione:

« Nel nostro linguaggio corrente — scrive Eigen — il concetto di informazione è associato al contenuto ed al significato di un messaggio. Informare qualcuno vuol dire metterlo a conoscenza. Per l'informato, il messaggio prende "forma" ("Gestalt") nel senso della psicologia. Questa è anche l'origine linguistica della parola informazione.

Le scienze esatte hanno fatto proprio questo concetto e gli hanno attribuito un significato assoluto, libero da valutazioni soggettive. Qui l'informazione è una misura di probabilità che indica quante decisioni sono necessarie in media per poter ritrovare un ordine ben preciso entro un numero dato di alternative. Partendo da questo numero di alternative, si potrebbe chiamare informazione anche una misura di "complessità". Se invece si pensa alle scelte richieste, è più opportuna la designazione complementare: misura della rarità o misura della straordinarietà.

Che cosa distingue di preciso questo concetto assoluto di informazione dal suo "pendant" semantico? Non è possibile in linea di principio oggettivare anche il contenuto semantico di un messaggio, e metterlo in relazione ad una distribuzione di probabilità?

Il problema di una valutazione oggettiva del contenuto e del significato di un messaggio si pone quando vogliamo capire come possa comparire in modo "naturale" l'informazione — ad esempio il progetto di un essere vivente o anche di un pensiero fissato in forma di parole.

... S'intende naturalmente, che qui dobbiamo guardare al messaggio-destinatario come una unità indivisibile. La comparsa di informazione è un processo legato all'ambiente che dipende da certe condizioni iniziali e al contorno, e di preciso è un processo di auto-organizzazione, che nel caso che stiamo considerando ha luogo nel cervello di un uomo, colui che riceve il messaggio.

Quest'auto-organizzazione è una coincidenza di eventi casuale, storicamente unica, o è una "regolarità tra eventi", per usare una espressione di Eugene Wigner? E' solo in quest'ultimo caso che sarebbe corretto farne l'oggetto di riflessioni fisiche ».

Sulla base di queste considerazioni vogliamo qui delineare la situazione concettuale da cui emerge la necessità di dare una dimensione nuova alla struttura teorica della chimica e perciò alla interpretazione dei fatti chimici, specialmente in relazione alla educazione.

Il problema didattico che qui ci interessa si può riassumere con la necessità di conciliare due esigenze essenziali:

a) l'apprendimento della chimica secondo canoni tradizionali, apprendimento indispensabile già a livello di scuola secondaria perché il discente possa orientarsi nel mondo multiforme delle molecole e possa rendersi conto della funzione ampia che la chimica svolge nella nostra civiltà sulla base di informazioni che mettano in risalto il profilo storico dello sviluppo chimico industriale;

b) l'acquisizione di una mentalità « anticipativa di nuove conoscenze » [14], attraverso la presa di coscienza delle nuove idee e delle problematiche storico-concettuali ad esse connesse (e quindi oggi prime fra tutte quelle legate alla comprensione chimica della evoluzione e della vita), che stanno facendosi strada nella scienza contemporanea e saranno nel prossimo futuro i pilastri delle nuove scoperte ed invenzioni.

Occorre per questo elaborare un progetto di innovazione didattica sulla tematica « *Materia-Energia-Informazione* » ed individuare i criteri di studio e la conseguente programmazione dell'insegnamento che permetta di integrare i due obiettivi indicati.

CONSIDERAZIONI SULLA NECESSITÀ DI FAR CHIAREZZA SULL'USO DI ANALOGIE E METAFORE IN CAMPO BIO-CHEMICO

Come è noto, in biochimica e in biologia molecolare l'informazione e la sua « traduzione » (« esecuzione delle operazioni indicate in un messaggio »), sono associate a molecole o a macromolecole ben precise, sia quando si tratta di fatti primari, come la replicazione del D.N.A., quanto quando si tratta di quella comunicazione intercellulare che assicura coerenza ad un organismo. La comunicazione in particolare è affidata ad alcune molecole che hanno la funzione fondamentale di trasferire ed interpretare i « segnali chimici, determinando le modalità di risposta bio-chimica di ogni cellula ai fabbisogni fisiologici dell'organismo vivente [15].

Questo riconoscimento che l'informazione non è solo registrata, ma anche trasmessa da speciali strutture molecolari, chiamate spesso « messaggeri » (« messengers ») [16], non è privo di significato storico ed epistemologico. In linea di principio, si sarebbero potuti spiegare gli stessi fatti ricorrendo a proprietà molecolari di altro genere, per esempio alle vibrazioni molecolari, che caratterizzano anche esse ogni molecola praticamente quanto la loro struttura. Il ricorso diretto a quest'ultima, che appare per altro più soddisfacente, è conseguenza del fatto che la chimica si è storicamente interessata alla caratterizzazione della struttura molecolare mediante le classiche procedure di analisi e di sintesi, e perciò ha centrato la sua attenzione alla stabilità conferita alle molecole dal numero e dal tipo di legami chimici necessari a stabilizzarle. La stessa interazione energia-materia si manifesta infatti in chimica primariamente nel concetto di « legame chimico ».

Queste considerazioni preliminari sono importanti, perché forniscono le idee guida per identificare la congruenza dell'insieme dei concetti, degli esempi e delle analogie su cui fondare la presentazione dei vari argomenti (la « spiegazione »), da parte del docente, che verrà proposta da un progetto didattico innovativo, come quello di cui stiamo parlando.

Si sa che l'uso falso o male inteso delle analogie può essere fonte di distorsione del messaggio didattico. Nel campo che stiamo considerando ce n'è un gran numero. Per esempio abbiamo visto che anziché parlare di « messaggeri » chimici si parla spesso di « segnali » chimici [17].

Si tratta di dizioni, usate spesso in libri e pubblicazioni di biologia, che appartengono ad un linguaggio di tipo metaforico e che per acquisire uno « status scientifico » corretto, sarebbe necessario che si facesse una analisi approfondita delle interazioni tra Materia ed Energia che generano Informazione. Le dizioni in uso possono infatti generare confusione rendendo poco chiaro, come in realtà venga trasmessa l'informazione, e cioè se da entità materiali per contatto, come generalmente si ritiene, e si intuisce dalla parola « messaggero-chimico », oppure da vibrazioni acustiche od elettromagnetiche, come si potrebbe desumere dal vocabolo « segnale-chimico ».

Molte delle asserzioni proposte nella presentazione didattica dell'informazione in bio-chimica, sono poco chiare o addirittura ambigue, perché sono fondate su similitudini accettate con troppa disinvoltura. Questo fatto fa emergere a livello gnoseologico tutta una serie di oscurità ed incongruenze attorno alle relazioni proprie del trinomio « Materia-Energia-Informazione ».

Queste oscurità ed incongruenze vengono normalmente superate ricorrendo a tutta una serie di analogie e metafore, che, se da un lato, permettono di rendere in termini familiari al discente la spiegazione di vari fenomeni, per i quali si deve ammettere che un sistema chimico sia capace di elaborare informazione, possono suggerire idee false o imporre schemi epistemologici discutibili.

La metafora più familiare a tutti consiste nell'attribuire al D.N.A. del genoma un « programma genetico », accettando una facile analogia con l'elaboratore elettronico. Questo ha indotto spesso ad interpretare il così detto « dogma centrale della biologia » [18], [cioè il principio che il D.N.A. serve da « calco » per la sua stessa replicazione e per la sintesi del R.N.A., e che quest'ultimo a sua volta è il « calco » per la sintesi delle proteine], in termini strettamente gerarchici, giacché la suddetta metafora richiama l'immagine mentale di un sistema meccanico del tutto passivo, governato da un programma di calco.

In realtà anche superando concettualmente la concezione gerarchica del « dogma centrale » come è stato accertato di recente, vediamo che la sottintesa analogia con il computer può ancora indurre a trascurare l'idea che la cellula è un sistema interattivo, la cui crescita richiede che la informazione biochimica venga distribuita e tradotta operativamente in un processo di trasformazione che include relazioni simultanee tra materia-energia-informazione, che correlano le sostanze chimiche e le microstrutture presenti nella cellula che intervengono nei processi metabolici.

Scienze ogni parte della cellula viene per così dire ridefinita e ricreata durante il metabolismo cellulare, qualcuno ha iniziato ad osservare che l'informazione relativa ad un organismo non può essere vista come proprietà specifica del D.N.A., come lascia invece ad intendere la suddetta analogia con il computer. Pertanto alcune proprietà chimiche, che si presentano di solito come caratteristiche del D.N.A., in particolare la sua capacità autocatalitica (diretta od indiretta che sia), andrebbero approfondite meglio.

Le teorie sull'origine della vita, come è noto prevedono una selezione di tipo darwiniano tra sistemi chimici « pre-biotici », candidati a formare i « protobionti » [20], e questo implica che la capacità di auto-replicazione sia una proprietà di molte macromolecole, oltre il D.N.A.; in realtà sembra che anche questa questione non sia sufficientemente approfondita [21].

Accenniamo ancora ad un'altra delle più note e classiche analogie: il modello « chiave-serratura » di Fischer, per le reazioni enzimatiche « in vivo ». Tale modello è utilizzato ad esempio quando si vuol spiegare il « riconoscimento-molecolare » « comunicazione-chimica », di cui sono esempi la attrazione sessuale degli insetti (mediata dai cosiddetti « feromoni »), e più in generale i così detti « sensichimici » (gusto ed olfatto) [22].

I limiti del modello meccanico « chiave-serratura », sono stati segnalati a più riprese: per quanto utile, esso tende a mettere in ombra il fatto che una reazione avviene quando i reagenti sono in qualche modo attivati, e pertanto il modello stesso dovrebbe, a rigor di termini, essere applicato non tanto alle conformazioni di « riposo » dell'enzima e del substrato, ma alla loro conformazione in una situazione dinamica.

Ci pare quindi che non si possa evitare la conclusione che le scienze chimiche attuali non dispongono di una struttura teorica capace di rendere conto in modo completo della trama delle interazioni tra « Materia-Energia-Informazione »: a nostro avviso il frequente ricorso ad analogie e similitudini è proprio la prova che l'intero capitolo si trova ancora allo stadio intuitivo, mentre sarebbe urgente portarlo al livello di solido edificio teorico.

Questa è, a nostro parere, una esigenza della ricerca chimica in genere; in ogni caso è premessa indispensabile per un programma di innovazione didattica di cui stiamo parlando, che considera corretto tener di conto delle indicazioni del citato rapporto « Pimentel ».

RIFFLESSIONI SULLE CLOCK-REACTIONS E LA AUTO-ORGANIZZAZIONE DELLA MATERIA

Gli esempi dati mostrano quanto approfondimento di concetti e modelli logici sia necessario per mettere a punto una strategia didattica che qui ci interessa, principalmente destinata, come si è detto, a formare una mentalità critica e creativa (nel senso di: « anticipativa di nuove conoscenze »).

Il caso da cui siamo partiti [23], quello delle « clock-reactions », è particolarmente significativo; infatti eseguendo l'esperimenti di reazioni periodiche [24, 25], a giovani preparati secondo i criteri tradizionali, noteremo subito le

serie difficoltà del docente nel rispondere alle domande che tali esperimenti suscitano con immediatezza [26].

Se poi si passa al tema generale della « auto-organizzazione », e da qui alla analisi delle ragioni storico-culturali [27, 28], che ne rendono difficile l'intera presentazione, si vede che si finisce per dover rimettere in causa [29] gran parte dei fondamenti della chimica nel modo che oggi giorno ancora vengono insegnati.

Si arriva anzi più in là: si vede che occorre cominciare a riflettere su questioni fondamentali per tutta la scienza, e che questa riflessione può bene essere iniziata nell'ambito della Ricerca Educativa, in quanto diversamente dalla Ricerca Scientifica essa affronta problematiche di integrazione delle scienze anziché moversi in ambito strettamente specialistico.

Il primo spunto di riflessione a livello di fondamenti nasce dalla domanda: *come può emergere « Ordine dal caos »?*

Dall'epoca in cui Prigogine introdusse le famose « strutture dissipative » [30], mostrando come la termodinamica non esclude la possibilità di una diminuzione di entropia nel caso di un sistema aperto a scambi di energia e materia, è stata fatta molta strada e abbondano studi filosofici, fisici, matematici, in proposito del « caos », delle sue varietà (caos-deterministico, caos termodinamico), e analisi delle transizioni ordine-caos [31, 32].

Per quanto ci risulta tuttavia le innovazioni concettuali così prodotte, non sono bastate a chiarire fino in fondo i processi fisici con cui caso per caso si verifica l'emergenza dell'ordine dal caos: quando cioè una fluttuazione casuale si stabilizza, eventualmente amplificandosi.

L'aspetto formale, matematico della questione è invece abbastanza sviluppato. Scrive E. Pessa [33]:

« Le transizioni, indotte da variazioni dei parametri (cioè dall'ambiente esterno), da situazioni in cui è stabile una soluzione di tipo stazionario omogeneo (rappresentante macroscopicamente un sistema "disordinato") a nuove situazioni in cui diviene stabile una soluzione di tipo stazionario non omogeneo (cioè struttura dissipativa spazialmente organizzata) vengono chiamate processi di auto-organizzazione spontanea o transizioni dal disordine (termodinamico) all'ordine.

... Il fatto che queste fluttuazioni crescano di ampiezza fino ad assumere dimensioni macroscopiche non implica, però, la necessaria comparsa di strutture ordinate non omogenee, ma solo un processo di amplificazione catastrofico divergente; per avere strutture ordinate è necessario che le equazioni di evoluzione contengano un altro meccanismo che potremo chiamare "inibizione" su larga scala, capace di contrastare, a livello macroscopico, l'effetto "esplosivo" prodotto dalla non linearità. E' solo il delicato equilibrio tra l'attivazione su piccola scala (l'amplificazione delle fluttuazioni dovuta alla non-linearità) e l'inibizione su larga scala, che è responsabile della comparsa di strutture ordinate stabili e impedisce che i processi di auto-organizzazione si risolvano in una catastrofe ».

Queste osservazioni sono di grande importanza, ma hanno la limitazione che si riferiscono essenzialmente, come si è detto, ad equazioni matematiche. I tentativi di applicazione concreta della teoria dinamica dei sistemi, a reazioni chimiche di tipo periodico, sono recentissimi ed ancora appesantiti da un formalismo ed un linguaggio matematico, per lo più estraneo al bagaglio culturale del chimico.

Sembra evidente che, se si vogliono introdurre queste tematiche in un programma d'innovazione didattica per la chimica e la biochimica, occorre individuare i concetti chiave ed esprimerli in termini di molecole e loro trasformazioni: come si è detto, questo è un obiettivo primario del nostro lavoro nel campo della ricerca educativa.

Riferendoci sempre all'esempio delle reazioni periodiche, abbiamo già detto che si ha in esse un esempio di auto-organizzazione, e che come tali permettono di sviluppare una riflessione che fa da anello di congiunzione tra chimica e biochimica.

L'applicazione ad esempio della teoria dei sistemi è resa possibile da questa caratteristica: per determinate concentrazioni dei reagenti presenti e per una certa velocità del flusso dei reagenti aggiunti, le fluttuazioni di concentrazione all'interno del recipiente possono venir amplificate e stabilizzate (comportamento periodico), in modo da rendere sperimentalmente visibile come l'intero sistema di reazione evolva verso una composizione diversa da quella iniziale. A seconda dei valori dei parametri chimici e temporali in gioco si possono avere diversi comportamenti, tra cui quello periodico che ci interessa.

Il fatto che in tali casi una fluttuazione non solo si stabilizzi, ma determini un cambiamento regolare dello stesso sistema, si può indicare come « auto-organizzazione » ovvero come produzione, di informazione, nel senso indicato più sopra con le parole di M. Eigen [34]. Si deve pensare inoltre che vi sia uno scambio d'informazione, perché è chiaro che l'evento di « stabilizzazione e amplificazione di una fluttuazione locale » deve in qualche modo ripercuotersi sul resto del sistema di reazione.

In proposito abbiamo ritenuto di dover recuperare un concetto già introdotto da altri autori [35], ma sinora non generalizzato ne troppo ben definito, che dovrebbe consentire di completare la gamma dei concetti necessari per la interpretazione dei fenomeni chimici in cui si ha produzione di ordine: intendiamo dire il concetto di « Comunicazione Chimica ».

Una più precisa definizione di questo concetto, richiederà una ricerca approfondita, perché se da un lato il sapore antropomorfo del termine « comunicazione » ne facilita la comprensione intuitiva, esso potrebbe suggerire una immediata analogia tra il comportamento di una molecola o quello di un apparecchio ricevente od addirittura di un soggetto cosciente, senza favorire l'emettere delle opportune ed appropriate distinzioni, che permettono di comprendere la generalità, ma anche il distinguo dei livelli di riferimento, a cui lo stesso concetto può essere applicato.

Ora, a nostro avviso, questo nuovo concetto può avere validità solo nei limiti in cui ha valore l'interpretazione « oggettiva » del concetto d'informazione, come è stato accennato più sopra. Dentro questi limiti, si può aggiungere al concetto di comunicazione chimica, quello di « elaborazione chimica della informazione ». Quest'ultima concezione si deve inserire assieme al concetto di informazione, perché esso, nel quadro contemporaneo della scienza, è visto in modo statico, e non è quindi sufficiente per descrivere e comprendere i fatti dinamici, come sono i processi biochimici che presiedono alla formazione di un organismo.

CONSIDERAZIONI CONCLUSIVE

Il programma di ricerca educativa su « *Materia-Energia-Informazione* » fin qui delineato nei suoi presupposti, va dunque centrato sulla definizione concreta di concetti come: *l'informazione, la comunicazione chimica e l'elaborazione di informazione*. Come abbiamo cercato di far vedere, questi concetti sono indispensabili per introdurre nell'insegnamento e nello stesso pensiero chimico nuove tematiche molto promettenti ai fini di realizzare le condizioni innovative di una educazione, che tramite la ricerca educativa, riesca a stimolare le giovani generazioni verso l'« anticipazione di nuove conoscenze ».

Tuttavia, la precisazione concreta di tali concezioni, con specifico riferimento ai concetti ed ai dati empirici specifici della chimica, evidentemente richiede un lavoro notevolissimo di ricerca e programmazione dell'insegnamento, se non si vuole che si applichi il famoso detto di Leibniz: « *Passim homines Metaphysicas voces necessitate quadam adhibent, et sibi blandientes intelligere credunt, quae loqui didicere* ». [Leibniz: *Oggi tanto gli uomini utilizzano per una qualche necessità dei termini metafisici, e si illudono di aver capito concetti che hanno soltanto appreso a nominare*] [36].

Mentre vale l'avvertimento contro un'antropomorfismo ingenuo, non si deve trascurare il fatto che, in uno studio di ricerca educativa, si deve comunque far riferimento ai processi di apprendimento del cervello umano. Ora, ci pare molto significativo il fatto che possiamo adoperare categorie valide per il pensiero umano per descrivere fenomeni fisico-chimici, e categorie valide per questi ultimi, per descrivere processi mentali come l'apprendimento. D'altra parte, il fatto stesso che concetti come quello d'informazione siano stati trasferiti al mondo oggettivo della scienza dall'esperienza mentale dell'uomo, tanto attiva (ricordiamo che l'informazione secondo Aristotele si riassume con l'esempio ben noto dell'artigiano che dà forma ad un vaso di creta), quanto passiva (il soggetto dell'apprendimento che appunto viene « formato »), dimostra che se non altro vi è un profondo ed antico parallelismo tra operazioni della mente ed i processi che osserviamo nel mondo esterno. Si può sospettare che questo parallelismo sia originato dal fatto che, dopo tutto, il cervello è soggetto alle stesse regole che governano ogni altro sistema materiale; e si può andare più lontano ritenendo che la logica che regge il funzionamento del cervello sia basata su una « logica chimica ».

Vi è dunque la necessità di vedere insieme, possibilmente inclusi nello stesso paradigma, processi come l'apprendimento e processi di auto-organizzazione della materia, ricercandone i nessi evolutivi che ne descrivono le differenze all'interno di una sostanziale continuità concettuale.

Il successo di opere che hanno tentato di delineare questa direzione dello sviluppo concettuale della scienza [37, 38, 39], ne è indizio significativo. Noi stessi concordando con questi ed altri profili di indagine che contemporaneamente, in seno a varie discipline, si orientano verso la stessa dimensione concettuale, stiamo cercando da tempo di fondare ipotesi di strategie didattiche della chimica, su un modello di tipo evolutivo dei processi di apprendimento, per capire la genesi d'informazione nella mente di un soggetto cosciente [40].

L'Autore ringrazia vivamente il Prof. Giuseppe Del Re, dell'Università di Napoli, per i molti preziosi suggerimenti e per la revisione sistematica di questo lavoro.

BIBLIOGRAFIA

- [1] *Opportunities in Chemistry: Pimentel Report*. «Chem. & Eng. News», 9-22 (Oct. 14, 1985).
- [2] FISHER J.P., *The Chemistry of life's origin*. «Chem. & Eng. News», 23-35, (Aug. 27, 1984).
- [3] BRUNET G., *Bioslips*. «Scienza "2000" (Roma)», 15-21 (Sett. 1985).
- [4] DEL RE G., *Organizzazione ed informazione in Biologia Molecolare*. «La Nuova Critica (Roma)», 15, 47-61 (1981).
- [5] DEL RE G., *L'Organizzazione, l'auto-organizzazione ed l'immagine del Fisiologo*. «Epistemologia», IV, Special Issue, 53-72 (1981).
- [6] DEL RE G., *Una Scienza per le Scienze*. «Rivista IBM», 37-41 (Gennaio 1981).
- [7] DEL RE G., *Termodinamica e Biologia*. «La Nuova Secondaria (Brescia)», 5, 22-23 (1984).
- [8] DEL RE G., *Il Concetto di Informazione e la Biologia Molecolare*. «La Nuova Secondaria (Brescia)», 2, 63-67 (1985).
- [9] WALKER J., *Chemical System that Oscillate*. «CHEMTECH», 320-23 (May 1980).
- [10] WALKER D. et al., *Quasi-periodic order in dissipative Systems*. «Nature», 318, 606 (1985).
- [11] JAYNES E.T., *Information theory and Statistical Mechanics*. «Phys. Rev.», 106, 620-30 (1957) e 108, 171-97 (1957).
- [12] EDEN M., *The origin and evolution of life at molecular level*, in: G. Nicolis (Ed.) *Adv. Chem. Phys.*, Vol. IV, J. Wiley N.Y., 1984, pp. 119-137.
- [13] SHANNON C.E., WEAVER W., *The Mathematical Theory of Communication*. Illinois Press. Urbana (1949).
- [14] MANZELLI P., EATON J., *The conceptual bases of Chemistry and the development of Integrated Science*. «The Environmentalist», 5 (4), 289-92 (1985).
- [15] A.A.VV., *La Scienza*. «Scientific American Italian Ed.», 205, 16-166 (1985).
- [16] VOLLMER J.J., GORDON S.A., *Chemical Communication*, Part I. «Chemistry», 47 (10), 7-13 (1974); Part II. «Chemistry», 45 (4), 7-11 (1975); Part III. «Chemistry», 48 (5), 7-11 (1975).
- [17] SKYHOLD P.G., *The Chemical Sense*. «Chemistry», 48 (3), 7-11 (1975).
- [18] LEONVINI R.C., *Il Dogma Centrale della Biologia*. «Paes e Goures (Bologna)», 14, 28-31, (March 2, 1983), (Translated from: The New York Review of Books, Gen. 1983).
- [19] KILIN H., WARREN J., *Molecular Self-organization and origin of life*. «Ang. Chem. Int. Ed. Eng.», 20, 500-20 (1981).
- [20] GRUNDWALD H., *The evolution of Proteins*. «Chemistry», 41 (1), 11-17 (1968).
- [21] ZILLINSKY W.S., ORSKI L.E., *Analytical Synthesis of a tetrametolide analogue*. «Nature», 327, 446-47 (1987).
- [22] MANZELLI P., *La chimica della comunicazione*. «Sinergie (Verona)», 10, 96-101 (1986).
- [23] MANZELLI P., *Elementi di Didattica Moderna: il concetto di «Comunicazione Chimica»*. «Didattica delle Scienze (Brescia)», 125, 42-44 (1986).
- [24] ANSOU F. et al., *From quasi-periodicity to chaos in the Belousov-Zhabotinskii reaction*. «J. Chem. Phys.», 86 (6), 3325-38 (1987).
- [25] LEVENSON J., *Liesegang Rings*. «Chemistry», 39 (3), 50-52 (1966).

- [26] WINFREY T., *The prehistory of the Belousov-Zhabotinskii Oscillator*. « J. Chem. Educ. », 61 (8), 661-62 (1984).
- [27] MANZELLI P., *La Dimensione nascosta*. « Civiltà Cibernetica (Repubblica San Marino) », 4/VI, 26-62 (1986).
- [28] MANZELLI P., *La qualità della Vita e la Ecologia della Mente*. « L'ETA' VERDE (Roma) », 1, 14-17 (1987).
- [29] MANZELLI P., *La Revisione del II° Principio della Termodinamica in relazione allo sviluppo del concetto di « Comunicazione Chimica »*. « Civiltà Cibernetica (Repubblica S. Marino) », 1/VI, 9-18 (1986).
- [30] PRIGOGINE I., STENGERS I., *La Nuova Alleanza*. Einaudi, Torino (1979).
- [31] BLOCK J.R., *Entropy, ecology, and the concept of self-organization*. « Ent. J. Sci. Educ. », 6 (1), 11-17 (1984).
- [32] ARECCHI T., *Il Modello Matematico tra Fisica e Biologia, Coscienza e Realtà*. « Synthesis », 1, (n. 2-3), 107-116, e, 127-44 (1986).
- [33] E. PESSA, *Entropia, Sintropia, Informazione*. « Responsabilità del Sapere (Roma) », 179/160, 51-72 (1986).
- [34] EDGEM M., *Wie entsteht Information? Prinzipien der Selbstorganisation in der Biologie*. « Ber. Bunsen Ges. », 1059 (1976).
- [35] WILSON E.O., *Chemical Communication in the Social Insects*. « Science », 149, 1064-71 (1965).
- [36] LEIBNIZ G.W., *Philosophische Schriften*. Gerhardt, Berlino 1875/1890, Vol. IV, pp. 468.
- [37] GREGORY R., *La mente nella Scienza*. Est. Mondadori, Milano (1985).
- [38] BATESON G., *Mente e Natura*. Adelphi, Milano (1984).
- [39] FREYTON R., *The embryology of Knowledge*, in: M. Casarave (Ed.) *Science and Consciousness*, Pergamon Press, Oxford, (1984), pp. 153-164; K. FRIBRAM, *Mind Brain and Consciousness*, in: M. Casarave (Ed.) *Science and Consciousness*, Pergamon Press, Oxford, (1984), pp. 327-341.
- [40] TRIMARCHI M., MANZELLI P., *Chemical Education and Brain Chemistry*, Paper Presented at The 8th International Conference on Chemical Education - IUPAC - Tokio-Japan (23/28 Aug. 1983), Printed by ADECEU Roma. This paper. will be reprinted on *The Environmentalist* (1987).

ISAIA IANNACONE (*)

Trascrizione in caratteri cinesi della nomenclatura chimica: storia, problemi e prospettive (**)

Translation in Chinese Characters of Chemical Terminology: History of Problems and Perspectives.

ABSTRACT. — When the first information on modern chemistry reached China, towards the end of the 18th century, the Chinese technicians and linguist had to face the problem of translating the new scientific terms into characters.

This study, starting with the first Chinese text of chemistry of 1835, reflects on the stages of the complex operation of translation which occupied Chinese academics until present times. Many debates arose regarding the correctness of the various methodologies employed for the transcription; every proposed solution raised doubts and objection and a lively argument developed between linguist and chemists. Still some problems have not been completely solved: the multitude of different terms used to identify the same compound and the proliferation of new characters right in a historical moment in which there is a tendency to reduce the total number in order to support cultural divergence.

As far as the most recent solutions adopted to solve problems regarding the transcription of chemical terminology in Chinese characters go, the discussion is still open and there is still a debate between scientific rules and linguistic policies.

Introduzione storica

Nella divulgazione della storia della Chimica, i testi scientifici cinesi danno la giusta rilevanza a Guyton de Morveau, creatore nel 1872 della terminologia chimica internazionale attualmente in uso, ed a Berthollet, Fourcroy e Lavoisier che a questa terminologia diedero successivi e determinanti contributi (1).

(*) Istituto Universitario Orientale di Napoli: Dipartimento di Studi Asiatici (Gruppo di Ricerca sulla Storia delle Scienze e delle Tecnologie dell'Asia Orientale).

Università di Napoli: Dipartimento di Fisica (Gruppo di Ricerca di Storia della Fisica).

