

ACCADEMIA NAZIONALE DELLE SCIENZE  
detta dei XL

---

Atti del VI Convegno Nazionale di

# STORIA E FONDAMENTI DELLA CHIMICA

Organizzato da:

UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI CAGLIARI  
DIPARTIMENTO DI INGEGNERIA CHIMICA E MATERIALI  
GRUPPO NAZIONALE DI FONDAMENTI E STORIA DELLA CHIMICA  
ACCADEMIA NAZIONALE DELLE SCIENZE DETTA DEI XL

a cura di

PAOLO AMAT DI SAN FILIPPO




Cagliari, 4-7 Ottobre 1995

## Lista dei partecipanti

ABBRI FERDINANDO, Agliana (PT)  
AMAT DI SAN FILIPPO PAOLO, Cagliari  
BADIELLO ROBERTO, Bologna  
BALLIO ALESSANDRO, Roma  
BASSANI ANGELO, Venezia  
BENSAUDE VINCENT BERNADETTE, Parigi  
BERETTA MARCO, Firenze  
CALASCIBETTA FRANCO, Roma  
CARDONE FRANCESCO, Reggio Calabria  
CARUSI PAOLA, Roma  
CAU PAOLO, Sassari  
CERRUTI LUIGI, Torino  
CHESA MARIA GIUSEPPA, Cagliari  
CIARDI MARCO, Firenze  
CIUCCATOSTA VASCELLARI PATRIZIA,  
Cagliari