(**) Relazione presentata al II Congresso Nazionale di «Storia e Fondamenti della Chimica» (Roma, 16-19 settembre 1987).

(1) Ad esempio, anche in un testo di grande divulgazione come *Huaxue fazhan jieshi* (化学发展简史) (Breve storia dello sviluppo della Chimica), Pechino 1980, viene dedicato ampio spazio ai tre scienziati.

Il problema della trascrizione in caratteri cinesi della nomenclatura chimica è apparso, sin dal suo insorgere, complesso nei contenuti e nelle forme, come non diversamente per altri campi lessicali, ad esempio quello religioso. Nell'affrontare la traduzione della terminologia chimica mutuata dall'Occidente i Cinesi hanno incontrato enormi difficoltà: la lingua cinese, che non è alfabetica, non si è prestata agevolmente alla creazione di un linguaggio tecnico facilmente decodificabile e, quindi, di ampia divulgazione. I linguaggi tecnici occidentali sono stati conosciuti nell'ambito delle lingue nazionali europee ed in esse hanno trovato nutrimento e sviluppo partendo dalle comuni radici etimologiche greche e latine; i Cinesi, che subirono tra le altre anche la colonizzazione culturale degli occidentali, dovettero adeguare la propria lingua alle nuove conoscenze tecnico-scientifiche dimostrando un grande spirito di inventiva, di elaborazione e di sintesi. I tentativi linguistici cinesi hanno esplorato numerose strade: la trasposizione concettuale pura e semplice della parola occidentale, l'invenzione di nuovi caratteri, l'uso di caratteri la cui fonetica fosse simile a quella da tradurre, la ricerca di caratteri significanti.

Non è qui il caso di esaminare i tentativi di « autocafforamento » degli statisti cinesi di fine '800 volti a cogliere il « segreto » della forza delle potenze occidentali, va detto, comunque, che lo scontro tra la cultura cinese e quella occidentale, con la conseguente introduzione in Cina delle conoscenze scientifiche straniere, si consumò in un lasso di tempo straordinariamente breve rispetto all'esperienza plurimillenaria di cultura dominante che aveva la Cina. Si può senz'altro concordare con il chimico W.H. Adolph che già sessant'anni fa paragonava l'introduzione delle conoscenze scientifiche occidentali in Cina ad un colpo di stato consumato in una notte (1).

Anche se non si sa con esattezza quando furono introdotti in Cina i primi concetti della chimica (presumibilmente alla fine del '700), si conoscono però le prime pubblicazioni in lingua cinese relative a questa materia che risalgono alla seconda metà dell'800. La prima opera di rilievo fu quella del medico inglese Benjamin Hobson che, giunto in Cina nel 1839, pubblicò nel 1855 il libro *Boww Xinhian* 博翁新編 (Nuovo Trattato di Scienze Naturali) in cui oltre all'astronomia, alla zoologia, alla fisica e alla meteorologia, viene trattata anche la chimica (2). Questo libro fu il primo di una serie di volumi scientifici in lingua cinese, prevalentemente traduzioni da testi occidentali.

Nel 1862, pressati dall'idea di un necessario rinnovamento tecnico-scientifico su modello occidentale, il Ministero degli Affari Esteri cinese, lo *Zongli Yamen*, 總理衙門, creò l'Istituto di Lingue Straniere, il *Tong Wen Guan*, 同文館 che si occupò, tra l'altro, della traduzione di opere scientifiche. Fra esse citiamo

(1) Cfr. W.H. ADOLPH, *Synthesizing a Chemical Terminology in China*, in « Journal of Chemical Education », ottobre 1927, p. 1255.

(2) L'opera di Hobson, conservata nella Biblioteca di Pechino, riflette le conoscenze chimiche dell'epoca: vi si citano 56 elementi (quando nel 1869 Mendeleiev porò a termine la sua classificazione, ne erano noti 65).

i volumi di A. Billequin *Guide de Chimie ed Explication des principes de la chimie* editi in lingua cinese rispettivamente nel 1873 e nel 1883 con i titoli *Huaxue Zhinan* 化學指南 e *Huaxue Chanyuan* 化學關係. In quest'ultimo si prospetta un metodo per tradurre gli elementi chimici in caratteri cinesi estremamente complicato: ogni elemento viene descritto con le sue proprietà utilizzando, quindi, un elevato numero di caratteri. Questo sistema venne presto abbandonato.

Le traduzioni di testi scientifici occidentali divengono alla fine del XIX secolo, numerosissime, anche grazie alla mediazione culturale del Giappone che si era trovato prima della Cina a dover affrontare con urgenza il problema delle traduzioni. La nomenclatura chimica viene affrontata in modo sempre differente e, com'è comprensibile, non si riuscì subito ad escogitare un sistema semplice di traduzione che utilizzasse pochi caratteri e che quindi fosse facilmente comprensibile ed adottabile ufficialmente. La confusione doveva essere veramente notevole tant'è che uno studioso dell'epoca, Xu Weize scriveva: «...la traduzione di uno stesso testo fatta a Shanghai differisce da quella fatta a Canton ed anche i ricettari di laboratorio differiscono. Se si vogliono tradurre libri di chimica bisogna utilizzare uno stesso criterio... » (*).

A Shanghai, una compagnia che si occupava di acquisti di macchinari stranieri, la *Jiang nan zhi zao zong zhu* 江南製造總局 (Ufficio di Prodotti Meccanici), creò un ufficio di traduzioni. E' proprio in quest'ufficio che prese corpo un soddisfacente criterio di sistematizzazione della terminologia chimica in lingua cinese. Colui che «inventò» un metodo razionale di traduzione fu Xu Shou 徐壽 (1818-1884), eminente studioso che aveva avuto incarichi scientifici perfino dall'imperatore Tong Zhi. Xu Shou, con la collaborazione dell'inglese John Fryer, iniziò un lavoro sistematico partendo dall'idea di assegnare agli elementi chimici un ideogramma contenente una parte fonetica, che suggerisse la prima sillaba del suo nome europeo, ed una significante che indicasse, cioè, se l'elemento appartenesse a una delle seguenti quattro categorie:

- Metallo (carattere 金 *jin*: oro);
- Non Metallo (carattere 石 *shi*: pietra);
- Liquido (carattere 水 *shui*: acqua);
- Gas (carattere 气 *qi*: aria).

Schematizziamo il metodo di Xu Shou in una tabella (tab. 1).

Il metodo di Xu Shou non era rigido giacchè, per alcuni elementi, conservò i nomi tradizionali con cui erano comunemente conosciuti (ad es. il ferro, *tie* 鐵; il rame, *tong* 銅; l'argento *yin* 銀; l'oro, *jin* 金; ecc.).

Nel 1870 Xu Shou aveva classificato 64 elementi ed espose questo sistema di traduzione in *Huaxue jiyuan* 化學基原 (Fondamenti di Chimica) pubblicato fra il 1870 e il 1872. In questo testo, che ebbe larga diffusione, così come gli altri successivi, vennero inventati per la prima volta gli ideogrammi di Na (鈉).

(*) Cfr. Cao Yuxin Yu, *Zhongguo Huaxue Shixun* (Storia della Chimica Cinese), Taipei 1984, p. 296.

SIGNIFICANTE	USATO PER:	ESEMPIO (significante- fonetico)		SIMBOLO
		CARATTERE	PRONUNCIA	
Oro 金	Metalli	錫	xin	Zn
		鎰	ang	Ni
		鉛	gai	Cu
Pietra 石	Non Metalli	神	shen	As
		頤	tan	C
Acqua 水	Liquidi	溴	xiu	Br
Aria 气	Gas	氦	hai	He
		氫	don	H
		氬	lu	Cl

Tabella n° 1: schema della nomenclatura in lingua cinese degli elementi chimici ideati da Xu Shou (fine XIX sec.).

K (金甲), Mn (金孟), Ni (金集), Zn (金甲), Mg (金美) e Ca (金巧), così come ancor oggi li si utilizza, ed altri ancora. Fra gli altri, inventò anche gli ideogrammi di B, H e O che però, attualmente, sono stati semplificati (tab. 2).

Xu Shou si occupò anche dei composti chimici inorganici proponendo una trascrizione in caratteri che però risultò difficile da applicare ai composti non lineari giacchè oltre non era che la trascrizione letterale della formula; attualmente questo sistema è stato abbandonato (tab. 3).

Per la trascrizione in lingua cinese di molti composti Xu Shou non si servì di alcun procedimento razionale ma utilizzò il nome popolare con cui essi erano conosciuti. Questo, naturalmente, aumentò la confusione interpretativa.

Per quanto riguarda la chimica organica, Xu Shou cercò di utilizzare caratteri che ricordassero foneticamente i radicali organici; questo procedimento però

ELEMENTO CHIMICO	CARATTERE INVENTATO DA XU SHOU	CARATTERE MODERNO
B	石右	硼
O	養氣	氧
H	輕氣	氫

Tabella n° 2: esempi di trasformazione moderna di alcuni caratteri inventati da Xu Shou (fine XIX sec.).

Na_2SO_4	ANALISI LINGUISTICA					
Formula ideata da Xu Shou: 金内二季硫季三	Na	2	0	S	0	S
Formula Moderna: 硫酸金内	SO ₄	Na				
	硫酸	金内				

Tabella n° 3: Analisi linguistica della formula proposta da Xu Shou (fine XIX sec.) per l' Na_2SO_4 , e di quella moderna.

alla coniazione di vocaboli complessi che non avevano alcuna chiave di decodificazione comune giacchè ogni radicale o composto era un caso a sè; anche questo sistema venne abbandonato (tab. 4):

RADICALE	CARATTERE INVENTATO DA XU SHOU	CARATTERE MODERNO
$-\text{CH}_3$ metile	逃以脱里 tu yi tuo li	甲基 ji ji

Tabella n° 4: Trasformazione moderna del carattere cinese del radicale metile inventato da Xu Shou (fine XIX sec.).

Il lavoro di Xu Shou non si limitò all'immane impegno di organizzare razionalmente in lingua cinese la complicata terminologia chimica mutuata dall'Occidente, egli profuse le proprie forze anche nella didattica, con la creazione a Shanghai di una scuola di specializzazione scientifica (1873) e di un periodico che ne divulgasse le tematiche (1876); queste due iniziative contribuirono enormemente ad elevare il livello tecnologico-scientifico della Cina alla soglia del XX secolo; sono convinto che soltanto la visione in prospettiva di una scienza cinese autonoma ed indipendente, com'era quella di uomini come Xu Shou, abbia reso possibile alla Cina il salto verso la modernità.

Il sistema di trascrizione della terminologia chimica in caratteri cinesi attualmente adottato nella Repubblica Popolare Cinese, è frutto dell'arricchimento, della trasformazione e della evoluzione di quello ideato da Xu Shou. Nel tempo, la materia è stata oggetto di numerose controversie metodologiche; dal 1953 sono state adottate norme ufficiali che hanno reso possibile la codificazione del sistema di trascrizione tuttora in vigore. Però, nel corso delle necessarie campagne di alfabetizzazione promosse dal 1949 ad oggi, è stata presa, tra le altre, la misura di semplificare molti caratteri cinesi diminuendone il numero di tratti componenti; ciò, secondo le intenzioni dei politici cinesi, avrebbe favorito l'avvicinamento

delle grandi masse alla lingua scritta. Purtroppo, la semplificazione dei caratteri non ha reso più semplice la nomenclatura chimica ma ha contribuito a creare una netta separazione con le esperienze precedenti ed a snaturare il significato stesso dei caratteri utilizzati. Ad esempio, se per i metalli si usava come significante 金 *jin* (oro), adesso questo carattere è stato semplificato con 钅 e tutti gli elementi metallici che erano caratterizzati da 金 ora sono identificabili da 钅. Nel fornire i successivi esempi, ho ritenuto opportuno utilizzare, per i metalli, il carattere 钅 che, nonostante la semplificazione, viene tutt'oggi riproposto sempre più spesso nella sua forma originaria. Comunque, per favorire eventuali consultazioni, è stata inserita come appendice a questo lavoro una tabella con gli elementi chimici in caratteri semplificati.

La soluzione tecnica delle « parole chiave »

Esaminando alcune delle soluzioni adottate, ci si può rendere conto della complessità del lavoro di traduzione di simboli alfabetici in una lingua non alfabetica e dei problemi affrontati dai linguisti e dai chimici cinesi; mi limito qui ad esaminare alcuni esempi di « parole chiave » relative ai casi più semplici.

Precedentemente abbiamo visto come i caratteri degli elementi chimici siano stati conati utilizzando una particella ideografica fonetica ed una significante (钅 per i metalli, 石 per non metalli, 氵 per i liquidi, 气 per i gas); questa significante è proprio una « parola chiave » giacchè, al di là della correttezza della suddivisione arbitraria degli elementi in quattro categorie, è indubbio che queste particelle hanno una funzione informativa indispensabile in un processo di classificazione razionale: se si esamina la tavola periodica in lingua cinese, una volta in possesso della convenzione ideografica (钅, 石, 氵, 气), chiunque è in grado di capire se un elemento è un metallo, o un non metallo, o un liquido oppure si presenta allo stato gassoso; questa informazione non viene data dal simbolo alfabetico.

L'idea di ricorrere a « parole chiave » che assolvano a razionali funzioni informative, permea buona parte dell'attuale nomenclatura chimica cinese. Vediamo alcuni esempi.

离子 *lizi: ioni semplici*

Quando si è in presenza di ioni si usa sistemare il carattere 离子 *lizi* dopo il simbolo dell'elemento chimico; nel caso un elemento presenti due stati di ossidazione (ad esempio Fe^{++} e Fe^{+++}), per indicare lo stato minore di ossidazione si fa precedere all'ideogramma il carattere « chiave » 亚 *yu* (inferiore, secondo); nessuna aggiunta va fatta per il maggiore stato di ossidazione. Esempi:

Cl ⁺	氯离子	Zn ⁺⁺	锌离子
I ⁻	碘离子	Al ⁺⁺⁺	铝离子
H ⁺	氢离子	Fe ⁺⁺⁺	铁离子
Na ⁺	钠离子	Fe ⁺⁺	亚铁离子

化 *hua*: per sali non ossigenati, ossidi idruri, idrossidi

Letteralmente 化 *hua* significa: trasformare, cambiare; la chimica, ad esempio, viene indicata da 化学 *huaxue* (studio delle trasformazioni). Nella nomenclatura chimica, *hua* viene usato per indicare:

1) Sali non ossigenati: in questo caso, *hua* si sistema tra il simbolo dell'elemento del catione e quello dell'anione che possono essere entrambi preceduti dagli indici numerici; prendiamo come esempio il monoclورو di alluminio ed i solfuri ferrici, la formula generale sarà:

indice numerico-anione-*hua*-(indice numerico)-catione

quindi, per i composti suddetti avremo:

AlCl ₃	一氯化铝	FeS ₂	二硫化铁
		Fe ₂ S ₃	四硫化三铁
		Fe ₃ S ₈	八硫化七铁

2) Usato assieme a 氧 *yang* (Ossigeno), *hua* indica gli ossidi; in questo caso *hua* si sistema tra *yang* ed il simbolo del metallo di cui si vuole indicare l'ossido; si inseriscono nella formula anche i caratteri dei numeri (- 1, = 2, = 3, = 4):

AlO	一氧化铝
Fe ₃ O ₄	四氧化三铁
KO ₂	二氧化(一)钾
K ₂ O ₃	三氧化二钾
K ₂ O ₄	四氧化二钾
CaO ₂	四氧化钙
BaO ₄	四氧化钡

3) Assieme a 氢 *qing* (Idrogeno), *hua* indica gli idruri; in questo caso *hua* si sistema in posizione centrale:

PH₃ 磷化氢 (letteralmente: P-*hua*-H)

4) Assieme a 氢氧 *qing yang* (H₂O), *hua* indica gli idrossidi; anche in questo caso *hua* si sistema prima del metallo:

KOK 氢氧化钾 (letteralmente: H-O-*hua*-K)

Riassumiamo l'uso di *hua* nella tab. 5.

酸 *suau*: per gli acidi ossigenati e i sali corrispondenti

酸 *suau*, letteralmente « acido », viene usato come « parola chiave » per designare gli acidi ossigenati ed i sali corrispondenti. Per gli acidi, il carattere

USO DEL CARATTERE 化 PER:	CARATTERE CONIUGATO	POSIZIONE CONIUGATO	ESEMPIO	NOME IN CINESE
Sali non ossigenati	-	-	NaCl: 氯化钠	lu hua na
Ossidi	氧 yang(O)	iniziale	Al ₂ O ₃ : 氧化铝	yang hua lu
Idruri	氢 qing(H)	finale	Fe ₂ : 硫化亚铁	lin hua qing
Idrossidi	氧氢 qing yang (H-O)	iniziale	KOH: 氢氧化钾	qing yang hua jia

Tabella n° 5: Uso del carattere 化 hua nella nomenclatura chimica cinese.

suan viene sistemato dopo il non metallo: se 硫 liu è lo S, allora l'acido solforico sarà: 硫酸 liu suan; se 铁 tie è il Fe, allora l'Fe(SO₄)₂, solfato ferrico, è: 硫酸铁 liu suan tie; per avere l'FeSO₄, solfato ferroso, basta far precedere la formula precedente dal carattere 亚 ya già incontrato in un precedente esempio.

Problemi e prospettive

I pochi esempi citati, pur non rendendo a pieno l'idea delle innumerevoli sfumature coniate in lingua cinese per una classificazione chimica indigena, spero siano stati sufficienti a mostrare un metodo di lavoro spesso sconosciuto o ignorato. Per brevità, non mi sono addentrato nei meandri della chimica organica in lingua cinese nè ho dato conto delle trascrizioni tradizionali di molti composti le quali coesistono assieme ai nomi scientifici (ad esempio, l'etanolo, C₂H₅OH, che ha la formula cinese 乙醇 yi chan, ma è anche conosciuto con la formula 酒精 jiu jing, che significa «spirito del vino»). Questa doppia designazione non facilita certo la decodificazione della formula; va detto, comunque, che l'uso dei nomi volgari per un composto esiste anche nella nomenclatura occidentale (ad esempio, acido acetico = acido glaciale).

La creazione della nomenclatura chimica cinese è opera razionale di chimici e linguisti. I caratteri degli elementi ed il sistema del loro montaggio in formule, rispondono ad esigenze sia funzionali che fonetiche. La complessità di questa operazione di traduzione si evince dalla stessa nomenclatura ideata che risulta complicata e spesso di difficile decodificazione.

Gli addetti alla politica linguistica cinese muovono a questo linguaggio chimico due critiche fondamentali:

— il proliferare di nuovi caratteri in un momento storico in cui ci si sforza di diminuirne il numero e di semplificarne i tratti;

— l'eccessiva disinvoltura con cui per medesimi composti vengono utilizzate e coesistono diverse trascrizioni in caratteri (un esempio eclatante è rappresentato dal KHS_2O_7 per cui esistono dodici trascrizioni in caratteri tutte conformi alle norme in vigore).

Mentre quest'ultimo aspetto non crea problemi eccessivamente gravi più di quanto non faccia nelle lingue europee (in cui, in molti casi, coesistono, come è stato già accennato, più nomi per uno stesso composto), la questione dei nuovi caratteri risulta un ostacolo alla divulgazione della terminologia chimica, giacché, bisogna sottolinearlo, la pronuncia dei caratteri cinesi segue delle regole tonali ben precise, per cui se non si conosce un carattere, si rischia o di non pronunciarlo o di fonetizzarlo con il tono sbagliato dandogli quindi altri significati. Confrontando, ad esempio, la pronuncia tonale di due composti, il clorato di sodio e l'alluminato di sodio, possiamo renderci conto dell'importanza di usare i toni giusti per evitare confusioni:

clorato di sodio: lù suàn nà
alluminato di sodio: lù suàn nà

Come abbiamo già accennato, la politica cinese volta alla divulgazione della cultura scritta ha seguito il progetto della semplificazione dei caratteri; questa linea è stata messa in discussione giacché, se è vero che essa ha reso più facilmente leggibili alle nuove generazioni moltissimi caratteri cui sono stati diminuiti il numero di tratti componenti, è pur vero che proprio queste nuove generazioni hanno difficoltà a leggere i testi anteriori al 1949 che non presentano le semplificazioni.

In campo chimico, la semplificazione ha prodotto un effetto stravolgente giacché ha snaturato la parte significante di molti caratteri. La differenza tra la vecchia nomenclatura e la nuova ha creato confusioni e scompensi che si ripercuotono sui libri di chimica e le stesse tavole periodiche che a volte usano i caratteri semplificati ed altre quelli non semplificati.

L'abisso scavato dalla semplificazione dei caratteri fra la nomenclatura attuale e quella prima del '49, è facilmente evincibile dal confronto dei testi di chimica della Repubblica Popolare Cinese e quelli di Taiwan che non ha adottato la semplificazione ed utilizza rigorosamente i caratteri classici.

In quest'ultimo periodo alcuni segnali significativi fanno pensare che in Cina si stia tornando indietro sulla semplificazione dei caratteri (*) per cui c'è da prevedere che nel giro di pochi anni si risorni all'uso dei caratteri classici che contengono le radici semantiche del linguaggio. Questo, forse, darà più ordine anche nel campo della nomenclatura chimica. Va aggiunto che la fonetizzazione dei caratteri con il sistema *pinyin* (adottato in questo lavoro) ha razionalizzato la pronuncia anche dei termini tecnici. Inoltre, sempre più spesso, i libri di chi-

(*) Recentemente, in molte librerie per bambini di Pechino e di altre città cinesi, ho visto in vendita le carte linguistiche (una sorta di gioco per imparare a scrivere) con i caratteri non semplificati. Inoltre, sia nei testi giornalistici che nei libri, non sempre è rispettata la semplificazione.

mica, in Cina, sono scritti con largo uso di formule alfabetiche (quelle in uso in Occidente) che affiancano o sostituiscono le formule in caratteri. Se su questi libri si stanno formando le nuove generazioni di chimici cinesi, più semplice sarà la comunicazione scientifica tra la Cina ed il mondo occidentale.

E' indubbio che l'ideazione della nomenclatura chimica in lingua cinese è un lavoro sistematico ricco di spunti per chi volesse intraprendere una rifondazione della nomenclatura scientifica in chiave internazionalistica giacchè è impensabile che il mondo accademico e scientifico occidentale ignori ancora a lungo l'esperienza cinese e non ne consideri il potenziale innovativo, soprattutto in relazione alle possibilità che offrono i plurimillenni caratteri cinesi di esprimere graficamente le parti semantiche del linguaggio.

APPENDICE

化学元素表

CLASSIFICAZIONE DEGLI ELEMENTI CHIMICI

原子序数 Numero Atomico	元素名称 Nome (in Chinese)	符号 Simbolo
1	氢 qīng	H
2	氦 hāi	He
3	锂 lǐ	Li
4	铍 bēi	Be
5	硼 péng	B
6	碳 tàn	C
7	氮 dàn	N
8	氧 yǎng	O
9	氟 fú	F
10	氖 nǐ	Ne
11	钠 nà	Na
12	镁 měi	Mg
13	铝 lǚ	Al
14	硅 guī	Si
15	磷 lín	P
16	硫 liú	S
17	氯 lǜ	Cl
18	氩 yǎ	Ar
19	钾 jiǎ	K
20	钙 gài	Ca
21	钪 kǎng	Sc
22	钛 tài	Ti
23	钒 fán	V
24	铬 gè	Cr
25	锰 měng	Mn
26	铁 tiě	Fe
27	钴 gū	Co
28	镍 niè	Ni
29	铜 tóng	Cu
30	锌 zhīn	Zn
31	镓 jiǎ	Ga
32	锗 zhè	Ge
33	砷 shǐ	As
34	硒 xī	Se
35	溴 xiù	Br
36	氪 kè	Kr
37	铷 rú	Rb
38	铯 cè	Sr
39	钇 yǐ	Y
40	锆 gè	Zr
41	铈 cè	Nb
42	钼 mù	Mo
43	铈 cè	Ta
44	铷 rú	Ru
45	铈 cè	Rh
46	钨 wū	Pd
47	铈 cè	Az
48	铂 bó	Cd
49	铊 jiǎ	In
50	锡 xī	Sn
51	锑 qī	Sb
52	碲 tè	Te
53	碘 diǎn	I

原子序数 Numero Atomico	元素名称 Nome (in Chinese)	符号 Simbolo
54	氙 xiān	Xe
55	铯 cè	Cs
56	钡 bǎi	Ba
57	镧 lán	La
58	铈 cè	Ce
59	铈 cè	Pr
60	铈 cè	Nd
61	铈 cè	Pm
62	铈 cè, shān	Sm
63	铈 cè	Eu
64	铈 cè	Gd
65	铈 cè	Tb
66	铈 cè	Dy
67	铈 cè	Ho
68	铈 cè	Er
69	铈 cè	Tm
70	铈 cè	Yb
71	铈 cè	Lu
72	铈 cè	Hf
73	铈 cè	Ta
74	铈 cè	W
75	铈 cè	Re
76	铈 cè	Os
77	铈 cè	Ir
78	铈 cè	Pt
79	铈 cè	Au
80	铈 cè	Hg
81	铈 cè	Tl
82	铈 cè	Pb
83	铈 cè	Bi
84	铈 cè	Po
85	铈 cè	At
86	铈 cè	Rn
87	铈 cè	Fr
88	铈 cè	Ra
89	铈 cè	Ac
90	铈 cè	Th
91	铈 cè	Pa
92	铈 cè	U
93	铈 cè	Np
94	铈 cè	Pu
95	铈 cè	Am
96	铈 cè	Cm
97	铈 cè	Bk
98	铈 cè	Cf
99	铈 cè	Es
100	铈 cè	Fm
101	铈 cè	Md
102	铈 cè	No
103	铈 cè	Lr

MARIAGRAZIA PLOSSI ZAPPALÀ (**)

Storia dei trattamenti chimici nel restauro librario (***)

History of Chemical Procedures in Book Restoration.

ABSTRACT. — After a brief description of significant milestones in the development of book restoration and conservation, such as the St. Gallen Conference, the foundation of the Istituto di Patologia del Libro and W.J. Barrow's investigations, there are reviewed the oldest chemical procedures for ink revival, for bleaching discoloured papers, and for books' sterilisation.

Alfonso Gallo, fondatore nel 1938 dell'Istituto per la Patologia del Libro in Roma, così inizia il capitolo relativo al restauro nel suo « Patologia e terapia del libro »: « La tradizione del restauro è antichissima. I primi esempi si trovano nei papiri egiziani » [1].

Spesso nei libri antichi si incontrano, anche su codici pergamenei, cuciture, rattoppi, tasselli, rinforzi, applicati a volte con perizia eccezionale, altre con difetti di tecnica.

Trattamenti chimici, o meglio ricette per polveri o per ravvivare gli scritti, si possono trovare già nei ricettari medioevali ed in quelli del '500 e del '600. Specialmente nel periodo umanistico, con la valorizzazione filologica dei testi antichi, si ebbe un notevole impulso nell'arte del restauro, che rimase comunque un trattamento empirico, legato all'ingegno e alla fantasia degli operatori.

In effetti da secoli gli studiosi durante la consultazione dei testi antichi si sono trovati, e si trovano, di fronte a libri danneggiati da varie cause, chimiche, fisico-meccaniche, biologiche o semplicemente dall'uso. Non è difficile imbattersi in manoscritti forati da inchiostri acidi, o con scritture sbiadite di colore rossastro,

(*) Ministero per i Beni Culturali e Ambientali, Istituto Centrale per la Patologia del Libro, Laboratorio di chimica.

(**) Relazione presentata al II Convegno Nazionale di « Scuola e Fondamenti della Chimica » (Roma, 16-19 settembre 1987).

o invasi da macchie variamente colorate da sviluppo di microorganismi, o « mangiate » da insetti, da topi, ecc.

È logico che si sia cercato rimedio a questi danni con sistemi che nel tempo si sono rivelati più o meno buoni o, in alcuni casi, addirittura dannosi per la conservazione futura.

Momento fondamentale nella storia del restauro librario è stata la Conferenza di S. Gallo del 1898 [2, 3]; convocata per iniziativa del Cardinale F. Ehrle, Prefetto della Biblioteca Apostolica Vaticana. Di lui A. Gallo dice: « l'Ehrle sentì per primo la necessità di sottoporre all'esame ed al giudizio dei Chimici i materiali più usati e più accreditati per il restauro, e di considerare il restauro stesso non solamente come frutto di abilità manuale, ma come tecnica illuminata dalla scienza e sorretta dalla sperimentazione » [4].

Altro momento fondamentale è stata la fondazione nel 1938 dell'Istituto per la Patologia del Libro da parte di Alfonso Gallo che ne fu anche il primo direttore [4, 5, 6].

Egli si rese conto che non era sufficiente porre singoli quesiti agli « uomini di scienza » per sporadiche ricerche, ma che era necessario creare una struttura interdisciplinare per affrontare i problemi di conservazione.

L'Istituto fu articolato in vari laboratori: fisica e fotografia, chimica, biologia, tecnologia e restauro. Egli chiamò l'Istituto col nome di Patologia del Libro intendendo sì curare le « malattie » librarie, ma anche, e soprattutto, conoscere il libro in tutte le sue componenti, come prodotto dell'ingegno umano, testimonianza del suo tempo, non soltanto per ciò che vi è scritto [6].

Fondamentali sono stati gli studi di W.J. Barrow sulla deacidificazione di carta acida e sul restauro meccanico (laminazione) dei documenti con fogli di acetato di cellulosa. È molto interessante che si sia coniato il vocabolo « deacidificazione », e non neutralizzazione o alcalinizzazione, che dà immediatamente l'idea di un rimedio all'acidità anche ai « non chimici ». I suoi studi iniziarono alla fine degli anni '30 e portarono negli anni '40 al primo processo di deacidificazione a due stadi (idrossido di calcio + bicarbonato di calcio). Nel 1959 fu iniziata la produzione della carta « Permalife », contenente carbonato di calcio come carica e con collatura neutra sintetica [7, 8, 9, 10].

Nel 1961, con i fondi del Council of Library Resources, fu istituito il W.J. Barrow Research Laboratory, che continuò nella ricerca sulla conservazione libraria anche dopo la morte del Barrow avvenuta nel 1967. L'Istituto fu chiuso nel 1977 [11].

Le operazioni di restauro del passato, compresi i trattamenti chimici, si possono raggruppare nei seguenti interventi fondamentali:

- ravvivamento di scritture sbiadite o cancellate;
- smacchiamento e sbiancamento di carte imbrunite;
- disinfezione e disinfestazione;
- restauro di lacerazioni, risarcimento di lacune, rinforzo di carte indebolite, ecc.;
- trattamenti chimici su carte acide o su inchiostri acidi.

Nell'impossibilità per ragioni di spazio di passare in rassegna tutti questi argomenti, si tratteranno brevemente i primi tre gruppi, riportando solamente i trattamenti più significativi o che perlomeno hanno lasciato tracce di una certa importanza.

Tengo a precisare che l'eventuale critica a metodi usati nel passato, e ora in disuso, sia perché risultati dannosi per la conservazione, sia perché la scienza e la tecnica hanno offerto nuove possibilità, va intesa solo come revisione storica. Le metodologie odierne, più controllate e con una ricerca alle spalle, dovrebbero fornire maggiori garanzie per il futuro; certamente gli eventuali errori attuali sono molto meno giustificabili di quelli del passato.

Un discorso a parte lo merita lo *svolgimento dei papiri egiziani carbonizzati*. Il rinvenimento di questi nel 1753 fece destare in molti studiosi dell'epoca il desiderio di conoscerne il contenuto [1, 12].

Le prime sperienze, tutte negative, furono le più disparate: vanno dal bagnare i papiri con spirito di vino, o « vernici » la cui composizione era tenuta gelosamente segreta, al trattamento con acqua raggia, colla di pesce, paraffina, acquavite, acqua semplice o vapore acqueo, ecc.

Il chimico inglese H. Davy nel 1826 riuscì a staccare alcuni fogli usando una sostanza che, come riporta A. Gallo, « nessuno poté osservare ». Il rotolo di papiro veniva messo con questa sostanza in un tubo di vetro, chiuso a sua volta in un altro di rame che veniva riscaldato lentamente. Nel tentativo di perfezionare il metodo usò calce e « idroclorato di ammoniaca » senza buoni risultati, anzi il successivo bagno con una soluzione di gomma e etere solforico portò via l'inchostro [1].

Vale la pena di parlare del metodo seguito dal padre Antonio Piaggio nel 1753, geniale nella sua semplicità. Furono ottenuti buoni risultati pratici, consentendo insieme allo *svolgimento dei papiri carbonizzati* il loro parziale rinforzo.

Il congegno, denominato macchina Piaggio, era composto da una lamina di ottone semicilindrica, su cui veniva appoggiato il papiro. Trovato il « principio », cioè il lembo esterno, venivano incollati ad esso con colla di pesce piccoli pezzi di pelle battiloro, che erano a loro volta legati a fili di seta pendenti dai « biscari », cioè da uncinetti metallici infissi sotto il piano superiore. I fili di seta potevano venire arrotolati con dei rocchetti, girando i quali venivano avvolti i fili, svolgendo in questo modo lentissimamente il papiro. Ci si poteva aiutare con una punta d'ago o coltellini di avorio.

RAVVIVAMENTO DEGLI INCHIOSTRI

Con il grande interesse nel periodo umanistico per i classici, furono fatti molti tentativi per leggere i testi, sbiaditi o cancellati e soprattutto i palinsesti, cioè i testi in pergamena in cui la scrittura più antica è stata cancellata per la riutilizzazione del supporto pergameneo [1, 13].

Nei palinsesti quindi l'asportazione della scrittura è voluta; la seconda scrittura veniva spesso eseguita, in direzione ortogonale alla prima.

Essendo l'inchiostro ferro-gallico molto penetrante, nei palinsesti l'asportazione era stata effettuata con mezzi piuttosto drastici: raschiamento con pomice, calce, polvere di marmo, latte, formaggio, vino, acqua, gusci d'uovo macinati, ecc.

Si deve proprio alla penetrazione dell'inchiostro, malgrado i raschiamenti, se è stato possibile leggere alcuni palinsesti in epoche successive. Infatti è stato possibile far reagire con opportuni trattamenti chimici le tracce di inchiostro ferro-gallico rimaste nella pelle. E' chiaro che questi trattamenti sono inefficaci su inchiostri a carbone.

Alessio Piemontese o Pedemontano nel suo « De secretis libri septem » del 1557 consiglia di ravvivare gli inchiostri con una ricetta a base di un infuso di noci di galla in vino bianco. Questo metodo fu adottato anche dal cardinale Angelo Mai, ricordato dal Leopardi con la famosa Ode.

Purtroppo con il ravvivamento con l'estratto di noci di galla, come riporta R. Guareschi nel suo « Gli inchiostri da scrivere » del 1915, « si ha lo svantaggio che insieme allo scritto anche la pergamena si colora fortemente in bruno » [14].

Successivamente, sia in Italia che all'estero, furono adoperati « idrocianuro di ferro e potassio », solfocianuro di potassio e acido solfocianico gassoso. E' facile trovare in palinsesti famosi, e per questo maltrattati da vari tipi di ravvivamento, come il Cariso della Biblioteca Nazionale di Napoli o il Galo della Capitolare di Verona, macchie brune, blu e rosse [1, 13, 14, 15].

Indubbiamente il metodo che ha provocato meno danni è la trasformazione del ferro dell'inchiostro residuo in solfuro di ferro nero; gli scritti così ravvivati però tendono a scolorire per la trasformazione del solfuro di ferro in solfato basico.

Vale la pena ricordare, per la curiosità che ha destato, un metodo adottato da un restauratore di Napoli, Cristoforo Marino, verso la fine del 1800, metodo a base di un estratto di fiori che permetteva il ravvivamento dando all'inchiostro una tinta nero-verdastria e tingendo anche lievemente la pergamena stessa. Purtroppo il Marino portò il segreto nella tomba [1].

Negli anni successivi, dall'inizio del '900 fino ai nostri giorni, sono state usate su carta soluzioni ravvivanti di vario tipo: vanno dall'uso ad esempio dell'8-ossichinolina al trattamento messo a punto da L. Santucci, nel quale l'inchiostro ravvivato con solfuro di ammonio viene trattato con acetato o nitrato di piombo, trasformando il solfuro di ferro in solfuro di piombo più stabile [16, 17].

Già nei primi anni del '900 però si comprese che era cosa migliore non intervenire su carte, o peggio su pergamene, con mezzi chimici che permettevano la lettura ma che danneggiavano spesso irrimediabilmente il supporto, ma che era più saggio valersi di mezzi fisici, rinunciando però al ripristino permanente dello scritto.

Il monaco benedettino R. Kligel nel 1908 realizzava i primi ravvivamenti ottici della scrittura con i raggi ultravioletti. L'efficacia del metodo dipende dal maggiore o minore contenuto metallico: l'inchiostro appare nero sul fondo perga-

menacco che assume una caratteristica fluorescenza. Se l'inchiostro non è metallico il metodo non è di nessuna utilità [18].

Nel caso di scritti nascosti o offuscati da macchie sono state usate fotografie con filtri opportuni o in alcuni casi i raggi X.

SMACCHIAMENTO E SBIANCAMENTO

Uno dei pionieri fu il francese Chaptal che verso la fine del '700 smacchiò stampe antiche cartacee con acido muriatico ossigenato, consigliato dal Berthollet per l'imbiancamento dei tessuti di lino e cotone. Il metodo Chaptal adottato da operatori inesperti provocò molti danni, ma provocò interesse verso questo tipo di operazioni di restauro [1].

Nel 1791 G. Fabbroni, « Soprintendente all'Amministrazione del Real Gabinetto di Fisica e Storia Naturale di Sua Altezza Reale il Granduca di Toscana », suggeriva di smacchiare la carta esponendola ai vapori prodotti dalla combinazione di tre parti di acido muriatico e una di minio [19].

Nel 1846 A. Bonnardot pubblicò a Parigi la prima edizione del suo « Essai sur l'art de restaurer les estampes et les livres », nella prefazione del quale egli scrive di aver applicato al restauro le lezioni di chimica del 1829 dei professori Gay-Lussac e Thenard. Per smacchiare egli consiglia vari trattamenti: da quello più semplice con acqua, all'immersione in acqua ossigenata, al cloro disciolto in acqua, al trattamento con cloruro di calce in acqua o con l'acqua di Javelle (egli stesso era già molto cauto sull'uso del cloro gassoso), allo sbiancamento con la luce del sole su carta bagnata, come si faceva in quel tempo sui tessuti [20].

Nel testo del Bonnardot è molto interessante il capitolo riguardante la pulizia delle macchie a seconda della loro natura: ad esempio le macchie di grasso e di olio vengono pulite con sapone secco, soda, calce, polvere di ossa calcinate, cenere di legno, essenza di trementina, fiele di bue (che i tintori allora adoperavano per le stoffe), ecc. Tra i vari trattamenti chimici per le stampe colorate è interessante citare quello con acqua ossigenata per imbiancare la biacca annerita a causa della trasformazione del carbonato basico di piombo in solfuro nero, ottenendo in questo modo solfato di piombo bianco; questo procedimento è tuttora in uso.

Nel 1930 il Testi studiò l'imbrunimento tipico di alcune carte a stampa del '600 e del '700. Si tratta di un imbrunimento diffuso, molto più forte del normale ingiallimento dovuto all'invecchiamento della carta. Nel passato si pensava che questo danno fosse dovuto all'inchiostro da stampa rinforzato da galletantonato di ferro. Si è fatto però che l'imbrunimento, spesso a macchie, si trova anche sui bordi. Il Testi fece l'ipotesi che la degradazione potesse essere imputata a impurezze di ferro contenute nell'acqua delle cartiere o alla colla animale usata in quel periodo per la collatura. Per sbiancare questo tipo di carte il Testi usò con successo il permanganato di potassio al 20% in ambiente acido per acido solforico e successivo bagno in una soluzione di acido ossalico saturo (metodo non più in uso perché troppo ossidante nei confronti della cellulosa) [21].

Negli ultimi vent'anni sono stati effettuati parecchi studi sull'effetto dei composti del cloro sulla carta.

Nel caso degli ipocloriti è stato evidenziato che è indispensabile il controllo del pH durante lo sbiancamento: l'effetto più dannoso per la cellulosa non ossidata si ha nello sbiancamento a pH neutro, mentre l'effetto meno degradante è dato dallo ione ipoclorito in ambiente alcalino [22, 23, 24].

Già il Bonnardot, con una lungimiranza eccezionale per i suoi tempi, metteva in guardia il restauratore troppo zelante, sostenendo che alcuni imbrunimenti e macchie dovuti al passare del tempo o all'uso specifico (come ad esempio certi libri di preghiere), debbano essere rispettati, eseguendo solamente i trattamenti indispensabili alla conservazione del libro [20].

Attualmente si cerca di evitare smacchiamenti e sbiancamenti che abbiano come unico fine un trattamento di « bellezza » del libro: quindi, interruzione per il permanganato e cautela per gli ipocloriti, la clorammina T, il biossido di cloro, ecc. [21].

DISINFESTAZIONE E DISINFESTAZIONE

I danni di origine biologica hanno da sempre costituito uno dei problemi più gravi. Gli insetti e i microorganismi nemici dei libri sono infatti numerosissimi [1].

Già nei tempi antichi per cercare di impedire l'annidamento degli insetti si usavano per le assi delle legature, per i plutei e per le librerie, legami aromatici, come ad esempio il cipresso.

Ci informa Plinio che i papiri venivano spalmati con olio di cedro per preservarli dagli insetti. Vitruvio invece consiglia di costruire la biblioteca in modo che sia esposta a oriente, sia per evitare l'impudimento dei materiali, sia per offrire ai lettori della mattina una luce migliore; l'esposizione a sud infatti favorirebbe la diffusione degli insetti [26, 27].

Vari sistemi vennero usati nelle epoche successive come ad esempio l'uso di interfoliare le pagine dei codici con foglie o fiori di erbe aromatiche, come l'alloro, la cedrina, l'artemisia, ecc.

Nei manoscritti musulmani si trovano spesso invocazioni e scongiuri: nel museo dell'Istituto Centrale per la Patologia del Libro è conservata un'invocazione araba che dice: « O Kubčjak, salva i miei libri dalle tarme ».

Nel sec. XIII furono incrementati gli studi sugli insetti dannosi per i libri.

In Italia, per il clima, la situazione è stata, ed è, particolarmente seria; per riuscire a combattere gli insetti occorre una buona conoscenza, da parte di biologi e naturalisti, delle varie specie infestanti e delle loro abitudini.

Nel 1903, secondo C. Huolbert, erano già state catalogate 67 specie di insetti nemici delle biblioteche [28].

Una considerazione particolare per la loro estrema prolificità e voracità è da riservare alle termiti che sono state, e sono, un vero flagello per le raccolte librerie

(fin dal 1792 è stata segnalata la presenza del *Reculitermes Lucifugus* in Toscana), tanto che nel 1947 il Ministero della Pubblica Istruzione, da cui dipendevano allora la Direzione Generale delle Accademie e Biblioteche e l'Istituto di Patologia del Libro, istituì un Comitato Tecnico per la Lotta Antitermitica. In seguito, nel 1952, fu istituita una Commissione Interministeriale per la Lotta Antitermitica [29, 30] che ha cessato la sua attività nei primi anni settanta.

Anche i microorganismi, funghi e batteri, sono numerosi; le prime ricerche sistematiche si sono sviluppate alla fine dell'800, nel primo '900 e soprattutto negli anni trenta.

Come insettifughi e insetticidi furono usate canfora e naftalina, cospargendole allo stato solido, mentre altre sostanze liquide, come la benzina o la trementina, venivano adoperate con batuffoli di cotone inzuppati posti sugli scaffali.

I risultati con queste sostanze furono relativi: essi dipendono dalla volatilità e soprattutto dalla capacità di adattamento degli insetti.

Più efficace è stato il piretro che però ha azione superficiale e non raggiunge l'insetto all'interno dei materiali.

L'uso di insetticidi solidi o liquidi inoltre è particolarmente delicato se il prodotto viene a contatto col libro o col documento per il potenziale danno che potrebbe arrecare al materiale stesso.

Nel 1915 a Messina [1] fu usato per la prima volta il solfuro di carbonio, che però è risultato non scevro da inconvenienti poiché attacca i metalli (borchie, fermagli, ecc.).

Nel 1917 [1] fu usato il tetracloruro di carbonio, che provocò alterazioni sulla pergamena e inconvenienti su libri umidi. Dagli anni venti fino agli anni cinquanta le disinfestazioni nelle biblioteche venivano fatte con acido cianidrico, che è estremamente tossico e agisce non solo sugli insetti, ma anche su altri animali: A. Gallo [1] ricorda che dopo la disinfestazione della sala Borromini della Biblioteca Vallicelliana nel 1924 il pavimento era cosparso di insetti morti, uccelli e topi.

Dagli anni trenta furono adoperati: antride solforosa, p-clorometacresolo, cloro, bromofenoli.

Nell'ultimo dopoguerra fu fatto uso, ed abuso, di DDT in polvere che, quando venne messo a contatto dei libri, provocò notevoli danni, quali ad esempio lo scolorimento degli inchiostri da manoscritto.

La cautela sull'uso del DDT per le raccolte librarie fu espressa da P. Gallo nel 1962 per quanto riguarda l'aspetto tossicologico [31]; in particolare fu messo in evidenza il rischio di intossicazioni croniche derivante dalla liberazione dei residui di sostanze a lunga persistenza di azione applicate su materiali conservati in ambienti confinati.

Da molti anni viene usato come fungicida la formaldeide e come insetticida il bromuro di metile [32, 33]. In alcuni casi per combinare le due azioni furono adoperati in erogazione simultanea; bisogna tenere conto che questi due composti possono danneggiare le legature in pelle e la pergamena [33].

Già nel 1932 J. Jams [34] preferì come insetticida e fungicida l'ossido di etilene che però era altamente infiammabile in miscela con l'aria. Per diminuire la pericolosità venne in seguito usato in miscela con anidride carbonica e brevettato con il nome di Carboxide.

Attualmente l'industria fornisce un gran numero di fungicidi. Molti di questi, un tempo consigliati per l'immersione dei fogli durante il restauro, come il Timolo o i sali quaternari di ammonio, sono risultati poco persistenti, mentre quelli più persistenti sono tossici per l'operatore del restauro e per lo studioso che consulterà in seguito il libro [35, 36].

All'I.C.P.L. si preferisce attualmente quindi ricorrere alla disinfezione e disinfestazione gassosa con ossido di etilene in miscela con freon, che offre buone garanzie dal punto di vista dell'infiammabilità. Si opera in autoclave, con un preaccaggio dei libri se necessario, per evitare la reazione dell'ossido di etilene con l'acqua e quindi la sua inattivazione. Si può inoltre favorire la penetrazione del gas facendo il vuoto nell'autoclave prima dell'erogazione del gas: in questo modo si possono mettere nella cella di disinfezione i libri chiusi, gli uni sugli altri, sfruttando in modo ottimale lo spazio [37].



Fig. 1 - Rivelazione mediante fotografia all'ultravioletto. Napoli, Biblioteca Nazionale. Carisio palinsesto (fototeca dell'Istituto Centrale per la Patologia del Libro).



Fig. 2 - *Sommità fiorite e foglie di Artemisia Absinthium L., rinvenute in manoscritti arabi geminati e possenti per preservare i volumi dall'invazione di insetti.* (Museo dell'Istituto Centrale per la Patologia del Libro).

BIBLIOGRAFIA

- [1] GALLO A., *Patologia e terapia del libro*. Ed. Baggio, Roma, 1951.
- [2] EHRLE F., *Della conservazione e del restauro dei manoscritti antichi*. Rivista delle Biblioteche e degli Archivi, IX, n. 2, vol. IX, 3-10 e 19-25 (1899).
- [3] EHRLE F., *Relazione sulla Conferenza di S. Gallo*. Rivista delle Biblioteche e degli Archivi, XX, 113-132 (1909).
- [4] GALLO A., *Il restauro dei manoscritti e dei documenti antichi*. Accademie e Biblioteche d'Italia, IV, n. 4-5, 388-393 (1931).
- [5] GALLO A., *Inaugurazione dell'Istituto per la Patologia del Libro*, Boll. I.P.L., I, 1, 5-11 (1938).
- [6] GALLO A., *Decennale dell'I.P.L.* Boll. I.P.L., VII, fasc. I-IV, 1-16 (1948).
- [7] BARROW W.J., *Restoration methods*. 6th annual conference of the Society of American Archivists, Richmond Va., 27th, 1942.
- [8] BARROW W.J., *Manuscripts and documents: Their Deterioration and Preservation*. University of Virginia Press, Charlottesville VA, 1955.
- [9] BARROW W.J., *Deterioration of Book Stock, Causes and Remedies*. Church R.W. Ed., The Virginia State Library, Richmond, 1959.
- [10] BARROW W.J., *The Manufacture and Testing of Durable Book Papers*. Church R.W. Ed., The Virginia State Library, Richmond, 1960.
- [11] ROBERSON D.D., *Permanence/Durability and Preservation Research at the Barrow Laboratory*, in «Preservation of Paper and Textiles of Historic and Artistic Value II», J.C. Williams Editor, Advances in Chemistry Series 193, Am. Chem. Soc., Washington, 1981.
- [12] GALLO A., *L'officina napoletana dei papiri eolanesi*. Accademie e Biblioteche d'Italia, I, n. 4, 64-76 (1928).
- [13] GALLO A., *Il Libro*. Roma, 1943.
- [14] GUARISECHI R., *Gli inchiostri da scrivere*. U. Hoepli, Milano, 1915.
- [15] MORGANA M., ristampa anastatica del «*Restauro dei libri antichi*» del 1932, U. Hoepli, Milano, 1979.
- [16] FLIEBER P., *L'analyse et la révélation chimique des œuvres métallo-galliques*, Symposium at the University of Bremen 28-30 May 1979 *Restaurator*, vol. 5, 1-2, 57 (1981-82).
- [17] SANTUCCI L., *Rigenerazione dei documenti*, Boll. I.P.L., XII, fasc. 3-4, 69-76 (1933).
- [18] KÖSEL R., *Die Photographie historischen Dokumente nach Grundzügen der Reproduktionsverfahren*. Leipzig, 1914.
- [19] FARRINGI G., *Metodo facile per nettare e imbiancare le stampe ossia intagli di rame*, estratto dal Giornale letterario di Napoli, n. 85 (1806).
- [20] BONNARDOT A., *Essai sur l'art de restaurer les estampes et les livres*. 1^a ediz. 1848, 2^a ediz. 1958, ristampato da B. Franklin, New York, 1967.
- [21] SANTUCCI L., *Criteri per l'esame e il trattamento dei materiali bibliografici: Risultati delle indagini chimiche*. Boll. I.P.L., XXVI, Fasc. I-II, 121-132 (1967).
- [22] TESTI G., *Nuovi esperimenti sul restauro di carte imbrunite*. Accademie e Biblioteche d'Italia, I, n. 5-6, 69-83 (1928).
- [23] RAPSON W.H., *The bleaching of pulp*. TAPPI monograph n. 27, 1963.

- [24] RAYSON W.H., *The role of pH in bleaching pulp*. TAPPI, 39, 284-295 (1956).
- [25] HEY M., *Paper bleaching: its simple chemistry and working procedures*. J. of the Institute of Paper Conservation, vol. 2, 10-23, (1977).
- [26] PLINIO il Vecchio, *Naturalis Historia*, liber XIII, 13, tradotto in inglese da H. Kochan, W. Heinemann, London e Harvard Univ. Press, Cambridge (Massachusetts), 1960.
- [27] VITRUVIO, *De architectura*, I, 2 e VI, 4, 7, trad. di S. Ferri, Palombi, Roma, 1960.
- [28] HOULBERT C., *Les insectes ennemis des livres*. Paris, 1903.
- [29] *Costituzione del Comitato Tecnico per la lotta antitermitica*. Boll. I.P.L. VI, 3-4, 99-101 (1947).
- [30] *Le riunioni della Commissione Interministeriale per la lotta antitermitica*. Boll. I.P.L., XI, 3-4, 102 (1952).
- [31] GALLO P., *Il consumo di ossigeno del tessuto epatico di animali sottoposti ad applicazioni cutanee di DDT*. Nuovi Annali di Igigene e Microbiologia, 13, 5, 310-324 (1962).
- [32] GALLO F. e GALLO P., *Bromuro di metile, ossido di etilene, formaldeide: problemi biologici, tossicologici e problemi correlati al trattamento dei materiali librari*. Nuovi Annali di Igigene e Microbiologia, XXIX, n. 1 e 2, (1978), pp. 51-82 e 132-167.
- [33] ZAPPALÀ PLESI M., *Trattamento della carta con bromuro di metile e formaldeide in erogazione simultanea. Neutralizzazione della formaldeide con ammoniaca gassosa*. Boll. I.P.L. XXXII, 45-55 (1973-74).
- [34] JAMES J., *Preservation of rare book and manuscripts*. The Library Quarterly, II (1932).
- [35] GALLO F., *Ricerche sperimentali sulla resistenza agli agenti biologici di materiali impiegati nel restauro dei libri*. VI. *Saggi su collanti puri e addizionali di fungicidi*. Boll. I.P.L., XXVIII, fasc. I-II, 9-47 (1969).
- [36] TRIOLO L., DE TRAPANI R., SANTUCCI L., *Resistenza e stabilità della carta*, VII. *Trattamento con composti fungicidi*. Boll. I.P.L., XXVII, fasc. III-IV, 207-223 (1968).
- [37] GALLO F., *Disinfestazione e Disinfestazione: problematiche ed esperienze*. Boll. I.C.P.L., XXXIX, 75-98 (1984-85).

ANTONIO ZAPPALÀ (*)

**La Chimica nella storia dei supporti per la scrittura:
evoluzione nella fabbricazione e conservazione (**)**

Chemistry in writing supports' history: evolution in manufacture and conservation.

ABSTRACT. — After an introduction about the most usual writing supports in ancient times, the evolution of technique of papermaking is discussed in some detail.

Chemistry, in subsequent ages, promoted increasing economic paper production, making diffusion of books and documents among humbler social classes easier. On the contrary greater paper availability that caused larger diffusion of culture was paid by a paper production more and more chemically unstable.

Today's production of books and documents is not expected to remain usable for more than one hundred or one hundred and fifty years as compared to the useful life of one or two thousands of years of an ancient book or a good today's product.

It is urgent that cultural property on paper in the immediate future shall be made using stable materials making good use of modern chemical knowledge.

Introduzione

Sin da quando l'uomo primitivo cominciò a sentire il bisogno di sviluppare relazioni sociali, sin da quando apparvero le prime civiltà, si è sentita la necessità di diffondere tra i contemporanei e di trasmettere ai posteri testimonianze scritte di pensiero, di esperienze, di tecnologie, in sintesi di cultura.

La trasmissione scritta del pensiero ha seguito generalmente, nell'evoluzione delle diverse culture, l'uso della trasmissione orale, per molti versi poco affidabile.

(*) Direttore del Laboratorio chimico dell'Istituto Nazionale per la Grafica, Ministero per i Beni Culturali e Ambientali.

Docente di « Restauro del libro », disciplina caratterizzante il Corso di Laurea in Conservazione dei Beni culturali della Facoltà di Lettere e Filosofia dell'Università degli Studi di Udine.

(**) Relazione presentata al II Convegno Nazionale di « Storia e Fondamenti della Chimica » (Roma, 16-19 settembre 1987).

Un antico proverbio assicura che « scripta manent », promettendo quasi l'immortalità al pensiero dell'uomo purché sia registrato per iscritto. Ciò purtroppo non è vero.

Come si è voluto evidenziare in una recente mostra itinerante internazionale dal titolo provocatorio, « Scripta volant », i documenti durano nel tempo solo nella misura in cui essi siano stati conservati in modo da essere preservati da una rapida degradazione e soprattutto nella misura in cui il supporto della scrittura sia chimicamente stabile e inattaccabile da agenti biologici.

La preoccupazione per la stabilità dei materiali scrittori, oggi divenuta pressante per la scadente qualità della carta moderna, è sempre stata diffusa tra gli studiosi di ogni epoca: lo testimoniano i mezzi empirici di prevenzione finalizzati allo scopo adottati spesso nell'antichità.

Nel quindicesimo secolo il monaco Benedettino Johann Tritheim, preoccupato per la stabilità della carta che come materiale scrittorio andava sempre più sostituendosi alla pergamena, prevedeva, per nostra fortuna a torto, una durata massima di questo nuovo materiale di 100-150 anni contro una durata, da lui stimata, per la pergamena di oltre mille anni.

Il Tritheim raccomandava perciò che i testi classici, che i monaci del suo tempo copiavano pazientemente nella tranquillità dei loro conventi, fossero trascritti su pergamena evitando il nuovo materiale, la carta, troppo corruttibile e con caratteristiche di resistenza all'usura inferiori alla tradizionale pergamena.

Stabilità dei supporti per la scrittura

E' certamente interessante, in questa sede, fare una rapida carrellata sulla sostituzione dei principali materiali scrittori utilizzati nei vari secoli, con particolare riguardo all'evoluzione nella preparazione dell'impasto per la produzione della carta. E' opportuno anche seguire l'evoluzione tecnologica della produzione, tenendo soprattutto d'occhio l'uso di quelle sostanze chimiche che nei secoli hanno permesso la preparazione di materiali scrittori sempre più economici e sempre più adatti all'uso specifico. Sappiamo infatti *a posteriori* che pressoché ogni innovazione introdotta nelle tecniche di produzione, pur comportando aspetti positivi, ha indotto anche una crescente instabilità chimica dei materiali prodotti.

I materiali scrittori dell'antichità furono i più vari. Ancor oggi abbiamo testimonianza di numerosi graffiti; nel periodo arcaico, e più recentemente in alcune civiltà isolate, furono spesso usate per la scrittura anche parti di piante: foglie di palma, corcece d'albero, da cui i nomi, entrati nell'uso, di « libro » e « foglio »; in alcuni casi furono utilizzati materiali teneri quali ad esempio il piombo e le tavolette cerate conservate singolarmente o legate assieme con appositi lacci. Le tavolette cerate, spesso utilizzate per la scrittura provvisoria, furono in uso, in qualche caso, fino al XVI secolo. Purtroppo molti di questi documenti, per l'intrinseca instabilità dei supporti scrittori, andarono distrutti.

I supporti che ebbero maggior diffusione, per lo meno nella cultura mediterranea, furono, in epoche successive, il papiro, la pergamena e la carta.

Il papiro

Si ha notizia che il papiro, il più antico dei tre materiali, sia stato introdotto nell'uso in epoca precedente al 3500 a.C. Il più antico testo, scritto su papiro e giunto fino a noi, è un frammento di un libro di conti dell'epoca del re Assa (3350-36 a.C.).

La produzione del papiro fu iniziata in Egitto dove, sulle rive del Nilo, erano rigogliose le piantagioni di « cyperus papyrus », una pianta erbacea che, oltre ad essere utilizzata come materia prima nella preparazione della carta di papiro, costituiva anche il materiale base per altri tipi di produzioni artigianali, quali l'allestimento di battelli per la navigazione o la preparazione di cordami. Successivamente la carta di papiro si diffuse in Siria e quindi in tutta l'area del Mediterraneo.

Purtroppo tale carta, fragile per sua natura, doveva essere maneggiata con cautela anche se nuova. Con il tempo essa si rivelò poco resistente anche all'invecchiamento naturale. La degradazione chimica, particolarmente quella di tipo fotochimico, in poche decine di anni provocava un eccessivo aumento della fragilità del materiale ed un suo ingiallimento che col tempo poteva arrivare al colore bruno.

Per le sue caratteristiche di instabilità, ma anche perché si tratta di un materiale che è sempre stato relativamente raro e di alto costo, solo pochi esemplari di carta papiro antica sono giunti fino a noi. Tra i documenti più famosi di questo tipo, ancora oggi conservati, sono certamente i papiri ercolanensi ritrovati durante gli scavi della città sepolta dall'eruzione del Vesuvio del 79.

La pergamena e la concorrenza di un nuovo supporto per la scrittura: la carta

Altro materiale scrittorio largamente diffuso nell'antichità fu la pergamena. A differenza del papiro, di natura vegetale, la pergamena veniva preparata utilizzando come materia prima la pelle di animali.

La pergamena e il papiro convissero per lunghi secoli. La prima resistette però meglio del secondo alla concorrenza di un nuovo materiale scrittorio, la carta, che apparve in occidente all'inizio del secondo millennio.

La tecnologia di produzione di quest'ultimo materiale, messa a punto dai cinesi sin dal secondo secolo, fu importata nel bacino del Mediterraneo dagli arabi e si diffuse in Europa nel dodicesimo e tredicesimo secolo a partire dalla Spagna e dall'Italia. Si ha notizia dell'installazione di una prima cartiera in Spagna, a Xativa (Valencia) nel 1140, e di una prima cartiera in Italia, a Fabriano nel 1276.

Fu immediatamente evidente che la carta era un prodotto più economico e per molti aspetti più adatto all'uso sia nei confronti del papiro che della pergamena. Essa presentava soprattutto caratteristiche di colore, flessibilità, opacità, scrivibilità e disponibilità tali che presto provocò la scomparsa quasi totale del papiro e la diminuzione dell'uso della pergamena. La pergamena rimaneva comunque, nella considerazione comune, il materiale scrittorio più stabile.

Nei confronti della carta, man mano che se ne diffondeva l'uso, si sviluppò,

come già detto, una crescente diffidenza per le sue possibilità di durata. Tale atteggiamento fu probabilmente indotto più dalla sua minore resistenza alla lacerazione e alla manipolazione, immediatamente evidente per chiunque, che non da una reale minore stabilità chimica. Nel 1115 Ruggero II di Sicilia fece riscrivere su pergamena un privilegio che il padre, Ruggero I, aveva concesso all'Abbazia di S. Maria di Terreti in Calabria.

Per molto tempo in passato, e in sporadici casi addirittura ancor oggi, la pergamena è stata il materiale scrittorio obbligatorio per gli atti ufficiali. Nel 1231 Federico II emanò un editto in cui prescriveva che gli atti pubblici del Regno delle due Sicilie fossero scritti su pergamena « affinché potessero portare la propria testimonianza nei secoli futuri ». In effetti sia la carta di questa epoca sia la pergamena erano materiali stabili; lo testimonia oggi a posteriori il gran numero di libri e documenti antichi ancora conservati in ottimo stato nelle nostre biblioteche ed archivi.

E' certo però che, se non fosse stata introdotta nell'uso la carta, la pergamena da sola, per il suo alto costo, la sua scarsa disponibilità, la sua non perfetta idoneità nell'uso nella stampa, non avrebbe potuto permettere quella vasta produzione di libri e documenti che si ebbe a partire dal quindicesimo secolo con l'invenzione della stampa a caratteri mobili e più ancora a partire dal diciannovesimo secolo quando la carta divenne uno dei primi prodotti della nascente industria. La stampa e la larga disponibilità di carta furono due fattori indispensabili al diffondersi della cultura anche tra i ceti sociali più umili con gli effetti incalcolabili che ne seguirono.

L'invenzione della stampa e le aumentate necessità di materiale scrittorio adatto alla nuova tecnica di scrittura provocarono una inevitabile, ulteriore, diminuzione nella richiesta di pergamena a favore della carta. La pergamena continuò ad essere utilizzata, anche se in misura sempre più ridotta, esclusivamente per la produzione di documenti manoscritti anche se si ha notizia di qualche tentativo, peraltro mal riuscito, di un suo uso nella stampa.

Evoluzione delle tecniche di preparazione della carta

Come si è già detto, contrariamente alle previsioni, la carta del '500 e quella dei secoli immediatamente successivi si è rivelata sufficientemente stabile, probabilmente quanto la pergamena. Ma, man mano che la richiesta di carta aumentava, la sua qualità andava sempre più scadendo finché ciò che era stato previsto dal monaco Trithemius, la sua scarsa stabilità, non si rivelò tristemente esatto particolarmente per la carta prodotta a partire dal diciannovesimo secolo fino ad oggi.

Sin dall'inizio dell'800 infatti, ma particolarmente dopo il 1850, a seguito dell'industrializzazione introdotta nelle cartiere e delle modifiche nell'impasto della carta, si cominciò a produrre carta che è certamente poco stabile.

Un ricercatore americano, William Barrow, negli anni trenta predisse che la maggior parte dei documenti dell'inizio del nostro secolo non avrebbe visto, an-

cora utilizzabile, l'inizio del prossimo. Le sue convinzioni, alla luce anche delle maggiori conoscenze sulle cause dell'instabilità dei prodotti cartacei, sono oggi ritenute più che fondate.

E' un fatto che oltre sei milioni di volumi del diciannovesimo e ventesimo secolo, conservati in una delle più grandi biblioteche del mondo, la Library of Congress di Washington, sono diventati oggi tanto fragili da non poter più essere consultati senza danno.

Per comprendere quanto avvenuto sarà opportuno a questo punto seguire l'evoluzione della tecnologia di fabbricazione della carta con particolare attenzione all'introduzione di nuove tecniche di produzione o di nuove materie prime.

Il materiale fibroso: la cellulosa

La carta si ottiene per feltratura — sulla superficie di una filiera o di una rete — di una sospensione acquosa di fibre generalmente vegetali. La rete lascia scolare l'acqua tratteneendo le fibre che si dispongono in maniera casuale o, nel caso delle moderne macchine continue, orientate preferenzialmente nella direzione del movimento della rete della macchina continua.

Perché il feltro asciugato abbia le caratteristiche di un foglio di carta occorre che le fibre di cellulosa siano state preventivamente raffinate. E' necessario cioè lavorarle meccanicamente, in presenza di acqua, fino ad ottenere fibre sufficientemente idratate, lunghe, morbide e flessibili, capaci, al momento della definitiva asciugatura del foglio, di legarsi le une alle altre con legami di tipo chimico-fisico. La forza e il numero di tali legami, assieme alla resistenza alla rottura delle singole fibre, determineranno le caratteristiche di resistenza meccanica del foglio di carta finito.

E' evidente che la resistenza alla lacerazione, alla piegatura, allo strappo del foglio formato, così come la resistenza all'invecchiamento, dipenderà molto dalla qualità della cellulosa usata come materia prima e dalla tecnica di raffinazione adottata.

Nel periodo arcaico, in estremo oriente, la cellulosa veniva inizialmente ricavata per macerazione in acqua e successiva battitura a mano, con appositi bastoni, della corteccia dei rami verdi di alcune piante tra cui principalmente il « morus papirifera sativa »; in seguito si utilizzarono fibre di canapa, lino, cotone ottenute direttamente dai vegetali o dalla lavorazione degli stracci bianchi.

Con la scoperta del cloro e la messa a punto delle tecniche di sbianca, sin dalla fine del secolo diciottesimo si poterono utilizzare, come materie prime da cui ricavare carta, gli stracci colorati precedentemente non adatti alla preparazione di carta bianca utile alla scrittura.

Purtroppo però, con la maggiore disponibilità di materie prime, si ebbe contemporaneamente un primo peggioramento della loro qualità. Il cloro, oltre ad avere un'azione sbiancante, innescava processi di degradazione ossidativa e idrolitica della fibra cellulosa con conseguente diminuzione della sua resistenza mec-

canica. La degradazione in questi casi è rilevabile in modo preciso dalla diminuzione del grado di polimerizzazione della cellulosa; diminuzione che, nel caso di cellulosa non trattata con ossidanti, si verificherebbe solo dopo un lungo invecchiamento naturale.

Un altro più notevole peggioramento della qualità della fibra si ebbe nell'800 quando, alla ricerca di materie prime sempre più economiche e più largamente disponibili, si pensò di utilizzare il legno.

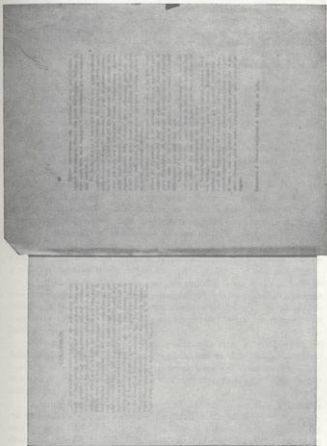
Del legno, con una lavorazione quasi esclusivamente meccanica, si cominciò a ricavare la cosiddetta « pasta legno », molto economica. In alternativa, per ottenere cellulosa più o meno pura, si misero a punto drastici procedimenti chimici di cottura del legno che, solubilizzando la lignina e le molte altre sostanze incrostanti in esso presenti, permettevano la disponibilità di grandi quantità di cellulosa: la cosiddetta « cellulosa chimica ». Tale cellulosa però, per i trattamenti chimico-fisici subiti, ha spesso un grado di polimerizzazione non sufficientemente elevato; in genere si depolimerizza, invecchia, più rapidamente rispetto alla cellulosa ottenuta dagli stracci o direttamente dalle fibre vegetali; può infine assorbire più facilmente gli inquinanti acidi presenti, in particolare in questo secolo, nell'atmosfera di molte città sedi di biblioteche, archivi e musei.

A parità di condizioni l'anidride solforosa, presente nell'aria inquinata, viene assorbita dalla carta di cellulosa chimica, e trasformata in acido solforico, in quantità di circa dieci volte superiore di quella assorbita dalla carta di lino o cotone. La quantità di anidride solforosa fissata dalla carta contenente alte percentuali di pasta legno può addirittura arrivare a cento volte quella fissata dalla carta di straccio.

Le tecniche di raffinazione del materiale fibroso

Con il passare dei secoli anche le tecniche di raffinazione della cellulosa si sono evolute. Si passa dalle tecniche più primitive utilizzate nei primi secoli dopo Cristo in estremo oriente, che consistevano nella macerazione delle fibre in acque alcaline contenenti cenere di legna e successiva battitura manuale, alla raffinazione automatica con il « molino a pestelli », detto anche « a magli », azionato idraulicamente, che entrò in uso all'inizio del secondo millennio. Il molino idraulico risparmiava fatica all'uomo e aumentava la produzione assicurando nel contempo una buona raffinazione senza eccessiva frantumazione delle fibre.

Intorno al 1670, per sfibrare gli stracci e preparare cellulosa adatta alla carta da scrivere o da stampa, si iniziò ad utilizzare la cosiddetta « raffinatrice olandese ». Con questa nuova apparecchiatura, molto più efficiente del precedente « molino a pestelli », si otteneva però una cellulosa a fibra più corta, meno pregiata. Soprattutto l'« olandese » facilitò in seguito la diffusione dell'uso del cloro con conseguenze certamente positive sotto il profilo economico produttivo ma negative sotto quello della stabilità della carta che con questa cellulosa veniva preparata.



Carte del 1919 conservate per quasi trent'anni in un ambiente, fortissimamente inquinato (laboratorio chimico). La carta di sinistra, di buona qualità, ha mantenuto pressoché inalterate le caratteristiche chimico-fisiche originali. La carta di destra, di qualità scadente, si è ingiallita ed è diventata estremamente fragile.

La collatura

Perché il foglio di carta sia adatto a ricevere l'inchiostro, sia cioè adatto alla scrittura, è necessario che esso sia anche collato. È necessario cioè che sia presente tra le fibre una qualche sostanza, introdotta nella sospensione acquosa delle fibre stesse prima della formatura del foglio o stesa sulla superficie del foglio finito, che impedisca lo spandimento dell'inchiostro. Una carta non collata si comporterebbe come una carta assorbente su cui non è agevole scrivere con un inchiostro a base acquosa.

Anche la tecnica della collatura così come quella della raffinazione ha avuto un'evoluzione nel corso dei secoli. Ancora una volta le innovazioni hanno portato a produrre carta sempre più economica, ma ancora una volta gli effetti positivi dell'evoluzione hanno avuto come contropartita gravissimi effetti negativi sulla stabilità del prodotto.

I collanti utilizzati in Asia nei primi secoli d.C. erano esclusivamente di natura vegetale. Erano pressoché non influenti sulla stabilità della carta.

Nel periodo in cui la fabbricazione della carta andava diffondendosi in Europa, a Fabriano si cominciò ad utilizzare la cosiddetta « collatura alla gelatina » o « collatura con colla animale ». Si tratta di sostanze proteiche ottenute per bollitura in acqua di carniccio, pelle, ossa e altri scarti di origine animale. Con questo tipo di collatura, molto apprezzato dagli amanoesi, si migliorò nettamente la scrivibilità della carta senza influire sensibilmente sulla sua stabilità.

Un ulteriore perfezionamento della tecnica di collatura si ebbe, nel secolo diciassettesimo, quando alla gelatina si cominciò ad aggiungere allume. In tal modo si mirava a migliorare la resa del collante.

Il solfato doppio di alluminio e potassio però, per la sua idrolisi acida, induceva contemporaneamente un abbassamento del pH della carta finita. Comunque, poiché nella generalità dei casi l'aggiunta di allume era limitata a piccole percentuali, anche con questo tipo di collatura non si influì in maniera evidente sulla stabilità della carta prodotta.

Un notevole peggioramento della qualità della carta si ebbe invece, nel diciannovesimo secolo, quando, con l'industrializzazione delle cartiere si diffuse la « collatura in pasta alla colofonia » altrimenti detta « all'allume » o « alla resina ». Questo tipo di collatura è quella che, purtroppo, ancor oggi è generalmente utilizzata.

La tecnica prevede la dissoluzione della colofonia in una soluzione alcalina che viene successivamente acidificata con allume in eccesso. In tal modo si provoca la precipitazione della colofonia, insolubile in ambiente acido, sulle fibre che stanno feltrandosi a formare il nastro di carta. Allo scopo l'allume deve essere aggiunto in quantità ben maggiori, e perciò più dannose, che non le piccole percentuali che erano state precedentemente usate per migliorare la « collatura alla gelatina ».

Dal 1850 in poi, con lo sviluppo della tecnologia dell'alluminio, l'allume naturale fu sostituito dal solfato di alluminio, il cosiddetto « allume dei cartai » più economico ma ancora una volta maggiormente dannoso per la stabilità della carta. Il solfato di alluminio veniva preparato per trattamento delle bauxiti ed era inizialmente impuro per acido solforico.

La qualità della carta moderna. Speranze per il futuro.

Oggi siamo a conoscenza di molte delle cause dell'instabilità della carta; alcune sono state discusse in queste pagine. Purtroppo ancora oggi la maggior parte dei libri e dei documenti vengono allestiti con carta non durevole. Ciò che è grave è che anche i documenti che sono destinati alla conservazione vengono prodotti con materiali instabili.

La causa principale di ciò è probabilmente una ancora troppo scarsa diffusione delle conoscenze sulla stabilità dei materiali nonostante che negli ultimi anni si siano andate moltiplicando le occasioni di incontri tra le categorie professionali implicate nella produzione e nella conservazione dei beni culturali su carta.

La diffusione delle conoscenze sulla stabilità dei materiali è indispensabile perché archivisti, bibliotecari e storici dell'arte siano sempre più informati su quali debbano essere le caratteristiche di qualità desiderabili per i documenti che essi acquisiscono ai loro archivi, biblioteche e musei; soprattutto perché essi sappiano quale debba essere la qualità dei materiali da utilizzare nei restauri che loro hanno il compito di predisporre quando necessario.

Negli ultimi anni si sono moltiplicati i convegni, i congressi, le mostre organizzati da associazioni internazionali quali l'ICOM, l'IIC, l'ICCROM, o organizzati da enti pubblici o privati italiani.

Per restare in ambito italiano un'ottima occasione di diffusione permanente delle conoscenze tecniche è stata fornita con l'istituzione del Corso di Laurea in Conservazione dei Beni Culturali, in particolare con l'attivazione dell'insegnamento di « Restauro del libro », disciplina caratterizzante quel Corso di Laurea.

Recentemente inoltre sono stati emanati due importanti decreti da parte del Ministro per i Beni Culturali e Ambientali e del Ministro dell'Industria. Con il primo si è approvata una normativa « in materia di cartoni destinati al restauro ed alla conservazione del materiale soggetto a tutela » (D.M. 2 agosto 1983); il decreto definisce le caratteristiche di impasto perché una carta possa essere considerata chimicamente stabile senza contemporaneamente prevedere prove di resistenza all'usura o particolari altre caratterizzazioni non influenti sulla stabilità chimica del prodotto; in tal modo si lascia ampia libertà al responsabile della conservazione dei documenti nel richiedere ai fornitori le caratteristiche di tipo meccanico che meglio si addicono ai singoli interventi di restauro che lui deve far eseguire.

Con il secondo Decreto, quello del Ministero dell'Industria del Commercio e dell'Artigianato (D.M. n. 172, 9 marzo 1987), si stabiliscono, tra l'altro, le caratteristiche necessarie per carta destinata a diventare supporto scrittoio di documenti ufficiali nell'ambito di amministrazioni pubbliche.

Queste iniziative vanno certamente nella direzione giusta; è auspicabile però che siano solo le prime tra altre analoghe mirate all'utilizzo di ogni conoscenza scientifica perché nei restauri si usino soltanto materiali stabili e perché si allestiscano quelli che saranno i beni culturali su carta di domani utilizzando materiali cartacei altrettanto stabili.

È auspicabile ad esempio che presto il « diritto di stampa », con cui si prevede che copia di tutto ciò che è stampato in Italia sia consegnato alle Biblioteche Nazionali perché ne assicurino la conservazione, sia fatto valere, almeno per alcune classi scelte di beni, con l'invio alle Biblioteche esclusivamente di materiale « durevole per la conservazione » del tipo prescritto dal Decreto del 2 agosto 1983. Sarà quindi opportuno che gli studiosi, i bibliotecari, gli storici indichino quali categorie di beni meritano una particolare attenzione e che questi beni siano quindi prodotti oggi utilizzando materiali durevoli.

Solo così, e con un continuo aggiornamento del bibliotecario e dell'archivista conservatore, potremo sperare che gli storici del futuro possano documentarsi sulla nostra epoca utilizzando le fonti primarie stampate o scritte sulla carta odierna.

Purtroppo invece, per quanti sforzi faremo con interventi di restauro o con l'ottimizzazione degli ambienti di conservazione, molto del materiale cartaceo del secolo scorso e del nostro stesso secolo, supporto fisico di beni culturali, andrà irrimediabilmente perduto.

BIBLIOGRAFIA

- AA.VV., *Scripta volant. Il biodeterioramento dei beni culturali: libri documenti opere grafiche*. Ed. Anedisi, Bologna 1986.
- BARROW W., *Deterioration of book stock. Causes and remedies*. R.W. Church ed., The Virginia State Library, Richmond 1959, 70.
- BARROW W.J., *The manufacture and testing of durable book papers*. Virginia State Library publications, 13, Richmond 1966.
- CALABRÒ G., *La carta. Storia e vicissitudini attraverso i secoli*. «Bollettino Ist. Cent. Patol. Libro», 36, 241-249 (1980).
- CALABRÒ G., *Carta, cartoni*. Atti convegno su «La tutela del patrimonio bibliografico», Padova 1984.
- CLAPP V.W., *The study of permanent/durable book paper, 1115-1970*. «Restaurator supplement», 3, 23 (1972).
- COMITÉE (The) on Production Guidelines for Book Longevity, *Interim report on book paper, april 1981*. «Restaurator», 4, 239-247 (1980).
- EDWARDS C.J. et al., *Scorption of sulphur dioxide by paper*. «Journal of applied chemistry», 18 (may 1968).
- HARNEY O., *L'arte della carta in Fabriano*. Fabriano 1972.
- GALLO A., *Il libro*. Ed. Tumminelli, Roma 1943.
- GALLO A., *Patologia e terapia del libro*. Ed. Raggio, Roma 1951.
- GALLO F., *I fattori che favoriscono gli attacchi degli agenti biologici nelle biblioteche e negli archivi e i metodi per prevenire ed arrestare tali attacchi*. «Bollettino Ist. Cent. Patol. Libro», 36, 195-213 (1980).
- GRANDES E., *Estratto dell'Enciclopedia della Stampa, aggiornamento n. 14, prove in carta*. Arti Grafiche Ricordi, 1969.
- HANSON F.S., *Resistance of paper to natural aging*. «The paper industry and paper world», (Feb. 1939), 1157-1164.
- HUNTER D., *Papermaking. The history and technique of an ancient craft*. New York 1974.
- LABAREE A., *I documenti da conservare e gli obiettivi della conservazione*. «Bollettino Ist. Cent. Patol. Libro», 36, 27-36 (1980).
- PLINDO IL VECCHIO, *Naturalis historia*. 13, trad. inglese di W. Heischard, Harvard University Press, London 1960, 4, 139-135.
- PLESSI M., SANTUCCI L., *Resistenza e stabilità della carta. Indagini sulla collatura*. «Bollettino Ist. Cent. Patol. Libro», (giugno-giugno 1969), 97-117.
- ROBINSON D.D., *Permanence durability and preservation research at the Barrow Laboratory in Preservation of paper and textiles of historic and artistic value II*. J.C. Williams ed., Library of Congress, Washington 1981, *Advances in Chemistry series*, 193, 43-55.
- SHAFFER N.J., *A national preservation effort. Hopes and realities in Preservation of paper and textiles of historic and artistic value II*. Ed. J.C. Williams, Library of Congress, Washington 1981, *Advances in Chemistry series*, 193, 3-11.
- WILLIAMS J.C., *Paper permanence: a step in addition to alkalization*. «Restaurator», 3, 81-90 (1979).
- ZAPPALÀ A., *Il controllo di qualità dei cartoni da ristampa nel Laboratorio di Tecnologia del Finitissimo*. «Bollettino Ist. Cent. Patol. Libro», 37, 73-102 (1981).
- ZAPPALÀ A., *Conservazione e restauro del libro*. «Forum Iulii», 9, 113-123 (1985).
- ZAPPALÀ A., *Problemi di conservazione del libro in Prodotto libro. L'arte della stampa in Friuli tra il XV e il XIX secolo*. Musei Provinciali di Gorizia, Gorizia 1986, 169-177.

ROBERT BUD (*)

**Innovation at the Science Museum:
three new galleries on industrial chemistry (**)**

Since 1983 The Science Museum in London has re-interpreted its industrial chemistry collection through three new galleries. "Petroleum", "plastics" and "chemical industry" are intended primarily for a general public ignorant of chemistry and periodically anxious about its applications.

Terrors over "chemicals", exploding chemical plants and the "unnatural", and malevolent multinationals spring not only from the occasional scandal. In the face of many of the changes in the world, too much of the time we can bring only ignorance, powerlessness and fear. The Science Museum's role is to begin to reduce that fear by providing our visitors with a sense that the world is comprehensible. This requires an interpretation of how change occurs, by means of an integration of the scientific, the technological, the economic and the social. The galleries are also intended to be of interest to people involved professionally in their subjects: such exhibits can provide perspective on the broad picture, shed light on areas beyond personal experience and offer an opportunity to see some key relics.

The new galleries have benefitted from significant resources in terms of space — about 1000 m² — finance and industrial and academic help. Nevertheless, the subjects are so enormous that the treatments cannot be comprehensive. Instead the exhibits have been chosen to highlight certain themes. For many people the limitations of those themes are in themselves irrelevant.

A museum visit is often satisfied by an appreciation of the objects themselves. For the more reflective who may be specially interested, or who are willing to put in a little more effort, we hope to provide a variety of supplementary printed material. Such documentary support will serve to highlight patterns that cross

(*) Science Museum, London, U.K.

(**) Presented at the II National Meeting «Storia e Fondamenti della Chimica» (Roma, 16-19 settembre 1987).

the divisions between galleries. This article highlights one theme that will be brought out: the Museum's treatment of industrial chemistry.

The exhibits deal centrally with various aspects of the "application" of chemistry. Because the chemical industry has, since the nineteenth century, been the paradigmatic science-based industry these exhibits are a most suitable place to explore the relationships between science, technology and industry that are central to our visitors' well-being. The general issue is also appropriate particularly for the Science Museum with its important though little known subtitle "the National Museum of Science and Industry".

TRADITION

The collection of "industrial chemistry" was built up from the late nineteenth century and a catalogue was published by Alexander Barclay in 1929. Keeper of chemistry until 1959 and influential for far longer, Barclay showed how chemists had come to be able to understand, to direct and then to supersede old technologies from brewing to cement manufacture. The display propounded the link between useful wealth-creating equipment and the academic chemistry learnt at schools and universities. In 1933 the museum hosted an exhibition of plastics, promoted by the newly-formed British Plastics Federation with accompanying lectures published in a special supplement of *Chemistry and Industry*, and a million people came.

Since those days the public image of the chemical industry has changed. The old consensus that the industry is a good thing has broken. Anxieties about DDT, food additives and disasters have modulated increasingly the response to what has been described as "chemical boosterism". Now that "progress" is no longer a useful description of the changes we experience, the museum's galleries have the role of explaining the more complex place of the application of science in industry.

Our understanding of the relationship between science and technology has also evolved. The 1920s catalogue implied a systematic reduction of industry to chemistry. Today, chemists have been able to design products, such as drugs, with more theoretical confidence. Nevertheless, it has become more clear that technological change requires a partnership of laboratory-based invention, development, manufacturing expertise and sophisticated marketing. Each of the three new galleries has been devoted to different aspects of the development process.

ALL CHANGE

Instead of one umbrella subject "industrial chemistry", we moved toward exhibits based on specific industries, each with its own culture and problems. Therefore, the traditional domain was divided into petroleum as the raw material, the chemical industry dealing with processing, and plastics which is product oriented.

The order in which they were completed was effected by availability of support and the appropriate occasions: petroleum was completed for the government's reception for the fiftieth World Petroleum Congress held in London in 1983, plastics for Interplas in 1985 and the chemical industry gallery's opening, most recently, enabled us to celebrate ICI's sixtieth birthday in December 1986.

The galleries integrate accounts of the past with reports of current developments to explore the processes of change now occurring. Though they are not "history" for its own sake, they do show objects of great historical interest. Contemporary videos provide detailed information that therefore does not need to be laboured in labels. They also provide windows into other worlds and enable visitors to imagine the original contexts of museum objects now incarcerated in glass cases. They relate the application of chemistry to the familiar at a number of levels. Not only do we show familiar products. Popular awareness of the oil crises of the mid-1970 and early 1980s has provided a way of showing how problems that were shared by the public have had profound technological and industrial consequences.

PETROLEUM

The petroleum gallery deals with an industry which is constantly in the news. The gallery is intended to show two important messages: first that oil has been politically important for a long time, and not just since 1973. Secondly, it shows that the price of oil has effected the technology used to produce, process and use it. Photographs and rare newsreel footage from the 1920s and the Second World War, together with a 1940 "nodding donkey" made for the wartime Nottinghamshire oilfield emphasise the former point. The enormously expensive deep sea oil production facilities, the tethered leg platform and the underwater manifold centre, make the latter.

We can counterpose the technology of cheap oil — a rare and, in itself, interesting huge Ford Edsel, with a display of modern research into efficient fuel burning motivated by the need to economise on expensive fuel. A display showing a research internal combustion engine with a quartz window is being developed. This display, which allows the public to see the explosions as they occur, reports the front edge of current combustion research. The breakthrough of a previous generation, when oil replaced coal as a chemical feedstock, is illustrated by a now seemingly antique control panel used on the first British petroleum cracker, the British Celanese plant at Spondon opened in 1942.

CHEMICAL INDUSTRY

The chemical industry gallery follows logically, and geographically in the museum. It is introduced by the contrast between raw materials such as crude oil (rubberised for us by BP Chemicals) and the products with which our visitors

are all familiar, evoked by TV advertisements. Typically, the outcome of the chemical industry is just an ingredient compounded by others before it reaches the consumer, but the public is also involved in the industry through concern about its processes. The gallery is housed in an evocative grey steel structure that challenges visitors to recall their feelings about chemical plants.

The issues surrounding the industry have displayed remarkable continuity since the days of the Leblanc soda industry: research and innovation, pollution and the diversity of useful products. Therefore, it is with the industry's development over the last 150 years that the gallery is concerned. The dynamics of change are summarised in five sections, each following a characteristic sector through to the present day: chemicals from salt, ammonia synthesis, petrochemicals, biotechnology and fine chemicals. This approach allows us to interpret artefacts from the past not just as elements of historical experience but also as evidence of fundamental themes in a pattern of change that is active today.

Developments in the past can be used as parables that will help us understand the future. They can be related to popular issues by appealing to people's sense of the story: we did this by the use of large allegorical cartoons. The gallery begins with the characterisation of the industry as a violent superman tearing apart salt. It ends with the industry portrayed as a boy riding the dragon of natural systems, attempting to steer rather than destroy.

Each sector includes an exhibit relating to the scientific processes, work and to environmental impact. The way this works may be illustrated by the first section, chemicals from salt. This exemplifies those sectors which have used great amounts of energy to break strong chemical bonds. The chemistry has been fairly well known, but the efficient exploitation of vast amounts of energy has been a theme since the mid-nineteenth century. Even with the great improvements effected by the ammonia soda process the work was still hard.

A working display illustrates the process of crystallisation — a typical unit process. Considerable effort has had to be invested into generating a truly cyclical demonstration of crystallisation and solution. Historic exhibits range from a model Leblanc plant made in the 1890s to a set depicting a section of a soda plant including a steam valve and a trough from Wallerscote soda works as well as a mannequin with a shovel needed to keep the trough clear. Modern technology is illustrated by a working automatic valve and a brand new FM21 electrolytic cell. The environmental impact of the Leblanc industry was tremendously important as the stimulus for the Alkali Acts, but hard to recapture. However, together with evocative photographs, one of our most dramatic cartoons makes a valiant attempt.

We have been fortunate to acquire, over the years, many holy relics of the industry. Those on display include a small bottle containing some of Perkin's first mauve, the pilot plant equipment in which polythene was first made and the first ammonia made by the Haber process on 2 July 1909. Incidentally, the last offered engineering problems of its own for it is compressed to the liquid phase in an 80 year old soda glass tube. To present it to the public the tube was

incorporated in a tested glass flask large enough to contain the ammonia as a gas should its primary container fail. This in turn has had to be protected from the public with a perspex shield.

Scientific principles have traditionally been among the most challenging issues for the museum. Modern computers have made them among the most popular. We have interactive displays allowing a visitor armed with a tracker ball to guide a peptide to the active site of a computer generated model of a renin molecule, and a story of the trials of a micro-organism's life. However, the most popular exhibit in the gallery is mechanical. To give meaning to the concept of high pressure in the ammonia section a ramp driven by 55 Atm pressure raises and lowers however many children can stand on it.

Getting the balance right in this complex gallery entailed lengthy discussions across the industry. For some years we have been guided by an advisory committee under the chairmanship of Sir Frederick Warner. ICI sponsored the gallery, but as a company exerted no influence on its content. Its scientists and engineers had vigorous professional views, but these were always proposed and never imposed. We were fortunate too for help from many other companies.

PLASTICS

Such industrial collaboration also made possible the last gallery in the series — "plastics". In this gallery products rather than processes are the focus. It is sited on the floor below the other galleries, together with other displays dealing with materials, glass and iron and steel, and it places materials in the context of their users' needs. Even in the Middle Ages novel technological problems suggested the use of new materials: as we are reminded by the Norse myth of the binding of Fenris Wolf with a magically light but unbreakable cord.

In our society the development of iron was a crucial aspect of the first industrial revolution. Many of the mass production needs of the twentieth century have been answered by plastics, sometimes when they were still new materials: Victorian collars and celluloid, electric radios and bakelite, Tupperware and polythene and today both fighter aircraft and competitive sport use carbon fibre reinforced materials. The rapidly changing style of engineering in Europe and America since the oil crises of the 1970s has had a special import for plastics. Light-weight and exotic properties providing effective and efficient products have opened new niches for engineering plastics.

The gallery pays special attention to the needs of the aerospace, automobile and medical technology industries. It also shows how an understanding of the properties of plastics such as their crystalline structure can lead to the development of new materials. This has been illustrated elegantly by the development of the new liquid crystal plastics. The concept of crystal structure is introduced by the visible demonstration of a crystallisation from the melt of polyethylene oxide. In an earlier era an understanding of polymerisation led to the new thermoplastics of the postwar economy. Such translation of needs in one area into a

stimulus in another is performed by the economic system. An unusual, and we can claim extremely popular, application of a business model for the plastics industry enables people to think of plastics as a business while playing with a computer.

THE FUTURE

Whatever their creators' intentions museum galleries are not scientific articles. They do not have unique conclusions provided by the curators. Instead their attraction lies in the freedom given to the visitor to construct his own meaning having wandered along personal paths. Nevertheless, we would hope to provide visitors to these galleries with the feeling that the subjects are interesting rather than fearful. Perhaps, in that way, popular conceptions of applied science will have been enriched. Its development will not be seen as a threatening outside force but as a human activity that is part of people's own life experience, sharing the same crucial events and landmarks from oil crises to jumbo jets to pollution avoidance. Whether we have been successful will be ascertained by some form of evaluation, but the art of analysing the consequences of museum visits is in its infancy.

This article should be concluded with a note of gratitude to the many in the industry who have helped the Science Museum in recent years. These galleries were made possible by the commitment of individuals who contacted us to alert us of equipment that might be destroyed and who put effort into helping us acquire it. We are indebted also to the many scientists and engineers who helped design working exhibits. We have a continuing responsibility to collect for the next generation of galleries. Not only pieces of heavy equipment are valued; the ways in which applied chemistry affects people's daily lives from paint to preservatives need to be documented too. The Museum would be happy to look into the preservation of a wide variety of artefacts with visual appeal and an association with an interesting story.

Le comunicazioni che seguono non sono state presentate al Convegno solo per motivi organizzativi; sono state comunque inserite in questo volume degli Atti per dare un quadro più esauriente delle ricerche in corso.

Su un ricettario piemontese dell'undicesimo secolo (II)

ABSTRACT. — The preparation of "ossimiele composto" of the manuscript 54, f. 126v of the Archivio Capitolare of Ivrea (Piemonte, Italy) is critically presented.

IL TESTO LATINO *

Introducendo la propria trascrizione della raccolta di formule chimiche e ricette terapeutiche contenuta nei ff. 117v-126v del codice membranaceo 87 (ora 54) dell'Archivio Capitolare di Ivrea [1], Piero Giacosa segnalò tra l'altro come nuova e singolare la preparazione dell'ossimiele (ricetta n. 80 della sua trascrizione): « Un rimedio antichissimo si trova citato in questa collezione ed è l'ossimiele. La sua composizione differisce da quella data da Dioscoride, Lib. V, cap. XVIII, il quale non enumera che l'aceto, miele, acqua e sal marino. Anche Galeno e Mesue... danno la stessa composizione; nel ricettario d'Ivrea l'ossimiele è composto di parecchie erbe e semi, quali il finocchio, l'apio, l'illira, il polipodio, cimino, liquirizia, anice, sepullo, issopo, scilla, aceto, miele ed acqua, e manca il sale » [2]. L'osservazione è solo in parte accettabile: gli autori classici, sia greci sia latini, indicano sì come componenti dell'ossimiele il miele, l'aceto e l'acqua (marina o salata, oppure no), con differenze per quanto riguarda le dosi di questi ingredienti [3]: precisano però spesso che all'ossimiele così preparato si possono aggiungere di volta in volta, facendole bollire con esso, una o due erbe particolarmente adatte alla malattia da curare [4]; e Alessandro Tralliano distingue chiaramente fra l'impiego dell'ossimiele « semplice » e quello dell'ossimiele « composto » [5], e più volte consiglia l'impiego dell'ossimiele « doppio giuliano », del quale riporta anche (nel libro XII, dedicato alla podagra) la composizione [6]: 27 piante diverse, da postare, mettere in infusione e far bollire con l'aceto, con l'aggiunta del miele

(*) Istituto di Filologia Classica, Facoltà di Lettere e Filosofia dell'Università di Torino.

(**) Istituto di Chimica Organica, Facoltà di Scienze MFN dell'Università di Torino.

quando l'aceto si sia ridotto della metà. Alcune di queste erbe sono le stesse della ricetta epeorediese (scilla, iris, anice, polipodio; e anche l'epitimo, presente — come vedremo — nella ricetta parallela di un codice Palatino); e il procedimento è in parte simile. La composizione dell'ossimiele di Giuliano è data anche da Paolo Egineta [7]. Quanto al Mesue citato dal Giacosa (medico arabo la cui opera, divulgata poi anche in traduzione italiana nelle edizioni alpine, è citata come fondamentale ancora nei secoli XVII e XVIII), egli non solo conosce l'ossimiele semplice, ma suggerisce anche parecchie preparazioni di ossimiele composto con molte erbe diverse, adatto alle diverse malattie: una di queste preparazioni è vicina, come scelta di ingredienti, ma non identica, a quella del ricettario epeorediese [8].

Questo ricettario rientra quindi in una tradizione in cui l'ossimiele composto era comunque già noto. Mi pare tuttavia opportuno segnalare che il codice epeorediese non è il solo testimone della ricetta in esso riportata al f. 124v: essa è presente anche nel Cod. Pal. Lat. 1088, al f. 95r. Si tratta di un membranaceo di fine sec. IX, « con aggiunte di mani contemporanee e posteriori nel contesto e nei margini »; e in alcune sue parti « glosse altotedesche dei secoli X e XIII... rivelano la presenza del manoscritto fino dai suoi primi tempi in territorio germanico » [9]: la presenza della ricetta nei due mss. attesta che essa era nota in ambito settentrionale.

Il testo della ricetta quale compare nel Cod. Pal. è più ampio di quello di Irena, e può servire anche a risolvere problemi di interpretazione del testo epeorediese: per facilitare il confronto, trascrivo qui sotto le due testimonianze [10]:

Pal. Lat. 1088

Confectio Oximellis facit ad coleram deducendam et fleuma per uentrem et melancolicum deducit; quod inuenient habundare expellit, et causas capitis omnino soluit, quae ex humore nascuntur aut colera; caliginem oculorum tollit; epur mundat et splen, et ipsum non permittit generare; uiscum purgat et reno; omnes inflationes tollit; cibum bene accipere facit, et bene digerere aptissimum est.

Recipe haec:

Feniculi semen + II
apii semen + II
filiqi + II
polipodii radices librae II
cininum
liquiritia + II
anisu + II
squilla
epitimo + I
origanum + II
serpulum + II
ysogum + II
Hec omnes species anepitridae infundis in aquam et contrundis.
Polipodia et squilla infundis in

Ep. 54

Confectio Oximellis facit ad coleram deducendam et fleuma per uentrem;

¹ causas capitis omnino soluit, quae ex humore nascuntur; caliginem oculorum tollit.

² Cibum bene capit [11] et melius digerit.

Feniculi semen + II

³ Apii semen + I
Elicia + I
Polipodia librae II
Cymini + II
Liquiritia + II
⁴ Aneso + II
Squilla + I

Urgano + II

Serpullo + II

⁵ Ysopo + II

Has omnes species pridie infundis in aquam et contrundis.
Polipodia et squilla infundis in

unam 8^o aque et omnes istas species simul infundis.

Alia die coques in aceto 8^o XIII, immiscis cum ipsa aqua et mitte mel pondera III.

Tertio die bullias quam diu ad crassitudinem mellis veniat et exinde accipias coclearis II gilonus mane.

uno 8^o I aqua omnes species alias istas infundis.

Alia die quosquis in aceto 8^o XIII et misce cum ipsa aqua mel pondera III.

Tertio die bullias quam diu ad crassitudinem mellis veniat et exinde accipias mane iclanus coclearia II.

Come si vede, la differenza che si nota immediatamente è la maggiore ampiezza del 'titolo' nel Pal.: in Ep. le indicazioni sono ridotte ad alcuni elementi, gli umori biliari che possono influire sui disturbi del capo, e l'annebbiamento degli occhi: la ricetta, così presentata, s'adatta al contesto in cui è inserita, preceduta da una lunga serie di prescrizioni contro i mali degli occhi (con riferimento al rapporto fra *caligo oculorum* e *fumum colerum*) e seguita dalla prescrizione di un *Pulver ad fleuma sine colerum a capite deponendam sine purgandam*, e da altre sui disturbi del capo ed i rapporti *caput/gutta maligna*; d'altra parte il fegato e la milza, cui allude il Pal. (*epar...splen*: r.8 della mia trascrizione), non interessano il ricettario eporodiese; e ai mali dei reni e della vescica (Pal., r.9 *sg.*) esso dedica poche ricette.

Mi pare indubbio che il Pal. riporti la ricetta nella sua forma originaria, che Ep. (o la sua fonte) riduce drasticamente, apportando anche una modifica della sintassi: il testo 'originario' *cibum bene accipere facit et bene digerere aptissimum est* (con soggetto sempre *Confectio Oximellis*) è mutato in *cibum bene capit et melius digerit*, con improvviso cambio di soggetto (scil. *aegrotus*).

Eliminato anche il nesso introduttivo alla preparazione, presente nel Pal. (r.13 *recipe hoc*: questo nesso non è mai presente nelle ricette di Ivrea), Ep. passa immediatamente all'elenco degli ingredienti, che sono gli stessi del Pal., con la sola omissione dell'epitimo (r.22 *epitimo*) e con l'indicazione generica del polipodio, laddove il Pal. precisa doversi far uso dei rizomi (r.17 *polipodii radices*). C'è fra i due testi qualche oscillazione per quanto riguarda le dosi (sempre presenti, comunque, in Ep.; omesse in Pal. per il cumino e la scilla): alle due oncie che il Pal. prescrive per appio e iris ilirico ne corrisponde una sola in Ep.; ma identiche sono tutte le altre dosi.

Per quanto riguarda il procedimento da seguire nella preparazione, i due testi differiscono soprattutto in due punti:

Pal.: « Due giorni prima metti in infusione in acqua tutti questi ingredienti e li pesti.

Infondi in un sestario d'acqua il polipodio e la scilla, ed infondi contemporaneamente tutti costei ingredienti.

Il terzo giorno farai cuocere in 4 sestari di aceto, mescolati con la stessa acqua e metti 3 libbre di miele.

Bolla tanto da giungere alla consistenza del miele... »

Ep.: « Un giorno prima metti in infusione in acqua tutti questi ingredienti e li pesti.

Infondi in esse, 1 sestario, il polipodio e la scilla, (in) acqua infondi tutti costei altri ingredienti.

Il giorno dopo fai cuocere in 4 sestari di aceto, e mescolati con la stessa acqua 3 libbre di miele.

Bolla tanto da giungere alla consistenza del miele... »

In entrambi i testi il procedimento si apre con un'operazione preliminare (da compiersi due giorni prima, in Pal.; uno, in Ep.), indicata prima come infusione in acqua e pestatura di tutti gli ingredienti, e poi precisata ulteriormente: in Pal. si dice che l'infusione va fatta in un sestario d'acqua, in cui saranno posti in immediata successione polipodio e scilla, e tutti insieme contemporaneamente gli (altri) ingredienti (è omissso evidentemente *alias*, presente in Ep.): la precisazione riguarda la quantità dell'acqua. In Ep., invece, si introduce una distinzione, col prescrivere l'infusione di polipodio e scilla in vino, delle altre erbe in acqua: questo contrasta con la prescrizione iniziale; d'altra parte del vino non si parla più per il resto del procedimento [12]; ed anche l'ablativo semplice *aqua* fa difficoltà. Il testo di Ep. è evidentemente corrotto per la cattiva lettura *in uno* della forma *in uno* che verisimilmente il copista trovava nel testo dal quale copiava: l'errore può aver comportato le altre modifiche, cioè l'aggiunta del numero — I — venuto a mancare, e la correzione in *aqua* del genitivo originario *aquae* (cfr. Pal., r.9), divenuto incomprensibile.

Per la fase successiva del procedimento, il testo di Ep. è oscuro: allude forse a una cottura (delle erbe già infuse) in aceto e, separatamente, a una mescolanza del miele con l'acqua d'infusione (omettendo poi di prescrivere di riunire il tutto in un'unica bollitura)? oppure ad una cottura in aceto del solo miele, mescolato con l'acqua d'infusione (senza più far menzione delle erbe)? Anche in questo caso il Pal. offre un contesto più soddisfacente: cottura (delle erbe già infuse) in aceto, con l'aggiunta del miele insieme con l'acqua dell'infusione. La difficoltà del testo di Ep. è originata dalla caduta del verbo che in Pal. è riferito al miele (r.32 *et mitte*): caduta che si può forse spiegare per errata lettura del copista, che avrebbe contaminato in *et miscis* le due forme vicine, e simili, *inmiscis... et mitte*.

Si può ancora notare che in entrambi i testi non è menzionata (come invece in altre prescrizioni d'ossimiele) un'operazione preliminare alla bollitura finale: la bollitura del miele (solo o con acqua) al fine di despumarlo, purgandolo così da ogni impurità.

LE ANNOTAZIONI

L'ossimiele (da miele e dal greco *oxys*, aceto) è ancor oggi citato da un diffuso repertorio medico [13] che ricorda come questa voce, presente nella I edizione della Farmacopea Italiana, datata 1892 [14], sotto forma di un suo derivato — l'ossimiele scillitico — ne scompare a partire dalla V edizione del 1929, riferendo anche che si prepara con una parte di aceto al 6% e due di miele depurato, facendo poi cuocere fino a densità di sciroppo.

Riandando nel tempo l'Encyclopédie degli Illuministi [15] scrive che si tratta di « una miscela di due parti di buon miele e di una di aceto bianco, bolliti a consistenza di sciroppo » e che se gli si aggiunge un decotto delle cinque grandi radici aperitive (finocchio, pungitopo, appio, asparago, pezzemolo [16]) e dei semi dei tre ultimi vegetali, la preparazione è « utile per sbloccare le ostruzioni del fegato e della milza ».

Cent'anni prima un noto Dizionario scrive che « L'ossimiele fatto di aceto, miele ed acqua serve molto a mantenere in buona salute a tutte le età ogni tipo di fisico » [17].

Nel Cinquecento leggiamo che « Tre modi di fare l'ossimiele si ritrovano scritti da Galeno..., ma non però in veruno mette sale, come fa Dioscoride », ma non si accenna ad ossimiele composti, tranne quello con scilla [18].

La quasi di certo prima (pre)farmacopea in Europa, edita a Firenze [19] riporta attribuendola al medico arabo Mesuè (reale od inventato?) degli anni Ottocento, una formulazione di ossimiele composto quasi eguale a quella citata, decisamente diversa dalle ricette Palatina ed Eporediese in esame, come si è già detto.

Comunque, nessuna delle dette preparazioni è identica a quella pubblicata nel 1589 come originale di Mesuè, e che ha solo radici di appio, finocchio ed anice [20].

Una intelligente osservazione compare in un'opera del 1678 [21]: « Non si deve far quest'ossimiele come insegna Galeno, perché se si facesse bollire insieme a due libbre di mele, una d'aceto, e quattro d'acqua, finché fosse calato il terzo (essendo questa la dose che prescrive) assieme a quell'umido, ch'essalasse per quel terzo, sarebbe la più parte del spirito volatile dell'aceto, perché è verissimo, che subito, che l'aceto da principio a bollire con il mele, anco lentamente, incomincia a svaporare parte del suo spirito volatile, annesso alla flemma. E chi ciò non credesse gl'è facile l'acertarsi, si co'l porre la faccia dirimpetto alla bocca del vaso, mentre bolle si adaggiatamente, che subito si sentirà ferir gl'occhi, e nari dal spirito volatile dell'aceto, ch'essala »; giusta « Annotazione dell'Autore » che intuisce la presenza dell'acido acetico volatile.

Dei vegetali che compaiono nelle due formulazioni in esame fenocchio, liquirizia, anice, origano sono chiari; serpullo è il timo serpillo, ysofum o ysapo è l'isopo. L'apium è l'*Apium graveolens*, il padre del sedano d'oggi, la varietà coltivata (dolce) nata nel tardo medioevo: quindi il sedano selvatico. Il polipodio (*Polypodium vulgare*) è una felce, facile sui vecchi muri. Il cuminum o cuminum può essere sia il kummel (*Carum carvi*) che il cumino dei prati (*Cuminum cuminum*), ambedue dai frutti (i « semi » dell'errato linguaggio comune) aromatici. La scilla è la cipolla di mare (ed era la ninfa amata da Glaoco, che Circe gelosa muta in mostro e poi nello scoglio omonimo), ancor oggi nota per l'azione cardiostatica fino alla pericolosità. Più controversa la elirica o illirica, che viene identificata con l'iris [22], di cui si dava per ottima quella dell'Illiria, presa dopo aver versato sul terreno acqua e miele perché non sia nemico, tracciati tre cerchi intorno con la punta della spada ed averla tre volte alzata al cielo dopo la raccolta [23]. Epitimo è la *Cuscuta epithymum*, la cuscuta, parassita del timo e di altri vegetali.

Giuliano vive in pieno II secolo, studia medicina ad Alessandria e « fu compagno di Galeno, di cui divenne nemico per aver trascurato la patologia umorale » [24].

BIBLIOGRAFIA

- [1] Sul contenuto e la datazione della raccolta vd. BONA QUARELLA L. - TIRA S., *Prescrizione «ut auro scribatur» di un codice piemontese dell'undicesimo secolo*. «Atti del 1° Congresso di Storia della Chimica», Torino 1983, pp. 24-31, p. 27 sg.
- [2] GIACOSA P., *Un ricettario del sec. XI esistente nell'Archivio Capitolare d'Ivrea*. «Mem. R. Acc. Sc. di Torino», s. II, I, 37 (1961), pp. 643-665, p. 648.
- [3] Diosc., V 14; Plin., *Nat.* XIV 114, XXIII 60; Gal., VI 271 agg. Kühn.
- [4] Vd. ad es. Hipp., II 455 e 466 Litrod; Plin., *Nat.* XXIV 138,143, XXV 169, XXVI 34,48, XXVII 29.
- [5] Alex. Trall., I 309 e II 489 Puschmann.
- [6] Alex. Trall., II 521 sg. P.; vd. anche I 479, II 101,257 P.
- [7] Paul. Aeg., VII 5.
- [8] Vd. ad es. *I libri di Gio. Mesue dei semplici purgativi et delle medicine composte*. Venezia, ex Bibl. Aldina, 1589, p. 262 agg.
- [9] BROCARRA A., *I codici di medicina del periodo prerisortano (secoli IX, X e XI)*, Roma 1956, p. 313.
- [10] Trascrivo direttamente dai due mss., mantenendo le particolarità ortografiche e sintattiche.
- [11] Il Giacosa trascrive erroneamente *benefacit*; più sotto (rr. 29 e 34) trascrive come segno di libbra (℔) quello del setario.
- [12] Si noti che il Giacosa, che pur trascrive esattamente il testo *in situ*, che troviamo nel testo, non inserisce però il vino nel suo riassunto degli ingredienti (vd. *supra*, p. 386), anche se non accenna alla difficoltà della sua presenza nella ricetta.
- [13] A.A.VV., *Medicamenta*. Coop. Farmaceutica, Milano 1965.
- [14] *Farmacopea Ufficiale del Regno d'Italia*, pag. 212. Roma 1892.
- [15] DIDEROT D. e D'ALEMBERT J.B., *Encyclopédie*. Soc. Typographique, Berna 1780.
- [16] DECAUX G., *Larousse des Plantes qui guérissent*, pag. 26. Larousse, Parigi 1974.
- [17] FURETIÈRE A., *Dictionnaire universel*. Leers, L'Aja 1690.
- [18] MATTIOLI P.A., *Nelli sei libri di Pedacio Dioscoride*, pag. 1386. Alberti, Venezia 1604.
- [19] *El Ricettario ... di Firenze*, pag. 92. Stamperia Ducale, Firenze 1550.
- [20] V. [8], pag. 40.
- [21] SIRINDO F., *L'Arte dello Speciale*, pag. 282. Ghidini, Pavia 1679.
- [22] ANCIÉ J., *Les noms de plantes dans la Rome antique*, pag. 133 (sub voce «iris»). Les belles lettres, Parigi 1985.
- [23] Plin., *Nat.* XXI 19.
- [24] PIZZINO A., *Storia dell'Arte sanitaria*, pag. 208. Minerva Medica, Torino 1974.

ANTONINO DRAGO e ORNELLA VITIELLO (*)

Nuovi risultati sull'opera di Sadi Carnot

ABSTRACT. — New results are listed about Sadi Carnot's work: Dating of his manuscript about heat engines, discovered in 1966; the development of the idea of cycle; the first introduction of modern formula of state equation of gases; the state concept as the central concept of his theory. As a consequence, the viewpoint of Sadi Carnot results as radically new. We suggest to recognize such novelty by naming as Carnot's Law the state equation of gases. Lastly, a quick review of past historical studies about Carnot is offered and a historical problem is suggested.

1. *Le novità del punto di vista di S. Carnot*

S. Carnot è ricordato dai testi di fisica unicamente per il suo famoso teorema. Qui sosteneremo che la sua opera fu una vera rivoluzione nella storia della fisica, collegando risultati che altri presentano separatamente (Drago, VitIELLO, *id.*, 1986).

In un'epoca dominata da una concezione ontologica della natura dei fenomeni (la giusta ipotesi sulla loro natura avrebbe dovuto fornire le idee fisiche e matematiche per inquadrarli teoricamente), S. Carnot non formulò ipotesi sulla natura del calore e tanto meno pensò di dedurne i concetti fondanti la sua termodinamica.

Inoltre al tempo di Carnot la fisica teorica era quasi completamente la fisica delle forze centrali. Questa derivava la sua auticità da Newton, che con la forza gravitazionale aveva spiegato i fenomeni celesti ed ottici, e aveva suggerito le linee di ricerca per fondare la teoria chimica (la quale invece nacque solo quando si liberò da questo schema aprioristico). Poi Laplace aveva sagacemente ampliato il modello teorico newtoniano, includendo le forze a corto raggio per spiegare efficacemente molti fenomeni nuovi. E molti discepoli, soprattutto il fedele Poisson, estendevano lo schema a molte applicazioni, compresi i fenomeni termici (Fox, *id.*, p. 165-166). Non è strano, allora, che, ancora nel 1824 (quando, a seguito di una serie di esplosioni di caldaie, si realizzarono appositamente alte pressioni e si

(*) Gruppo di Storia della Fisica, Dipartimento di Fisica, Università di Napoli.

verificò che la legge di Boyle e Mariotte vale fino a 30 atm.), si dava una validità solo ipotetica alle leggi dei gas perfetti (Scott, p. 223).

Carnot invece mise da parte la struttura microscopica dei gas e le forze intermolecolari; il che, da una parte, lo allontanò dall'uso delle sofisticate equazioni differenziali collegate alle forze centrali (e ciò lo faceva apparire primitivo matematicamente); d'altra parte, avendo eliminato i dubbi su quali forze interne fossero le più adatte, poteva accettare senza riserve la formula del lavoro $L = \int P dV$ (Scott, p. 235-236), e di conseguenza poteva affermare con sicurezza che, per dare lavoro, il calore deve necessariamente modificare il volume.

Ciò egli si pose da un punto di vista macroscopico globalistico che gli faceva concentrare l'attenzione sui due concetti, fondamentali anche della moderna termodinamica, lavoro e calore; ciò lo condusse all'idea di rendimento e, alla fine, sfidando l'incomprensione dei suoi contemporanei (che giudicarono l'opera « troppo difficile ») lo guidò all'idea di ciclo. Era nata una nuova teoria della natura.

2. La datazione del manoscritto inedito

Carnot pubblicò un'unica opera (Carnot, b). Però recentemente (1964) è stato ritrovato, nella biblioteca dell'École Polytechnique di Parigi, un saggio manoscritto inedito di Carnot (Gabbey e Herivel, 1966).

Sulla datazione di tale manoscritto sono stati presentati pareri autorevoli, ma contrastanti. Alcuni, come Fox (Fox, c, p. 34), sostengono che esso sia successivo alle « Riflessioni »; altri, come per esempio Gillispie (Gillispie, b, p. 28), sostengono che sia precedente. Gillispie osserva che nel manoscritto sono assenti due acquisizioni fondamentali delle « Riflessioni », e cioè la chiusura del ciclo e l'idea di reversibilità. Noi (Drago, Vitiello, a), abbiamo avvalorata l'ipotesi di Gillispie con numerosi indizi e con una prova che ci sembra decisiva, quella riguardante la formula per le trasformazioni adiabatiche.

Sulle leggi dei gas, il problema principale del tempo era quello di trovare la giusta formula delle trasformazioni adiabatiche, formula che oggi sappiamo essere particolarmente difficile da trovare. Infatti si noti che nella legge $PV^\gamma = \text{cost.}$ la presenza di una grandezza a esponente complicava notevolmente le esperienze; in più, essa vale solo per i gas ideali, mentre quelli reali se ne discostano sensibilmente. Ma anche nel caso ideale, γ non è molto diverso da 1 (il che fa ricadere nel caso delle isoterme: $PV = \text{cost.}$) e addirittura, fatto del tutto nuovo, varia al variare della famiglia dei gas (avvicinandosi a 1 per molecole con molti atomi: lo si capirà dopo 50 anni). Al tempo di Carnot tutti i reali tra 1 e 2 potevano andare bene, il che lasciava un gran numero di incertezze teoriche e confondeva l'interpretazione dei dati sperimentali.

L'esame parallelo delle Riflessioni e del manoscritto mostra che Carnot si cimentò col problema e fornì, tra i primi, due soluzioni. La prima,

$$t = a \cdot \log P + b \quad (1)$$

è ipotizzata, nel manoscritto, sfruttando i dati sperimentali della tavola di Dalton

e la legge, errata, di Clément e Desormes, relativa al vapor d'acqua (Carnot, a, p. 9). La seconda,

$$\tau = \frac{A + B \log v}{A' + B' \log v} \quad (2)$$

è ricavata nelle Riflessioni (Carnot, b, p. 65) per il caso generale di tutti i gas, e come risultato della teoria completa del calore ivi sviluppata; e questo ci sembra sicuramente indizio di un passo successivo. Ma la conferma definitiva all'ipotesi che il manoscritto preceda le « Riflessioni » è costituita da un'affermazione che si trova nel manoscritto (Carnot, a, p. 8) a proposito di « una formula capace di connettere i risultati dell'esperienza, forniti dalla tavola di Dalton » (e cioè una formula relativa all'espansione adiabatica di un vapore saturo). Carnot dice: « non si è mai giunti fino ad ora a stabilire una formula simile ».

Purtroppo le formule di Carnot erano entrambe errate (ed egli stesso le considerava valide solo nel caso di salti di temperatura non troppo grandi; fu Poisson, nel 1823, a ricavare la legge corretta); comunque si può dimostrare che le due formule sono perfettamente compatibili, anzi che la (2) si riduce alla (1) nel caso che B' sia sperimentalmente trascurabile (Drago, Vitiello, d). Le precedenti osservazioni sulle adiabatiche, oltre ad essere decisive per la datazione del manoscritto, conducono a notare che Carnot affrontò tra i primi e con acume il problema delle adiabatiche; purtroppo la sua soluzione non era adeguata, anche perché fu deviato da una legge sperimentale errata (quella di Clément e Desormes).

3. *L'evoluzione dell'idea di ciclo in Sadi Carnot*

Accettando la successione cronologica delle opere di Carnot da noi suggerita, allora risultano molto chiari: lo sviluppo del pensiero dell'autore, la novità del suo punto di vista e il gran numero delle sue acquisizioni in campo scientifico (Drago, Vitiello, c).

Innanzitutto appare quale evoluzione ebbe l'idea di ciclo in S. Carnot. Già nel manoscritto Carnot apportò una importante innovazione a quel ciclo delle macchine a vapore che veniva descritto nei trattati dell'epoca: egli introdusse una terza fase, quella di liquefazione del vapore, ne calcolò la potenza motrice consumata e la incluse nel calcolo della potenza motrice netta ottenuta dall'intero processo. Carnot fu probabilmente il primo ad introdurre tale innovazione in Francia (nell'inverno del 1823-24 anche « Clément aveva certamente adottato la regola di sottrarre l'effetto della trasformazione di condensazione »; Fox, a, p. 245). Ciò costituiva un notevole avanzamento, se si tiene presente che al tempo di Carnot, sulla scia di una tradizione ingegneristico-militare, le macchine termiche venivano concepite alla stregua di un cannone; così nella descrizione delle macchine a vapore venivano prese in considerazione soltanto due fasi, quella di vaporizzazione e quella di iniezione del vapore nel cilindro, proprio come nel cannone i momenti « essenziali » erano la combustione e l'espulsione. Questo modo di trattare le macchine termiche dipendeva da una concezione « magica » di tali

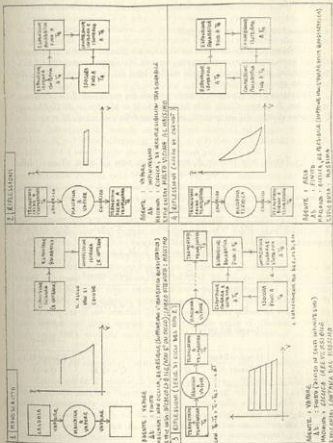
macchine (e, in generale, di tutte le macchine), che si sperava potessero produrre un lavoro illimitato, comunque grandissimo, così come fa il cannone. Il distacco da tale concezione magica era iniziato con chiarezza già da 40 anni, ad opera del padre di S. Carnot, Lazare, il quale su questo tema scriveva delle bellissime note basate sulla conservazione dell'energia (L. Carnot, p. 235). L'introduzione da parte di Carnot della 3^a fase costituisce, quindi, sia un ulteriore passo in avanti verso una più giusta valutazione delle possibilità delle macchine termiche, sia una tappa essenziale per l'ideazione del ciclo di Carnot.

Leggendo poi le « Riflessioni », si ha la netta impressione che Carnot passi per tappe successive dal processo descritto nel manoscritto fino a giungere all'ideazione del ciclo di Carnot (cfr. Tav. 1). Queste tappe appaiono strettamente collegate l'una all'altra, tanto da suggerire una evoluzione pressochè continua tra i diversi cicli da lui descritti. Infatti il primo processo descritto nelle « Riflessioni » è analogo a quello del manoscritto. Esso è costituito dalle fasi successive di vaporizzazione, espansione adiabatica e condensazione. Però qui Carnot sottolinea la proprietà, della prima e della seconda fase, di avvenire ad una temperatura costante; questa è una proprietà che è tra le caratteristiche necessarie del successivo ciclo a massimo rendimento; e inoltre compie il primo passo verso l'idealizzazione del ciclo, perché nel processo descritto il vapore non viene immesso né fuoriesce dal cilindro (quest'ultimo può essere posto in contatto unicamente termico con l'ambiente).

Il secondo passo verso l'idealizzazione è costituito dalla richiesta della chiusura del ciclo. Carnot, fors'anche attraverso la lettura delle opere del padre (L. Carnot, 262) si è convinto che la dimostrazione del suo teorema risulta valida solo allorché opera su un ciclo chiuso. In effetti, il modo più semplice di chiudere il processo precedentemente descritto è di utilizzare l'isocora; ma quest'ultima causerebbe l'irreversibilità dell'intero ciclo. Cosciente di questo inconveniente, Carnot fa notare che, se il ciclo è infinitesimo, tale irreversibilità è comunque trascurabile, e che perciò la potenza motrice in esso prodotta può senz'altro considerarsi massima. Però poi dopo Carnot vuole applicare questo stesso ragionamento a un ciclo finito; e qui cade in errore, perché la somma di infiniti contributi, ognuno trascurabile, di irreversibilità, non è affatto trascurabile.

L'ultimo passo verso la idealizzazione del ciclo è costituito dalla seconda versione del ciclo che Carnot dà nelle « Riflessioni ». Qui egli impone in maniera corretta la completa reversibilità del ciclo finito; ciò rende completamente valida la dimostrazione che Carnot dà del suo teorema.

Il ciclo di Carnot viene descritto così come oggi lo conosciamo, cioè costituito da due isoterme e due adiabatiche alternate, chiuso e completamente reversibile; l'agente usato è l'aria, anziché il vapore d'acqua. Ciò lascia pensare (dice Fox, c, p. 34) che Carnot abbia dovuto per forza abbandonare il vapore per poter giungere all'ideazione del ciclo di Carnot; si può osservare, però, che alla fine il teorema di Carnot attesta proprio l'indipendenza del rendimento massimo del fluido usato, il che sottintende che il ciclo di Carnot deve essere applicabile a qualsiasi agente, vapore compreso. Questo punto era sicuramente chiaro a Carnot; ma forse



TAV. 1 - Approssimazioni successive del ciclo di Carnot.

egli preferì descrivere il suo ciclo operando sull'aria, perché ciò gli consentiva di prescindere dalla legge di Clément e Desormes (intesa solo per i vapori), sulla validità della quale c'erano valutazioni contrastanti (v. anche Fox, d, p. 202).

4. L'equazione di stato dei gas perfetti

Dall'esame parallelo delle due opere di Carnot (Drago, Vitiello, d) si scopre che egli aveva ricercato sistematicamente sia tutte le equazioni caratteristiche delle trasformazioni termodinamiche, sia le relative leggi sul lavoro e sul calore, che non erano ancora note (Tav. 2).

Nel manoscritto, ricercando formule generali che regolassero il comportamento dei gas, S. Carnot ricavò, dalle leggi di Boyle e Mariotte e di Gay-Lussac, l'equazione di stato dei gas perfetti, in funzione delle variabili P, V e t.

TAV. 2 - Tabella delle formule di termodinamica note a Carnot all'epoca della stesura del manoscritto.

Equazione di stato	Isotherme	Isoore	Isoare	Adiabatiche
$PV = N(267 + t)$ [CARNOT M.]	$\left. \begin{array}{l} PV = \text{cost.} \\ T = \text{cost.} \end{array} \right\}$ [MARIOTTE]	$\left\{ \begin{array}{l} V = \text{cost.} \\ P = P_0 \left(1 + \frac{1}{267} t \right) \end{array} \right.$ [GAY LUSSAC]	$\left\{ \begin{array}{l} P = \text{cost.} \\ V = V_0 \left(1 + \frac{1}{267} t \right) \end{array} \right.$ [GAY LUSSAC]	* $t = a \ln P + b$ [CARNOT M.] ($PV^{\gamma} = \text{cost.}$) POISSON, 1823
	$L = N(267 + t) \ln \frac{V_1}{V_2}$ [CARNOT R.] (*)	$L = 0$	$L = P(V_2 - V_1)$	* $L = N \ln \frac{P}{P'}$ $\left(267 + \frac{t+t'}{2} \right)$ $- N(t-t')$
	$Q = A + B \log v$ [CARNOT R.]	$Q = Cv \Delta t$	$Q = Cp \Delta t$	[CARNOT M.] $Q = 0$

Legenda

CARNOT M.: formule ricavate da Carnot nel manoscritto.

CARNOT R.: formule ricavate da Carnot, ma presenti solo nelle *Riflessioni*.

* (Asterisco): formule errate in termodinamica moderna.

(*) Anche se questa formula si trova solo nelle *Riflessioni*, tuttavia Carnot aveva tutti i mezzi per ricavarla facilmente anche nel manoscritto, se gli fosse stato necessario.

In che data fu riconosciuta piena validità all'equazione di stato dei gas perfetti?

All'inizio dell'800 si usavano le grandezze termodinamiche attuali in relazione a singole trasformazioni, e in generale si riteneva che i parametri empirici fossero sì necessari, ma non sufficienti alla descrizione dello stato del sistema. Allora è un problema di grande rilevanza per la storia della fisica rispondere alla domanda precedente e fissare questa acquisizione con un nome ed una data precisa.

L'idea di un'equazione di stato dei gas era un'ipotesi antica (v. per esempio Truesdell, 1980, 9, che indica Eulero, nel 1757: ma non ci sembra valido attribuirgli la legge). Essa veniva generalmente scritta in termini di pressione, temperatura e densità, anziché di volume. Nel 1816 Biot nel suo « Trattato di fisica » (più volte citato da Carnot nelle « Riflessioni ») la estese anche al vapore saturo, e nel 1821 Despretz ne diede delle verifiche; nel 1823 compare (tuttavia senza alcuna indicazione del metodo con cui viene ricavata) nel saggio di Poisson (Poisson, b, p. 339) nella forma: $p = a \rho (1 + \alpha \theta)$ dove ρ è la densità, α è uguale a $1/267$ e a è una costante che non è la stessa per tutti i gas.

La novità di Carnot sta innanzitutto nell'averne fatto un cardine della teoria termodinamica, espressa nelle « Riflessioni ». Ma già nel manoscritto non avrebbe potuto fare a meno di essa per ottenere i suoi risultati. Altra novità è l'averla ricavata, nel manoscritto, con un procedimento esattamente uguale a quello attuale, giungendo alla formula nella esatta versione che usiamo oggi (cioè con la variabile V invece che la p , la quale V facilita l'introduzione della legge di Avogadro); e infine dando alla sua costante un valore numerico che è quasi lo stesso di quello odierno (appr. 29%); mentre invece il suo precursore Poisson non dava il valore della costante, neanche in un caso particolare.

Molti storici attribuiscono l'equazione di stato dei gas a Clapéyron, che la ricavò allo stesso modo di Carnot, solo nel 1834. Riconoscere invece a S. Carnot il merito di avere per primo espresso chiaramente e modernamente questa equazione, sarebbe una maniera di ricordarlo più adeguata di quella odierna, che lo ricorda solo per il suo teorema. Tanto più che proprio attraverso l'equazione di stato dei gas egli aveva trovato, qualche decennio prima di Clausius e Kelvin, gran parte della moderna termodinamica. Lo vedremo nel prossimo paragrafo.

5. La novità del concetto di « stato » nel sistema teorico della termodinamica

Carnot acquisì il concetto di stato per gradi (Drago, Vitiello, di). Nel manoscritto, benché introduca l'equazione di stato per i gas, egli parla di « ciclo completo di operazioni » quando solo $V_1 = V_2$. Invece nelle « Riflessioni » parla di ciclo riferendosi a tutte le variabili; e anzi in una nota sembra volerlo definire: « ...quando un corpo, dopo un certo numero di trasformazioni, ritorna precisamente al suo stato iniziale, cioè a quello stato considerato relativamente alla densità, temperatura e modo di aggregazione... » (S. Carnot, b, p. 31, nota 1).

Anche Poisson (Poisson, a, p. 13) parla delle tre grandezze; ma sembra un fatto accidentale. In effetti si trattava di abbandonare definitivamente le premesse

fino ad allora stabilite per ogni teoria scientifica, lo spazio e il tempo assoluti, e invece porre alla base della termodinamica il concetto di stato, che non aveva nessun sostegno metafisico o idealistico. In realtà questa fu la rivoluzione che due anni dopo iniziò Lobacevskij per lo spazio euclideo, ma che di fatto era già iniziata con Kekulé nella chimica organica e, ancor prima, con D'Alembert, Lazare Carnot e Lagrange nella meccanica (dove essi avevano proposto uno spazio non assoluto, ma relazionale).

Sadi Carnot è colui che coraggiosamente abbandona spazio e tempo (assoluti) e, per primo, fonda la termodinamica sulle grandezze di stato, contingenti ed empiriche. (Nel 1834 Clapéyron porterà a compimento questa innovazione introducendo il grafico P-V). Per questo motivo, egli, benché dubbioso, utilizza la teoria del calorico (teoria che gli allievi politecnici preferivano a quella moderna): infatti il calorico è una funzione di stato (e allora, si noti, non c'era la funzione di stato energia interna). E' naturale allora che la sua attenzione si concentri sull'unica grandezza che non è funzione di stato, il lavoro (e lui la vuole sottoporre almeno ad un massimo, dato un certo Q). In altri termini, S. Carnot fu certamente sollecitato dal suo interesse per macchine termiche a studiare la teoria termodinamica; ma egli, grazie alla fiducia che aveva nell'equazione di stato, si era costruito uno schema teorico col quale poteva ragionare indipendentemente da ogni macchina e da ogni fluido. In questo egli non fu affatto un ingegnere.

Tutto ciò dà anche un'interpretazione convincente del fatto che poi S. Carnot abbandonò le « Riflessioni ». I sempre maggiori dubbi sul calorico, avanzati da altri e da S. Carnot stesso già nelle note postume (Fox, d, p. 242-248), portarono Carnot, sempre negli scritti postumi (Fox, d, p. 249), ad applicare la conservazione dell'energia all'urto dei corpi « duri » (definiti da Newton come quelli che sono tanto rigidi da non rimbalzare nemmeno), giungendo al risultato che è impossibile che questi corpi esistano. Il che, a prima vista, distruggeva la sua stessa base teorica, cioè la meccanica di Lazare Carnot (però oggi sappiamo che ivi tutto torna bene se « duro » viene sostituito con « plastico »; v. Gillispie, a, p. 73). Ma i suoi dubbi creavano un problema ancora più grave. Essi svalutavano tutto il quadro teorico fondato sul concetto di stato del sistema. A meno di inventare la funzione di stato energia interna (trasformando il calorico in entropia: un salto concettuale enorme), cadeva tutto il suo ragionare, del tutto originale, basato sulle funzioni di stato. La stessa definizione di reversibilità, da lui data come semplice invertibilità, diventava insufficiente (perché bisognava aggiungere la condizione dell'assenza di attrito; v. Thomsen). Così tante difficoltà erano troppe per una persona scientificamente isolata, come Carnot. Egli non riuscì a proseguire il suo lavoro molto promettente del 1824.

6. *L'evoluzione delle interpretazioni storiografiche sull'opera di Sadi Carnot*

La prima interpretazione è stata tipica degli storiografi fino alla prima metà del '900. La teoria di Carnot è stata svalutata perché tra le ipotesi fondamentali poneva quella della conservazione del calorico, ipotesi che appartiene ad una teoria

del calore superata dalla nuova teoria dell'equivalenza del calore col lavoro. In conseguenza della suddetta ipotesi erronea, tutta l'opera di Carnot appariva compromessa, sebbene molti risultati in essa contenuti venivano recuperati per altra via dalla termodinamica moderna. Tra questi risultati, quelli che erano indubbiamente notevoli e originali venivano semplicisticamente spiegati come intuizioni, frutti della geniale mente dell'autore: il quale restava però pur sempre un ingegnere, estraneo al mondo accademico, al più esperto della pratica tecnologica.

Ma già Ostwald iniziò una battaglia per valorizzare l'opera di Carnot, giungendo addirittura a sostenere che essa era valida anche secondo la termodinamica moderna, pur di intendere entropia nella parola « calorique », usata da Carnot quasi come sinonimo di « chaleur ». Infatti la pubblicazione delle note postume aveva rivelato che S. Carnot aveva avuto una capacità teorica eccezionale; egli, in realtà, era stato il primo scopritore effettivo del primo principio della termodinamica, precedendo di almeno dieci anni ogni altro scopritore.

Sin dagli anni '40 L. Rosenfeld lanciò una nuova interpretazione: S. Carnot era il risultato della rivoluzione industriale, cioè dello sviluppo tecnologico. Era un'interpretazione « esternista », che nella termodinamica trovava un esempio eccezionale; questa infatti è una teoria nata come teoria delle macchine ed è tuttora insegnata così. Negli anni '50 e '60 questa interpretazione ha spinto molti (Fox in particolare) a studiare di nuovo Carnot. Il suo lavoro è stato posto in relazione alle invenzioni tecniche del tempo (Kuhn), all'insegnamento dato agli artigiani nel Conservatoire des Arts et Métiers, ai suoi legami con la tecnologia inglese. Nel libro collettaneo di Taton si possono trovare gli ultimi prodotti più importanti di questa interpretazione.

Ma la teoria di Carnot si rivela oggi un sistema teorico di ampia portata. Indubbiamente gli scopi di Carnot erano anche ingegneristici, nel senso che egli fu sollecitato a studiare i fenomeni termodinamici dai problemi connessi al rendimento delle macchine termiche dell'epoca. Nel far questo, però, egli innanzitutto si prefissò, conformemente ai dettami della scienza francese dell'800, di impostare una teoria generale delle macchine termiche che potesse essere applicata indifferentemente a qualsiasi di esse: e in questo modo già si contrapponeva ai metodi della scienza inglese (Watt) che, pur avendo raggiunto dei risultati eccellenti, adottava nello studio delle macchine un procedimento essenzialmente pratico-ingegneristico. Inoltre Carnot, grazie alla fiducia che aveva riposto nel ragionamento per equazioni e funzioni di stato, si era costruito uno schema teorico che gli permetteva non solo di ragionare indipendentemente da ogni macchina e da ogni fluido, ma anche di estendersi alla determinazione sistematica delle leggi dei gas, e gli consentiva perciò di controllare teoricamente un dominio le cui leggi fino a quel momento erano state ricavate in larga parte dalla generalizzazione di osservazioni empiriche.

In generale gli ingegneri francesi arrivarono a lavorare a livelli teorici comparabili con quelli di Carnot almeno dieci anni dopo di lui. In definitiva, c'è un salto qualitativo tra lo sviluppo tecnologico (inglese e francese) e la elaborazione teorica di Sadi Carnot.

Qui si riflette il contrasto di interpretazioni sulla nascita della intera scienza moderna. Alcuni (ad esempio Crombie) sostengono che essa deriva dall'evoluzione delle capacità degli artigiani. Altri (ad esempio Koyré) ritengono che dei fattori intellettuali sono stati determinanti, primo fra tutti la matematica dell'infinito.

L'eliminare le forze centrali, il ragionare col concetto di stato, il chiudere il ciclo, ecc., sono tutti aspetti determinanti la sua teoria e che non sono collegabili a fatti tecnologici. A noi sembra che i nuovi risultati, precedentemente esposti, assieme a quelli di altri ricercatori, sostengano l'importanza dei fattori intellettuali più che dello sviluppo tecnologico (che pure fu certamente importante per Carnot). Però certo non possiamo sostenere (come Koyré fa per la nascita della scienza moderna), che la matematica dell'infinito sia stata importante per Carnot. Anzi, sembra importante proprio l'opposto; e cioè, di fronte a Laplace e Poisson che usavano intensivamente le equazioni differenziali, S. Carnot usa una matematica pressoché finita (salvo il log delle sue formole adiabatiche che è solo una funzione elementare). Il fattore intellettuale in questo caso è piuttosto la riduzione della matematica; il che corrisponde a una caratteristica sempre sottolineata della termodinamica rispetto alla meccanica: l'essere una teoria della limitazione (espressa dalla legge dell'entropia crescente).

Notiamo infine che c'è ancora uno studio da fare su Carnot, per capire la sua insufficienza maggiore: quella di non aver trovato la esatta legge per le adiabatiche, e anzi di aver ignorato che Poisson ci era riuscito e l'aveva pubblicata su una rivista che lui usualmente leggeva e citava nelle « Riflessioni ». In effetti, se la legge di Poisson veniva accettata come esatta, inevitabilmente diventava inesatta la legge che Carnot aveva dedotta nelle « Riflessioni »; e poiché quest'ultima era stata dedotta con ragionamenti per lui rigorosi (e cioè il ciclo, la conservazione del calore e il teorema di Carnot), la sua falsità rischiava di mettere in dubbio le basi sulle quali era stata ricavata, e sulle quali si fondava l'intera teoria delle « Riflessioni ». Ma perché Carnot non la cita nemmeno? Perché neanche Clapéyron nel 1834 ne parla? In effetti tutti i rapporti tra Poisson e i politecnici in genere dovrebbero essere studiati; sia quello con Clapéyron, che quello con Sadi Carnot, oltre che quello con colui che all'inizio fu un maestro di Poisson, Lazare Carnot. Si tratta certamente di un'analisi storica più dettagliata di quella compiuta finora, e di notevole impegno.

7. *Le « Riflessioni » come libro di testo di termodinamica*

Tutti i risultati precedenti hanno messo in risalto la grande novità teorica dell'opera di Carnot. Noi auspichiamo la massima utilizzazione delle « Riflessioni » nelle scuole.

L'opera di Carnot può diventare un testo scolastico moderno, conforme ai dettami di una nuova didattica della termodinamica; è infatti motivata socialmente; è impostata su un problema, quello del massimo rendimento; sottolinea l'irreversibilità dei processi termici; si confronta in modo particolare con l'esperienza, facendo continuo riferimento alle macchine termiche reali; usa una matematica ridotta (in sostanza, le quattro operazioni, salvo brevi passaggi inessenziali).

Essa può essere usata certamente come lettura storica. Ma si noti che può essere usata anche come testo scolastico di termodinamica. Quest'ultimo uso del libro di Carnot richiede però un numero non grande di opportune interpretazioni e correzioni del testo che altrove abbiamo esaminato e motivato dettagliatamente (Drago, Vitello, b).

La principale di tali modifiche consiste nella sostituzione del termine datato, « calorico », con quello più moderno di « entropia »; il cui concetto deve essere introdotto però indipendentemente dal I principio, visto che una delle peculiarità dell'opera di Carnot è proprio quella di procedere indipendentemente da esso. Questo obiettivo può essere raggiunto senza eccessiva difficoltà. Al riguardo esistono diversi suggerimenti, tra i quali uno recentissimo (Fuchs). In questo modo si riesce a realizzare una didattica completamente alternativa a quella attuale. Essa, infatti, si fonda sul II principio senza fare alcun uso del I, e tuttavia permette di ripetere tutti i risultati essenziali della termodinamica e anche di calcolare i rendimenti del I e del II ordine delle macchine termiche, in maniera molto più facile di quanto accade invece nei normali testi di termodinamica. Quindi, questa didattica è di certo soddisfacente e stimolante, per l'insegnante e per la scolaresca.

BIBLIOGRAFIA

- CARNOT, SAHJ, a: *Récherche d'une formule propre à représenter la puissance motrice de la Vapeur d'Eau*, inedito; ora in FOX, d, ed in Gabbey, Herivel.
- CARNOT, SAHJ, b: *Réflexions sur la puissance motrice du feu*, Bachelier, Paris, 1824; ora in FOX, d, e in MENDOLA, (trad. it. di Bruno Jannarelli, Via Montello, 12 - Sulmona AQ).
- CARNOT, SAHJ, c: *Manuscritti postumi*, 1878; ora in FOX, d, e in MENDOLA (trad. it. di Bruno Jannarelli, Via Montello, 12 - Sulmona AQ).
- CARNOT, LAZARE: *Principes fondamentaux de l'équilibre et du mouvement*, Deterville, Paris, 1803.
- CLAPÉRON E.: *Mémoire sur la puissance motrice de la Chaleur*. « J. de l'Ense. Polytechnique », 14, 1834, 133.
- DESREZES C.M.: *Mémoire sur la densité des vapeurs*. « Ann. Chem. Phys. », 21, 1822, 143-155.
- DRAGO A., VITIELLO O., a: *Sulla datazione del manoscritto inedito di Sadi Carnot*, in F. Bevilacqua (ed.): *Atti VII Congr. Naz. Storia Fis.*, Padova, 1966, 149-154.
- DRAGO A., VITIELLO O., b: *Guida all'uso didattico delle « Riflessioni sulla potenza motrice del fuoco » di Sadi Carnot*, in F. Bevilacqua (ed.): op. cit., 135-160.
- DRAGO A., VITIELLO O., c: *L'evoluzione dell'idea di ciclo in Sadi Carnot*, in F. Bevilacqua (ed.): op. cit., 161-166.
- DRAGO A., VITIELLO O., d: *Sadi Carnot e le leggi dei gas*, in F. Bevilacqua (ed.): op. cit., 167-173.
- FOX R., a: *The caloric theory of gases*. Oxford, 1971, 155-195.
- FOX R., b: *The Rise and Fall of Laplacian Physics*. « Hist. St. in Phys. Sci. », 4, 1975, 89-136.
- FOX R., c: *Introduction*, in A. TATON (ed.), 1975, 35-34.
- FOX R., d: *Edition critique de: Sadi Carnot. Réflexions...* (op. cit.), Vrin, 1978.
- FUGHS H.L.: *Entropy in the teaching of introductory thermodynamics*. « Am. J. Phys. », 55, 1987, 215-219.
- GANNETT W.A., HERIVEL J.W.: *Un manuscrit inédit de Sadi Carnot*. « Revue d'histoire des Sciences et des leurs Applications », 1966, 151-166.
- GILLISPIE C.C., a: *Carnot, Lazare*, in C.C. Gillispie (ed.): *Dictionary of Scientific Biography*, Scribner's, New York, 1971, 70-79.
- GILLISPIE C.C., b: *The scientific work of Lazare Carnot, and its influence on that of his son*, in A. TATON, 1975, 23-32.
- KUHN T.S.: *The caloric theory of adiabatic compression*. « ISIS », 49, 1958, 132-140; *Sadi Carnot and the Cagnard engine*. « ISIS », 52, 1961, 567-574.
- MENDOLA E.: *Reflections on the Motive Power of Heat Engines*. Dover, 1960.
- POISSON D.S., a: *Sur la Vitesse du Son*. « Ann. Chem. Phys. », 23, 1823, 13.
- POISSON D.S., b: *Sur la Chaleur de Gas et des Vapeurs*. « Ann. Chem. Phys. », 23, 1823, 337-352.
- SCOTT W.L.: *The Conflict between Atomism and Conservation Theory (1644-1860)*. Elsevier, 1970.
- TATON A., (ed.): *Sadi Carnot et l'essor de la thermodynamique*. CNRS, Paris 1973.
- THOMSON J.: *Distinction Between Quasi-static Processes and Reversibility*. « Am. J. Phys. », 28, 1960, 119-122.
- TERREDELLO C.: *The Tragedy of Classical Thermodynamics (1822-1854)*. Springer, 1980.

ISAIA IANNACONE (*)

L'uso del minio come colorante e come cosmetico nell'antica Cina: sistematizzazione della terminologia

The Use of Minium as a Dye and as a Cosmetic in Ancient China: Debates of Interpretation.

ABSTRACT. — This study resolves to re-order systematically all the existing literature, regarding the use of minium in ancient China. We held that it is important to underline that metallurgy of lead in China is very old; from the bronze of the Shang period (c. 1766 BC-1122 BC), to the mirrors of the Zhou Dynasty (c. 1122 BC - 249 BC), to the gold ingots of the Han era (202 BC-220), there is archaeological evidence of the use of lead and its compounds.

Minium, in particular, was known as DAN FEN (cinabar powder) and ZHOU FEN (vermillion powder) and, according to the earliest literary testimonies, its manufacture dates back to the first half of the 5th century BC; in the Song era (960-1279) a particular chemical process allowed the attainment of minium by addition of acetic acid, sulphur and potassium nitrate to soften lead; the demand for minium in this period was enormous, to such an extent that its production was state controlled.

Minium was used as a dye and also in the field of cosmetics, so the expression HONG-FEN (pink powder) became synonymous with "woman" or "courtesan".

Despite the proven use of the minium, there are however some debates regarding interpretation since after all it is not clear in the antique texts whether the terms relative to these substances actually refer to it (minium), or, instead, to other lead oxides or to cinabar itself.

La metallurgia del Piombo in Cina è molto antica: dai bronzi del periodo Shang (c. 1766 a.C. - 1154 a.C.), agli specchi di epoca Zhou (c. 1122 a.C. - 249 a.C.), ai lingotti di epoca Han (206 a.C. - 220 d.C.), c'è la testimonianza dell'uso del piombo e dei suoi composti.

Prima di procedere all'esame della terminologia chimica del minio nelle fonti letterarie cinesi, elenco qui di seguito alcuni composti al fine di poterli identificare chimicamente nella successiva trattazione:

(*) Istituto Universitario Orientale di Napoli: Dipartimento di Studi Asiatici (Gruppo di Ricerca sulla Storia delle Scienze e delle Tecnologie dell'Asia Orientale).

Università di Napoli: Dipartimento di Fisica (Gruppo di Ricerca di Storia della Fisica).

- PbO : litargirio; cristallino di colore giallo rossastro, presenta dimorfismo con il massicot;
massicot; polverulento di colore giallastro, presenta dimorfismo con il litargirio;
- Pb_3O_4 : minio; minerale rosso lucido; chimicamente è $PbO_2 \cdot 2PbO$. E' ottenuto riscaldando con precauzione a 300° - $450^{\circ}C$ il massicot;
- HgS : cinabro; minerale rosso cupo;
vermiglione; rosso vivace scarlatto; è ottenuto artificialmente dal cinabro;
- $2PbCO_3 \cdot Pb(OH)_2$: biacca, questo carbonato basico è anche chiamato piombo bianco;
- $PbCO_3$: cerussite; minerale bianco.

Riassumiamo dalle referenze letterarie specifiche (in bibliografia) una breve analisi sulla conoscenza e sull'uso del minio nell'antica Cina; tracciando questo quadro storico-scientifico potremo meglio definire la portata delle conoscenze chimiche cinesi relative al piombo e rilevare la complessità interpretativa che riguarda la nomenclatura del minio.

Quale che sia il nome usato per il minio, è certo che la sua manifattura risale, secondo le testimonianze letterarie più antiche, alla prima metà del V secolo a.C.; un testo letterario ne descrive la preparazione dalla carbonizzazione della limatura di piombo ed il successivo utilizzo per ottenere la biacca (questo processo non era, all'epoca, ancora conosciuto in Occidente). Altri testi successivi attestano la perfetta conoscenza della manifattura del minio in tutte le epoche storiche. In particolare, nel periodo Song (960-1279) un procedimento chimico permetteva di ottenere il minio aggiungendo quantitativi di acido acetico, zolfo e nitrato di potassio al piombo fuso. La produzione di quel periodo fu enorme tanto che venne statalizzata; ci fu anche esportazione di minio come attesta il nome con cui esso era conosciuto in India: *cinapisitrā* (fiore di Cina).

Il minio era usato sia da solo che con gli altri pigmenti del piombo per la decorazione di prodotti ceramici ed in pittura murale anche se gli si preferiva il cinabro ed il vermiglione.

Il minio era anche usato in cosmetica; numerose testimonianze poetiche permettono di giungere alla conclusione che la polvere rossa spalmata per imbellettare le guance delle donne cinesi era un pigmento del piombo conosciuto sin dall'antichità: probabilmente il minio o il vermiglione. Frequentemente in letteratura si incontra l'espressione *bong fen* (polvere rosa) come sinonimo di donna o cortigiana.

Sono proprio le fonti letterarie a generare una certa confusione tra il minio e gli altri composti del piombo. Infatti, dall'epoca Han in poi, i nomi usati per il minio sono stati: *dan fen* (polvere di cinabro) e *zhu fen* (polvere vermiglia); il cinabro vero e proprio era connotato dai termini: *dan shao* (sabbia di cinabro) e *zhu sha* (sabbia vermiglia); mentre il vermiglione era: *yin zhu* (vermiglione).

MINIO Pb_3O_4

NOMI IN CINESE CLASSICO		NOMI IN CINESE MODERNO	
Dan fan (polvere di cinabro)	丹粉	CARATTERI NON SEMPLIFICATI:	
Dong dan (cinabro dell'est)	東丹	四氧化三鉛	
Hong dan (cinabro rosso)	紅丹	Si yang hua san qian	
Hong qian yang (piombo rosso ossidato)	紅鉛黃	CARATTERI SEMPLIFICATI:	
Huanghan (cinabro giallo)	黃丹	四氧化三鉛	
Qian dan (cinabro di piccolo)	鉛丹	Si yang hua san qian	
Qian hua (fiore di piombo)	鉛華		
Wei dan (pelle di cinabro)	韋丹		
Zhang dan (splendido cinabro)	彰丹		
Zhu fan (polvere veraglis)	朱粉		

* In questa formula, l'unico carattere semplificato è *qian* (piombo); letteralmente *si yang hua san qian* può essere tradotto con: 4, Ossigeno, anione, 3, Piombo.

Tabella 1: nomi attribuiti al minio in lingua cinese.

argentato). Ma questi non sono che i nomi più comuni; nell'esaminare i testi letterari e scientifici dal periodo pre-Han all'epoca Ming (1368-1644), sia gli ossidi che i solfuri di piombo vengono chiamati in tante altre maniere; in particolare, il nome in cinese del minio si presta in molti casi ad essere confuso con il cinabro. Ecco, quindi, la necessità di sistematizzare la nomenclatura del minio al fine di rendere più agevoli e precisi i lavori di traduzione. E' nata così la tabella 1.

L'enorme mole di dati a disposizione ha permesso l'organizzazione sistematica della nomenclatura del minio; resta però ancora da riordinare la terminologia che si riferisce agli altri composti del piombo che spesso vengono confusi con il minio. Mi riservo di effettuare questo lavoro in altra sede con la consapevolezza che la varietà della terminologia non è certo sintomo di idee confuse ma, al contrario, la ricchezza lessicale è lo specchio della ricchezza culturale della Cina che si esprime in un sistema linguistico complesso ma organicamente strutturato.

BIBLIOGRAFIA

- FORBES R.J.: *Metallurgy in Antiquity, a notebook for archaeologists and technologists*, Leiden 1950.
- GETTENS R.H.: *True and False Vermilion on Early Chinese Ceramics*, in «Far Eastern Ceramic Bulletin», marzo 1954.
- LI SHU ZHONG: *Bencao Gangou* (Trattato di farmacoterapia), Pechino 1985: l'opera, del secolo XVI, nella veste tipografica citata, è in cinese moderno con i caratteri semplificati.
- READ B.E.: *Chinese Materia Medica: Yutile & Shellfish Drugs Asian Drugs A Compendium of Minerals And Stones*, Taipei 1962.
- REICHE P.D.: *Spectrographic Studies on Ancient Glass. Chinese Glass from Pre-Han to T'ang Times*, in «Technical Studies in the Field of the Fine Arts», aprile, 1937.
- SHAFFER E.H.: *The Early History of Lead Pigments and Cosmetics in China*, in «Young Pao», 1956.

I seguenti dizionari:

- *Ying-Han Hsiao-Huangzong Cibai* (Vocabolario Inglese-Cinese di Chimica Industriale), Pechino 1979.
- *Huangzong Cidian* (Dizionario di Chimica Industriale), Pechino 1979.
- *Derse Hsiaoze Niteng Zhushi* (Dizionario di Chimica), Taipei 1985.

**Confronto tra la trattazione farmaco-chimica dell'oppio
fatta da uno studioso napoletano agli inizi del XIX secolo
e quella classica cinese del XVI secolo nel Bencao Gangmu**

Comparison Between the Pharmaceutical/Chemical Study of Opium by a Neapolitan Academic at the Beginning of the 19th Century and a Classical Chinese Study of the 16th Century in Bencao Gangmu.

ABSTRACT. — This paper analyses a small volume printed in Naples in 1804 with the title *Dell'oppio* by Francesco Calabò Anzalone. The text, until now unknown, is of great interest because it synthesizes with rigor a subject which was previously an area of bitter dispute in the scientific circles.

The small volume of C.A. shows surprising analogies, both formal and substantial, with the Chinese study on opium done at the end of the 16th century (in the Ming Dynasty) by the chemist Li Shizhen in *Bencao Gangmu* (study on Chemotherapy) which is a classic of Chinese scientific literature. These analogies are placed in evidence, and in particular it is emphasized how, in both the Chinese and Neapolitan texts, all the characteristics of a modern manual can be found: the clear technical language, the use of the numerous and appropriate citations, the great number of experimental observations, the critical evaluation of the properties of the drug and its effects, enough theoretical material to explain the mechanism of action, the shrewd therapeutic strategy, give the two works a consistent scientific depth, with, among other things, a narrative agility which makes the pleasant to read.

Although there is not enough evidence that the two texts can be put in direct relation, a hypothesis could be made i.e. that Neapolitan academic circles obtained scientific information from China; for this reason it is useful to remember that, at the time of C.A., for about 70 years the Collegio dei Gesuiti, founded by Matteo Ripa, operated in Naples, with the aim of training young Chinese people to send afterwards to the East as missionaries. This institution was in full evolution (the Istituto Universitario Orientale di Napoli is the cultural heir of this foundation) and provoked a cultural osmosis between East and West to which the pharmaceutical field certainly did not stay insensitive to.

(*) Istituto Universitario Orientale di Napoli: Dipartimento di Studi Asiatici (Gruppo di Ricerca sulla Storia delle Scienze e delle Tecnologie dell'Asia Orientale).

Università di Napoli: Dipartimento di Fisica (Gruppo di Ricerca di Storia della Fisica).

L'oppio nella farmacopea napoletana

La conoscenza e l'uso dell'oppio nella farmacopea napoletana risenti grandemente del dibattito accademico che su di esso infuriava in Europa nei secoli XVII e XVIII. Val la pena riassumere alcune grandi questioni sull'oppio al fine di poter penetrare successivamente con cognizione nelle argomentazioni proprie della scuola napoletana medico-botanico-naturalista.

Il primo problema scientifico connesso all'oppio fu quello di definirlo *caldo* oppure *freddo*. La discussione, già tra il '600 ed il '700 appassionò numerose menti illustri: alcuni, come il Falloppio, rifacendosi a Galeno che lo classificava tra le sostanze fredde, sostenevano questa tesi con complicate dissertazioni e crudeli esperimenti ed affermavano che l'oppio era talmente freddo da produrre la cecità. Altri, ricorrendo a dimostrazioni altrettanto complicate e farraginose, sostenevano che l'oppio era caldo.

Le due fazioni si fronteggiavano in dispute interminabili. I frigidisti, ad esempio, asserivano che l'oppio era formato da sedici parti fredde e una calda e le sue proprietà ipnotiche ed anestetiche non potevano derivare da una supposta calidità altrimenti tutte le sostanze calde avrebbero dovuto far dormire mentre ciò non avveniva. L'argomentazione era ribaltata dai calidisti: l'oppio non è freddo altrimenti tutte le sostanze fredde dovrebbero essere ipnotiche ed anestetiche e ciò non è; per dimostrare ciò i calidisti menzionavano risultati evidenti: l'oppio brucia, eccita la sete, esalta l'animo, stimola sessualmente, provoca prurito e sudore.

Tra le due schiere di contendenti c'erano coloro che cercavano di conciliare le opposte opinioni ed affermavano che l'oppio non era nè freddo nè caldo ma *tiepido*, cioè composto da particelle calde e fredde.

Ma anche questa ipotesi di mediazione veniva strumentalizzata ora dai frigidisti ora dai calidisti. Ad esempio, questi ultimi, quando gli esperimenti di Olao Borricchio su gatti e colombi dimostrarono che la narcosi era dovuta ad un « olio volatile » che si separa dall'oppio, che di per sè è « poco attivo », sostennero che se anche l'oppio era un misto di particelle fredde e calde, soltanto queste ultime erano componenti l'olio volatile e quindi responsabili dell'effetto narcotico.

Molti grandi dell'epoca presero posizione sulla questione; a titolo d'esempio, si possono citare Bacone tra i frigidisti ed il chimico Van Helmont tra i calidisti.

Anche il meccanismo d'azione dell'oppio fu oggetto di acceso dibattito; ad esempio, ci si chiedeva se l'oppio avesse sul cuore un'azione stimolante oppure se ne rallentasse il battito; e ci si domandava se l'oppio dovesse penetrare nel sangue per manifestare la sua azione narcotica.

Numerosi furono gli esperimenti fatti per chiarire questi interrogativi, da quelli di Comiguo sulle pernici, a quelli di Whytt sulle rane, a quelli di Bard su se stesso.

L'uso dell'oppio soprattutto su animali non rappresentò un'eccezione sperimentale, bensì derivò dalla mentalità indagativa che andava maturando nel mondo scientifico; tali esperienze favorirono la conoscenza farmacologica e la classificazione dei medicamenti, anche se nello studio non sempre prevalse « l'anima razionale ».

E proprio la classificazione, benca da poco tempo assarta a strumento di lavoro scientifico grazie a Linneo, fornì una sistematizzazione di tutto ciò che si sapeva sull'oppio, sulla sua provenienza, sul suo uso in campo medico e sul suo abuso.

Pioniere della classificazione fu il napoletano Ferrante Imperato che pubblicò nel 1799 una *Historia Naturale*, volume preziosissimo che testimonia l'esistenza in Napoli di una scuola naturalistica vivace e produttiva. In questo testo, che qualcuno impropriamente attribuisce ad un altro studioso napoletano, Nicolò Antonio Stelletta, sono raccolte con criterio innumerevoli ed esaurienti descrizioni di molte droghe. Non viene però nominato l'oppio anche se si parla del Papavero Spinoso, non a caso chiamato « Fico dell'Inferno », che viene illustrato anche iconograficamente.

Grande influenza sul mondo accademico napoletano ebbe la teoria di Brown che affermava che la maggior parte delle malattie erano asteniche (dovute a debolezza) e bisognava curarle con medicamenti stimolanti fra cui l'oppio. Queste idee di Brown costituirono un punto di riferimento costante per i medici e per i farmacologi napoletani. Fra di essi circolò anche l'opera di Niccolò Lemery che aveva sistematizzato le conoscenze sulle droghe e sul loro uso in un *Dizionario* incredibilmente denso di nozioni che ebbe grande considerazione nella farmacopea europea.

Numerosi ed illustri studiosi che insegnavano all'Università di Napoli, spinti dalle idee precedenti, infervorati dal dibattito suscitato da Brown, credettero opportuno prendere posizione sull'oppio e quindi esternare il loro parere sulla conoscenza delle malattie, sul loro decorso e sulla loro guarigione, intrecciando, così, un dialogo scientifico di alto valore con molti studiosi italiani ed europei che sperimentavano ed esercitavano in campo medico.

Nel 1796 si dà alle stampe a Napoli *Della Facoltà delle Piante* di Vincenzo Petagna « Pubblico Professore » di Botanica nella Regia Università di Napoli. In questo testo al *Papaverum Somniferum* sono dedicate più di 20 pagine; in esse il Petagna, convinto browniano, si sofferma a descrivere dettagliatamente le caratteristiche botaniche della pianta e a sottolineare l'importanza dell'oppio in moltissime malattie. L'oppio, che « impera » fra i farmaci, è « sovrano rimedio », « eroica medicina » e va usato per curare moltissime malattie.

Dell'oppio si occupò anche un altro illustre napoletano, Nicola Andria, Professore Decano della Regia Università di Napoli; egli pubblicò nel 1790 le *Istituzioni di Medicina Pratica* in cui emerge chiaramente la formazione browniana: le malattie sono quasi tutte asteniche e vanno curate con l'oppio.

1804: viene pubblicato a Napoli un libro che esalta l'uso terapeutico dell'oppio; alcune analogie tra esso e la trattazione che dell'oppio fece Li Shizhen, farmacologo cinese di epoca Ming.

Nella rassegna dedicata all'oppio ed al suo uso nella farmacopea napoletana, fa spicco un volumetto di 160 pagine, pubblicato a Napoli nel 1804, dal titolo *Dell'oppio* di Francesco Calabrò Anzalone. Il testo, finora sconosciuto, è di

grande interesse perchè sintetizza con rigore una materia che era stata precedentemente terreno di aspra contesa. Mai alcuna trattazione dell'oppio era stata così dettagliata e di ampia portata.

Il motivo per il quale sia stato scritto *Dell'oppio* è chiaro sin dalle prime righe della prefazione. L'Autore vuole combattere «...la credenza che l'oppio sia dotato di azione debilitante..., narcotica, sedativa ecc., anzichè stimolante»; questa credenza è per lo studioso napoletano, «folia maggiore di ogni altra follia». Egli si scaglia contro quei medici «vestiti non solo dell'antica spoglia dei pregiudizi, ma pur di un animo tristo dotati e di cuore malvagio», che screditano i loro colleghi che dell'oppio si servono a scopo terapeutico. Per chiarire ulteriormente i motivi del suo «ragionamento», il Calabrò Anzalone, nell'ammettere l'esistenza di «medici empirici», che talvolta usano l'oppio «a danno dell'ammalato», afferma che il suo scritto deve dimostrare che l'oppio, «bene ed opportunamente amministrato, in mano di un filosofo medico, non può riuscire dannoso alla salute degli uomini, ma bensì giovevole oltremodo», ed «il fine del... ragionamento è l'amore della salute» dei suoi «cari concittadini».

Dopo la prefazione, il libro si divide in sette capitoli:

- 1) Descrizione ed analisi dell'oppio.
- 2) Necessità di precisare l'azione dell'oppio sulla macchina umana.
- 3) L'oppio se si considera come veleno è stimolante.
- 4) L'oppio è stimolante per l'autorità dei pratici: emorragie; febbri; dolori; convulsioni.
- 5) L'oppio dimostrato stimolante per analogia.
- 6) Dilucidazioni alle obiezioni de' contrari: prima obiezione; seconda obiezione; terza obiezione.
- 7) Cagione del discredito dell'oppio. Conclusione.

Il volumetto *Dell'oppio* rappresenta una sintesi particolareggiata di tutto ciò che si sapeva fino a quel tempo su tale argomento; sono trattate efficacemente le notizie storiche, botaniche, chimiche diagnostiche, terapeutiche e farmacologiche, con abbondanti riferimenti ad esperimenti fatti con l'oppio da famosi studiosi; il tutto è impiantato su una visione filosofica-medica di puro stile browniano come voleva la tradizione accademica napoletana di quel periodo. Il libro, insomma, rappresenta un perfetto manuale scientifico di agevole lettura e consultazione, e ci dà la possibilità di approfondire in maniera esauriente le cognizioni che dell'oppio si avevano sino agli inizi del XIX secolo.

Per Calabrò Anzalone è falso definire l'oppio «veleno» giacchè «infinite sono quelle sostanze che per certi individui sono nocive in una maniera ignota, e che pure sono per natura loro assolutamente innocenti, anzichè veleni». Per corroborare questa affermazione, l'Autore porta una serie di esempi: veleno può essere «il vino il più puro, veleno l'acqua la più cristallina, ...veleno sarà Venere, ...la gioia, ...il pane...»; in definitiva, tutto può essere veleno quando se ne abusa. E gli stessi veleni, riconosciuti come tali, possono essere usati a scopi curativi: «Si sono curati gli idrocefali ostinati... col calometano (calomelano,

a.d.r.)... l'arsenico fu pure... adottato per debilitare le febbri... l'acido nitrico... ne' dolori reumatici, affilittici, nelle asteniche emorragie, specialmente dell'utero ».

Tutto questo disquisire serve al Calabrò Anzalone per arrivare all'oppio: « Se l'oppio con ragione dee essere classificato tra i veleni (cioè tra quelle sostanze la cui azione stimolante è di lunga mano maggiore a quella degli altri stimolanti, detti comunemente medicamenti) non dee essere pure stimolante, come lo sono gli altri veleni tutti? ». L'oppio è dunque un perfetto stimolante e deve essere quindi usato ma senza eccedere, giacchè « i veleni, stante la loro azione eccessivamente stimolante, diffusibile, aumentano celermente l'eccitamento, e presto cagionano la debolezza indiretta, la morte... ».

L'azione dei veleni, e quindi dell'oppio, è quella di produrre stimolazione; se la stimolazione è eccessiva, sopravviene la debolezza indiretta che porta alla morte.

Influenzato dagli esperimenti eseguiti sulle rane da Galvani e volti a scoprire l'azione dell'oppio sul sistema nervoso animale, Calabrò Anzalone spende diverse pagine per documentare l'efficacia dell'oppio a debellare qualunque febbre. Questo medicamento stimolante « accelera la circolazione, riscalda il sangue e lo rarefa », favorendone la fluidificazione e fornendo un effetto antifebbrile. Anche se l'Autore non usa la definizione di *freddo* per l'oppio, questo attributo può senz'altro essergli riconosciuto, giacchè l'abbassamento della temperatura che provoca è proprio il risultato dei rimedi freddi; e non potrebbe essere altrimenti, data la conclamata ammirazione per Bacone, spesso citato, che fu, come abbiamo già visto, un convinto frigidista per l'oppio.

Ma perchè l'oppio riesce a vincere qualunque febbre? E' semplice: le febbri sono tutte asteniche, come vuole Brown, quindi la medicina adatta deve essere stimolante, proprio come l'oppio che è lo stimolante per eccellenza.

L'oppio è vantaggioso anche per le emorragie prodotte da diatesi astenica; quelle provocate da diatesi stoniche sono altresì curabili con l'oppio giacchè, a causa della grande perdita di sangue, esse, da « attive » divengono « passive », maturando, quindi caratteristiche asteniche.

Ed ancora: l'oppio va bene per quei dolori che dipendono da debolezza, nelle convulsioni, nei « profluvj ventrali, l'asma, il catarro, la tisi, l'idropisia, la malinconia, la mania, la tosse, le malattie veneree ecc. ».

Quale sia il meccanismo d'azione dell'oppio è ormai chiaro per l'Autore: l'oppio « ...non è dunque sedante non è debilitante, non stupefacente »; comunque venga adoperato, è indubbio, lo dimostrano numerosi ed illustri esempi terapeutici, l'oppio ha una sola azione: è stimolante. Il Calabrò Anzalone conclude: « ...l'ammettere nell'oppio... due azioni, stimolante l'una, sedativa l'altra è una chiara conseguenza d'ignoranza chiarissima... ».

Come confermano molti studiosi, un'azione collaterale dell'oppio è quella di eccitare sessualmente, giacchè, accrescendo la quantità di seme, stimola « il venereo appetito »; ad esempio, nei soldati turchi che ne avevano fatto uso e poi erano andati in battaglia, « ...persisteva l'erezione del pene anche dopo la morte ». « Ma », avverte l'Autore, « l'accresciuta dose, e l'abuso di esso... rende gli uomini impotenti ».

Chi sono i popoli che usano l'oppio in maniera semplicistica e poco scientifica? Al primo posto stanno i Turchi che lo « adoprano... come il vino usano gli Europei »; poi gli Egiziani che utilizzano l'oppio a scopi afrodisiaci e poi i Cinesi.

Al termine della lettura, a *Dell'oppio* si devono senz'altro attribuire tutte le caratteristiche del perfetto manuale da consultazione: il chiaro linguaggio tecnico, l'uso di numerose ed appropriate citazioni, la valutazione critica delle proprietà della droga e dei suoi effetti con un tessuto teorico sufficiente a spiegarne il meccanismo d'azione, l'oculata strategia terapeutica ed il gran numero di osservazioni sperimentali, danno al volume un consistente spessore scientifico non privo, fra l'altro, di un'agilità narrativa che lo rende gradevole anche ad una lettura non finalizzata allo studio.

Questi aspetti del volume ricordano molto da vicino un'altra trattazione che dell'oppio si fece alla fine del XVI secolo ma non a Napoli, bensì in Cina. E' proprio nel *Trattato di Farmacoterapia (Bencao Gangmu)* di Li Shizhen che sotto le voci che riguardano l'oppio si riscontrano analogie formali e sostanziali con le considerazioni del Calabrò Anzalone.

Il *Bencao Gangmu*, stampato in Cina per la prima volta nel 1596, è il maggior trattato scientifico di epoca Ming; la sua importanza fu tale che venne ristampato più volte anche sotto la successiva dinastia Qing, alla metà del XVII secolo e verso la fine del XVIII. Nel citarne alcuni brani, ci serviremo della splendida traduzione commentata da Italo Molinari (in bibliografia).

Come quella del Calabrò Anzalone, anche l'impostazione di Li Shizhen è oltremodo rigorosa; l'oppio viene trattato sia dal punto di vista botanico che farmacoterapico e l'impressione che se ne ricava è che la droga fosse utilizzata con comprovata perizia (l'associazione ad altre sostanze o farmaci, con cui viene prescritta, fa presupporre una ricerca ed una sperimentazione attente e prolungate).

Ma vediamo le caratteristiche, o meglio il *qiwai* (odore-sapore), dell'oppio secondo il farmacologo cinese: i semi del *Papaver Somniferum* sono « per natura freddi... eliminano il caldo nocivo muovendo i venti e i poemi, sono ottimamente prescrivibili per nausea e vomito, diarree mucose e sanguinolente ». Le capsule sono « leggermente fredde », esse « arrestano le diarree, favoriscono il riassorbimento dei prolassi rettali, curano le polluzioni e le tossi croniche, esercitano un'azione fissatrice nei polmoni ed astringente sul tubo intestinale; curano tutti i dolori, del cuore, dello stomaco e delle articolazioni ». Li Shizhen però avverte: anche se le capsule del *Papaver Somniferum* hanno un effetto rapido, « esse sono micidiali come spade e sarebbe opportuno andare molto cauti nel loro impiego ». Per limitare gli effetti negativi delle capsule, bisogna associarle a medicinali ausiliari.

Le ricette indicate per le capsule da Li Shizhen sono scrupolose sia dal punto di vista qualitativo che quantitativo, ognuna è indicata per un determinato malanno: tre tipi di diarree perniciose (febbili con emorragia, cronica inarrestabile, acquosa incontenibile) e due tipi di tosse cronica (incontenibile e con emaciazione).

L'oppio vero e proprio, il succo dei fiori del *Papaver Somniferum*, « sarebbe

ottenuto in Arabia ». Il suo *qiwei* lo classifica come acido astringente, tiepido e leggermente tossico. L'oppio è indicato per le diarreie perniciose (croniche o con muco e sangue), i prolassi rettali cronici, le tossi croniche, le cefalee, la malaria, i dolori al basso ventre, ecc.; inoltre, può esercitare un'azione astringente sullo sperma. Li Shizhen precisa accuratamente le dosi d'oppio e delle sostanze che di volta in volta bisogna aggiungervi per avere l'effetto terapeutico desiderato (ad esempio: vino caldo, aceto, zenzero, finocchio, rami di salice, ecc.), specificando se da prendere come decotto o come emolita, o se bisogna inghiottire la droga in grani.

Certo, cercare di far coincidere il trattato che dell'oppio fa Calabrò Anzalone con quello di Li Shizhen, sarebbe forzoso e scorretto. Alcune analogie formali sono però evidenti, basti pensare alla supposta non calidità dell'oppio (per il farmacologo cinese i semi del *Papaver Somniferum* son freddi, le capsule leggermente fredde e l'oppio è tiepido). Ancora più evidenti sono le analogie sostanziali; infatti, per entrambi gli autori, l'oppio è un ottimo rimedio per tutti i mali, ma deve essere somministrato con cautela, ed inoltre le principali categorie di disturbi nelle quali trova applicazione, sono genericamente le stesse, quelle, cioè, in cui la droga, a causa della sua azione analgesica, antinfiammatoria ed inibitrice delle secrezioni delle mucose, ha un efficace utilizzo come sintomatico.

Naturalmente, non si vuole qui dimostrare alcuna relazione diretta tra i due testi, non esistono prove sufficienti che li colleghino; si potrebbero comunque anzitutto alcune ipotesi sull'acquisizione di informazioni scientifiche provenienti dalla Cina da parte dell'ambiente accademico partenopeo; a questo proposito, giova ricordare che all'epoca di Calabrò Anzalone, operava a Napoli, da circa un settantennio, il Collegio dei Cinesi, fondato da Matteo Ripa ed in pieno sviluppo. Questa istituzione, su cui già tanto si è scritto, provuò, volente o nolente, un'osmosi culturale tra Oriente e Occidente cui sicuramente il campo medico, per la sua peculiarità dovuta alla ricerca della salute, non restò certo insensibile. Ricordiamo che il Collegio dei Cinesi si è nel tempo trasformato, attualmente l'Istituto Universitario Orientale di Napoli è l'erede culturale di questa fondazione.

Ritornando ai due testi sull'oppio, quello napoletano e quello cinese, possiamo concludere che entrambi hanno una rigorosa impostazione scientifica: l'assenza del sovrannaturale, la ricerca sperimentale e quindi la consapevolezza della perfeitibilità dei risultati, la professionalità terapeutica ed il gran senso di responsabilità, sono caratteristiche evidenti in entrambi gli scritti.

BIBLIOGRAFIA

- ANDREA N.: *Istitutioni di Medicina Pratica*, Napoli 1812.
- BARB S.: *Dissertatio de viribus opii*, Edimburgo 1765.
- BENEDEVENTI A.: *Molai, Medici e Farmacisti*, Milano 1951.
- BOREGGIO O.: *De Somno et de Somniferis*, Lipsia 1681.
- CALABRÒ ANZALONE F.: *Dell'Oppio*, Napoli 1804.
- IMPERATO F.: *Historia Naturale, nella quale ordinatamente si tratta della diversa conditione di Mineræ, Pietre Pretiose, & altre curiosità con varie Historie di Piante e Animali, fin'hora non date in luce*, Venezia 1672.
- LEMEY N.: *Dizionario ovvero trattato minerale delle droghe semplici (in cui si trovano i loro differenti nomi, la loro origine, la loro scelta, i principj che hanno le loro qualità, la loro etimologia, e tutto ciò che s'ha di particolare negli Animali, nè Vegetabili, e nè Minerali)*, Venezia 1757.
- MOLINSARI I.: *Le voci «Papaver Somniferum» ed «Oppio» nel «Trattato di Farmacoterapia» (Bencao Gangna) di Li Shichen; alcune considerazioni sulla utilizzazione evolutiva e medica di questa droga nella Cina del XVI secolo*, in «Annali dell'Istituto Universitario Orientale di Napoli», Napoli 1980, v. 40, n.s. XXX, fasc. 3, pp. 503-535.
- PETRONIA V.: *Delle Facoltà delle Piante, trattato in cui si espongono le virtù delle piante, tanto di quelle adatte all'uso medico, quanto di quelle che servono ad altri usi nella civile economia, ordinato secondo il sistema sessuale di Linneo*, Napoli 1796.

CONCLUSIONI

Questo secondo convegno di storia della Chimica, tenuto due anni dopo quello di Torino, rappresenta la prova tangibile dell'impegno a continuare che aveva concluso i lavori in quella sede. Se consideriamo questi due convegni anche come una sorta di censimento delle ricerche in atto nel campo degli studi storici in Italia, si può constatare come il loro numero sia aumentato notevolmente e come siano ormai rappresentati quasi tutti i filoni della ricerca storiografica. Inoltre, la partecipazione di illustri studiosi stranieri, di storici di altre discipline scientifiche e la presenza consistente di ricercatori provenienti dall'area umanistica, costituiscono un segno dell'atteggiamento di apertura che caratterizza la nostra comunità nei riguardi di altre che possono vantare una tradizione molto più consolidata.

Riguardo ai rapporti con la componente di formazione umanistica, il convegno ha sicuramente rappresentato un'importante occasione di confronto tra chi arriva alla storia della scienza o di una singola disciplina scientifica a partire da una formazione e da un interesse di tipo filosofico e chi ha invece seguito in un certo senso il percorso inverso e ha alle spalle un'esperienza professionale di tipo scientifico.

Il convegno di Roma ha anche rappresentato un consolidamento del Gruppo Nazionale di Fondamenti e Storia della Chimica che, costituito in maniera quasi informale tra il 1984 e il 1985, annovera ormai più di 120 soci. Uno dei compiti che questo gruppo ha preso l'impegno di svolgere riguarda il coordinamento delle risorse materiali e umane che si rendano disponibili. Queste vanno dal finanziamento di progetti specifici di ricerca allo svolgimento di compiti di ordinamento e conservazione (archivi, raccolte di testi, strumentazione scientifica del passato, ecc.). Una funzione altrettanto importante che il gruppo si è impegnato a svolgere è quella della diffusione di notizie e della distribuzione di materiale che possa essere di aiuto a tutti coloro che sono impegnati in ricerche di storia della Chimica e che possa contribuire a suscitare l'interesse di quanti ancora non si sono accostati a questo tipo di studi.

L'augurio di poter assistere a un terzo convegno, ancora più vitale e ricco di contributi, ci sembra, di nuovo, il modo migliore di concludere.

INDICE DEI NOMI

- Alberto Magno, 60, 63
 Aldovrandi U., 57, 61
 Alfonso X il Saggio, 57, 60
 Andria N., 409
 Armstrong H. E., 199
 Arnolfo da Villanova, 63
 Arsenius S., 226, 276, 281
- Bacon F., 411
 Bacon R., 61, 63, 95
 Barclay A., 378
 Barker T. V., 206, 209, 212
 Barletti C., 141, 146
 Barlow W., 197-213
 Barrow W. J., 354, 363
 Becher J. J., 109
 Becquaert H., 262, 263
 Bergman T., 126, 129
 Bernal J. D., 21, 31
 Berthelot M., 65, 67
 Berthollet C. L., 127, 154, 136
 Bernellus J. J., 176, 192
 Biot J. B., 396
 Black J., 152
 Bloch F., 292, 293
 Boas M., 303
 Boerhaave H., 109-110
 Bohr N., 288
 Bonmandet A., 357, 363
 Born M., 287
 Bosovich R. J., 217
 Bottomley J., 228, 235
 Boyle R., 298-299, 303, 305-313
 Bragg W. H., 208, 210, 212
 Bragg W. L., 208, 209, 212
 Bravais A., 194, 201, 203, 211
 Brugnolli L. V., 124, 150, 152, 154-156
 Bruzi G., 254, 259
 Butcherfield H., 123
 Bynum W. F., 122
- Candwell D. S. L., 21, 31
 Carlo Emanuele I, 70
 Carlo Emanuele III, 90
 Carnot L., 320, 324, 326, 394, 397, 400, 402
 Carnot S., 320, 324, 391-402
 Cavendish H., 153
 Ceruti I., 258, 260
 Chappe C., 184
 Chaput J. A., 84, 357
 Clapèron E., 397, 400, 402
 Claudius R., 397
 Cohen B., 17
 Cole H., 25, 26, 28, 32
 Comte A. L., 301
 Condillac E. B. de, 106, 119, 154
 Crookes W., 269
 Croxland M., 110, 121, 123
 Curie M., 263-265
 Curie P., 201, 263-265
- D'Alembert, 97, 101
 Dalton J., 40, 50, 180, 319-322, 325, 326
 Dandolo V., 124, 146-148, 137
 Dary H., 235, 355
 Debus A. G., 124
 Debye P., 288-289
 Despretz C. M., 397, 402
 D'Holbae, 108, 117
 Diderot D., 97, 101, 108, 117, 120
 Dioscoride, 71, 385, 389, 390
 Dorneo G., 56, 60
 Du Pré F., 143, 146, 147
 Dumas J. B., 175-182
 Duven D. I., 104
- Earle F., 354, 363
 Eigen M., 331, 339, 340
 Emanuele Filiberto, 70
 Erastio, 54
 Ernes Trismegisto, 64
- Calceò Anzalone F., 409-414
 Cannizzaro S., 5, 322, 326
 Cantoe G. N., 122
 Carbuti M., 141, 143-147
- Fabbroni G., 124, 154, 357, 363
 Falk K. G., 227, 235
 Falloppio G., 408

Faraday M., 215-223, 268, 273
 Fedorov E. S., 201
 Flanders F., 280
 Folin D., 280
 Fontana F., 5, 121-131
 Fontana G., 149
 Forester W., 27
 Foucault A. F. de, 120, 142
 Fox R., 176, 392, 393, 402
 Frankland E., 28
 Fry H. S., 227, 235, 283

Gabir ibn Hayyan, 64, 67
 Galois J., 152
 Galeno, 385, 389, 390, 408
 Gallo A., 351-354, 359, 363
 Garzoni T., 82
 Gaudin M. A. A., 177
 Geber, 63, 67
 Geisler H., 268
 Gerardo da Cremona, 63
 Gerhardt C. F., 177
 Giacomini P., 385, 386, 390
 Giannuzzi P., 106, 107
 Gillispie C. C., 103, 104, 118, 119, 392, 402
 Giobert G. A., 141, 144-145, 147
 Goodman N., 11
 Groth P. H. von, 196, 202, 203, 211
 Guareschi I., 5, 148
 Guareschi R., 356, 363
 Guerlic H., 104, 119, 123
 Guynon de Morveau L. B., 151, 154, 156

Hales S., 109
 Hairy R. J., 194
 Heilbron J. L., 122
 Heisenberg W., 289, 292
 Helmont J. B. van, 306, 408
 Herst H., 270, 273
 Heyrovsky J., 240, 241, 247
 Hittorf M. W., 268, 273
 Hoffmann R., 298
 Holmes F. L., 123
 Hübel E., 287-296

Ibn Haldun, 65
 Imperato F., 409, 414
 Isidoro di Siviglia, 55

Jaines E. T., 330, 339
 Johnson O. C., 230, 232-233, 235
 Johnson W., 56, 60
 Jung C. G., 67
 Justus A. L., 118

Kahlenberg L., 280
 Kapoor S., 177
 Kekulé F. A., 274, 294, 397
 Kelvin, vedi Thomson W.
 Kendall J., 215, 222
 Kirwan R., 128, 152
 Kögel R., 356, 363
 Körner W., 235, 256, 260
 Koyré A., 321-322, 326
 Kuhn T., 13, 14, 15, 402

Lagrange J. L., 397
 Lakatal J., 119
 Lamarck J. B., 118
 Landriani M., 124, 125, 127, 130, 150-151
 Laplace P. S. de, 391, 400
 Laurent A., 177
 Lavoisier A. L., 104, 107, 122, 130, 140,
 150, 152, 159-163, 218, 317-318
 Lemery N., 409, 414
 Leonardi C., 55, 60
 Lepetit R., 254, 259, 260
 Levi M. G., 254, 258, 260
 Lewis G. N., 227-228, 235, 275, 284
 Li Shih-shen, 412, 413
 Linnaeus, 118
 Lobachevsky N. I., 321, 397
 Lomonosov M., 209-303
 Lorgna A. M., 141, 144, 147
 Lyon A. C., 278

Mc Ewoy J. E., 122
 Macquer P. J., 108, 110, 150, 150
 Marbodo, 55
 Marino C., 356
 Maxwell J. C., 267
 Meissel C., 21, 32
 Mellor D. P., 197, 211
 Mendeleieff D., 322, 326
 Messus G., 385, 386, 389, 390
 Miklati A., 239, 244
 Mitscherlich E., 195
 Molinari E., 254, 257, 258, 260
 Moers S. F., 187
 Morrell G., 235, 256, 259, 260
 Moscati P., 124, 130, 150
 Muhammad Bin Zakariyya al-Razi, 66
 Mulliken R. S., 290-291, 296, 298

Newton I., 316-317, 323
 Nobel A., 95
 Noyes W. A., 278, 279

Ostwald W., 186, 188, 227, 235, 239, 277,
 398

- Pannier L., 60
Paracelso, 70, 72, 306
Partington J. R., 123, 321, 326
Paterò E., 6, 232
Pauling L., 290, 294, 296
Perrin C. E., 104
Perrin J., 262, 270
Petagna V., 409, 414
Poggio A., 355
Pietro Leopoldo (Granduca di Toscana), 124
Pini E., 141-143, 153
Piria R., 190
Plank M., 17
Platone, 53, 54
Playfair L., 23, 32
Plinio, 56, 72, 77, 81, 358, 364
Polincot H., 262
Polson S. D., 391, 393, 397, 400, 402
Pope W. J., 199, 203-208, 211, 212
Porter R., 122
Pretorius C. I. A., 186, 188
Priestley J. B., 122, 127, 129, 130, 151, 153, 163
Prigogine I., 328, 330, 333, 340
Putnam H., 11

Quise W., 11

Rey J., 160
Richards T. W., 206-208, 212
Rocke A. J., 176
Röntgen W., 260, 261
Rossi L., 83
Rossi P., 122
Rouelle G. F., 108, 109, 118
Rousseau G. S., 122
Rousseau J. J., 103-120
Runka J., 56, 61, 67

Samuelson B., 26
Scheele C. W., 128, 130
Schnee C. J., 197
Schœnflies A., 201
Schuster A., 269

Schwartz B., 95
Sclopis V., 233
Scopoli G. A., 149, 150, 152
Selmi P., 226, 235
Semerario G., 237-249
Sereno C., 234, 239, 260
Shaffer S., 122
Shannon C. E., 330, 339
Schiff H., 189-192
Sigall A., 56, 60
Stator J. C., 290-291, 296
Solero A., 95
Solmske L., 201
Solmsbrino V., 69, 73, 76
Stimmering S. T., 183-188
Spallanzani L., 130, 149, 155-156
Stahl G. E., 128, 151, 154, 157, 160
Stapleton H. E., 61, 64, 67
Stieglitz J., 278

Tati G., 357, 363
Thiele J., 294
Thomson J. J., 270-272, 277, 281-285
Thomson W. (Lord Kelvin), 209, 212, 397
Tomasselli G., 142
Tralliano A., 385, 390
Truesdell C., 122
Tutton A. E. H., 205, 210, 211, 212, 213
Tyndall J., 213, 222

van't Hoff, 40, 50, 273, 289
Varley C. F., 269, 273
Venel G. F., 108
Vitrerio, 338, 364
Volta A., 124, 127, 130, 149, 150, 154

Wheatstone C., 187
Werner A., 277
Wiedemann E., 56, 60, 67
Williamson A., 28
Wohler F., 192

Zosimo di Panopoli, 64

INDICE ANALITICO

- acciarino, percussione dello, 142-148
 acqua, composizione della, 130
 addizione, vedi ossidazione
 adiabatic and non-adiabatic schemes, 45
 alchimia islamica, 56, 65-68
 alchimia islamica, metodi della, 66
 archimia, origini della, 64
 ammonio cloruro, 56-58, 205
 analogie, uso in biochimica, 332-334
 antichità, 55
 antimonio, 69-71
 antimonio, uso terapeutico, 71-73, 76
 aquila, vedi sale ammoniac
 aria fissa, 121, 125-129, 145-146
 aria flogistica, 145-146
 aria infiammabile, 144-146, 150
 aria nitrosa, 161, 162
 aria, composizione della, 161
 assemblage (in cristallografia), 194
 atomi puntuali, 207, 208, 217
 atomismo, 178-181, 319-320
 Avogadro, ipotesi di, 5, 180-181, 217, 323
- Bencao Gangnu, 412
 benzene e chimica quantistica, 291-295
 bianca, 404
 bilanciamento di un'equazione chimica, metodi di, 228, 234
 Boro-Oppenheimer approximation, 43
 Boyle e Mariotte, legge di, 392, 396
 British educational system, 21
 « broken symmetry » phenomenon, 39
 building-block approach, 36, 50
- calcinazione dei metalli, 109-110, 129, 141-144, 151, 159
 calorico, teoria del, 398
 calorico e entropia, 398, 400
 cerasine, 404
 chemical isomerism and Quantum Chemistry, 46
 chimica anoflogistica, 124, 141
 chimica pneumatica, 124-125, 144, 152
 chimica quantistica, 289-295
 chirality and Quantum Mechanics, 46
- ciclo termodinamico, concetto di, 392, 393-395
 cinabro, 404
 Classical Chemistry, 39
 central dogma of », 40
 classical realism, 36
 Clément e Desormes, legge di, 393, 395
 clock reactions, 329, 334-337
 Committee of Council on Education, 25
 composizione dei corpi, 137
 conceptions of the applied science, 379
 conducibilità in solventi non acquosi, 279
 continuità e storia delle idee, 10
 costante dielettrica, 282
 Cratilo (dialogo platonico), 53-54
- decodificazione, problemi della, 54-59
 density matrix, mixed state, 38
 Devouaire Commission, 26, 27, 29
 dicotomie e storia delle idee, 10
 dissociazione elettrolitica, storia della, 226, 276, 278
 doppio legame e chimica quantistica, 289-291
- E.P.R. correlations, 37, 50
 education of teachers, 29
 electronic structure theory, 41
 elementi aristotelici, 65, 317
 elementi chimici, tavola degli, 317-318
 elettronei, 283-284
 elettrone, scoperta dello, 271-272
 equazione di stato dei gas perfetti, 396, 397
 eteri, teoria del *doe*, 200
 radiometria, 125
- fabbricazione della carta, 368-375
 cellulosa nella », 369-370
 collatura nella », 373
 filosofia corpuscolare, 308-309
 fisica delle forze centrali, 391
 flogisto, teoria del, 108, 126-129, 141, 150-151, 160, 163
 forma cristallina e struttura molecolare, rapporti fra 197, 198, 203

Generator Coordinate Method, 43
glossaria, 55
Grande Opera, 54-59

larochimica, 311-312
immagini della scienza, 15, 16
impegni e devieti nelle tradizioni di ricerca,
15
isomorfismo, 195, 196
Istituto per la Patologia del Libro, 354

Journal de Rouler, 160

lapidari, 55, 57-58, 60
legame chimico, natura del, 277, 279, 281-
283
lessici, 55
liberal science college model, 24
liciviazione, 90-92
litargio, 404
livelli di realtà, 133-134

macchine termiche e termodinamica, 399
manuali e acquisizioni del sapere, 14
manicoc, 404
matrici disciplinari e paradigmi, 15
meccanismi di reazione, 278, 283
mito, uni del, 403-405
modelli e realtà, 11
molecole integranti, 194
molecular orbital model, 41
Molecular Quantum Mechanics, 39
molecole and Hamiltonian correspondence,
45
molecule concept, 35
momento dipolare, 282

niriere, 89
nome-oggetto rapporto, 54-59
non-adiabatic theories and molecular shape,
48
nonseparability, 38
notion of a scientific discipline, 22
nubadlar (sale ammoniaco), 56-58

oggetto di una scienza, 13
onomastica, 55
oppio e suo uso nella farmacia, 407-413
organizzazione di una teoria scientifica, 314-
324
oro, trasformazione dei metalli in, 65-68
ossidazione, 226-228
ossidazione del ferro, 141-143, 146
ossidazione-riduzione, reazioni di, 225, 234

ossigeno scoperta dello, 163
ossigeno, teoria dello, 142, 149-150, 154
ossinico, preparazione e proprietà, 383-389

pensiero convergente e divergente, 13
polarografia, origini della, 240
polonio, scoperta del, 265-265
polvere da sparo, fabbricazione della, 95-100
potential energy surfaces, 41, 46
Prigogine and Quantum Theory of Irrevers-
ibility, 48, 51
principi elementari, 138-140
principi spagirici, 306-309
programmi di ricerca, 15
Prout, ipotesi di, 181-2
pure and applied science, 19, 22

Quantum Chemistry, 39
Quantum Field Theory, 39
Quantum Theory of Substances, 39
réseau (in cristallografia), 194
radio, scoperta del, 263-265
raggi catodici, natura del, 267-272
raggi X, scoperta del, 261
rangite (in cristallografia), 194
realismo chimico, 137-138
restauro librario, 353-364
disinfezione e disinfezione, 358-360
rinvivimento degli inchiostri, 355-357
smacchiamento della carta, 357-358
retorica della rivoluzione, 11, 17
reversibilità, concetto di, 392, 398
riduzione, 226-228
riduzione delle calci metalliche, 161
riduzionismo e riduzionismi, 11
riduzionismo meccanicistico, 298-302, 313,
316
Rothschild report, 19, 31
Royal College of Chemistry, 22, 28
Royal School of Naval Architecture, 24
Ruland M., 56, 60

sale ammoniaco, 55-58, 61
sale d'Armenia, vedi sale ammoniaco
salnitro estrazione del, 90-92
salnitro, produzione del, 89-95
salnitro, raffinazione del, 92-95
Samuelson Committee, 26, 27, 29, 32
sapone, produzione del, 79-85
argilla, nella », 81, 83, 84
cenere, nella », 79-81
controllo di qualità, nella », 82-88
disinfezione e disinfezione, 358-360
grassi, nella », 81-82, 87, 88
olio d'oliva, nella », 79-82, 84
soda, nella », 79-81

scano gestaltico, 17
School of Mines, 23, 25, 26, 29
Science and Art Department, 23
Science Museum, 377
 Chemical Industry's gallery at », 379
 petroleum's gallery at », 379
 plastics' gallery at », 381
scienza moderna, interpretazioni sulla nascita della, 399
Second Reform Act, 26
separability, 37
separatura dei tessuti, 81
simmetria, classi di, 201
 simmetria, gruppi spaziali di, 201
Società professionali chimiche, nascita delle, 252
sostanze semplici, 65, 308-309, 317-318
stabilismo francese, 109-110
stato, concetto di (in termodinamica), 397
subina, 71-72
Strategic Science, 20
supersonic jets, 43
supporti per la scrittura, 366-368
symbiosa, 55

tartaro emetico, 72, 76
teaching of technology, 20
telegrafo di Siemens, 183-187
 telegrafo elettrico, 184, 187
 telegrafo ottico, 184
termodinamica, principi della, 400-401
termostigeno, teoria del 153-155
tintura dei tessuti, 81
tradizione e rivoluzione, 11
tradizione e ricerca, 15
trasmissioni e ricerca nelle scienze, 12

valenza, teoria della, 276
 valenza, teorie elettroniche della, 227, 230-233, 277, 281-285
vermiglione, 404
Victorian social processes, 21
Volta, applicazioni della pila di, 183-185
volumi di valenza, teoria dei, 204-210

Wernel, equivalenti di, 182
Wollaston, scala degli equivalenti di, 219

LISTA DEI PARTECIPANTI

- ABBRI Ferdinando, Qmiglia Rende
 (CS)
 ADAMO Carlo, Napoli
 AMAT DI SAN FILIPPO Paolo,
 Cagliari
 ANTIMIANI Rosanna, Roma
 ANTONIOTTI Paola, Torino
 ARNONE Caterina, Bologna
 ARTONI Maurizio, Parma
 ATTARDO Carla, Imola (BO)
 ATTINA PASCUCCI Vera, Roma
 BALZAMO Stefania, Roma
 BARBADORO Sergio, Roma
 BARTOLA Alberto, Roma
 BASSANI Angelo, Venezia
 BEI Fabio, Roma
 BENEDETTI Giorgio, Roma
 BENSI Paolo, Genova
 BERETTA Marco, Milano
 BERSANI Sergio, Roma
 BERTORELLI Nicoletta, Torino
 BOVI Tina, Roma
 BRANCA Mario, Sassari
 BUD Robert, London
 BUZZANCA SALVATORI, Maria
 Roma
 CALASCIBETTA Franco, Roma
 CARUSI Paola, Roma
 CERRUTI Luigi, Torino
 CERVONE Elena, Roma
 CLERICUZIO Antonio, Roma
 COLELLA Carmine, Napoli
 COLOMBINI Maria R., Castrovillari
 (CS)
 CONSIGLIO Giovanni, Bologna
- CONTI Renato, Roma
 CURI Ettore, Verona
 DEBEGNACH Michele, Roma
 DEL RE Giuseppe, Napoli
 DI CERBO Mario, Roma
 DI MAIO Giorgio, Roma
 DI MEO Antonio, Roma
 DI PALMA Wilma, Roma
 DI RENZO Francesco, Milano
 DRAGO Antonino, Napoli
 D'URBANO M. Serenella, Roma
 FABI Adriana, Roma
 FANTINI Bernardino, Roma
 FELICCIOTTI Jacqueline, Roma
 FINOCCHIARO Alfio, Roma
 FIORENTINI Carlo, Firenze
 FOSCHI Fausto, Roma
 GALLO NOVIELLO S., Roma
 GASLINI Beatrice, Roma
 GIAMMARIA Nicola Emilio, Roma
 GIORMANI Virgilio, Padova
 GIUSTI Giulia, Roma
 GRAZIANI Tiberio, Roma
 GRIMALDI Maria, Napoli
 IANNACCONI Isia, Napoli
 INCORVATI Giovanni, Roma
 KEHEYAN Yeghis, Roma
 LEVI Giulia, Torino
 LIGGERI Giancarlo, Roma
 LUPINI M. Angela, Roma
 MANZELLA Maria Teresa, Roma
 MANZELLI Paolo, Firenze
 MARINGOLA BRUGIOTTI
 A. Maria, Roma
 MARINI Giulio, Roma

MARINI-BETTOLO G. Battista,
Roma
MARINO Gianlorenzo, Perugia
MARSILI Maurizio, Roma
MICHELON Gianni, Venezia
MILITA Silvia, Roma
NACHIRA Anna Laura, Roma
NICOLINI Nicoletta, Roma
PADIGLIONE Claudia, Roma
PAOLONI Leonello, Palermo
PLOSSI ZAPPALÀ M. Grazia, Roma
ROBERTS Gerrylynn K.,
Milton Keynes (U.K.)
ROBOTTI Nadia, Genova
ROSA Mirella, Roma
SARACINO Paolo, Roma

SEMERANO Giovanni, Padova
SERGENTI Stefano, Roma
SOTGIU Francesca, Cagliari
TECCE Giorgio, Roma
TEGHIL Roberto, Tivoli (Roma)
TIRA Sergio, Torino
TORRACCA Eugenio, Roma
TURCHI Andrea, Roma
URBANI Flavia, Venezia
VENANZI Marco, Roma
VERNA Federico, Francavilla a Mare
(CH)
WOOLLEY R. Guy, Nottingham, U.K.
ZAPPALÀ Antonio, Roma
ZILIO GRANDI Ida, Venezia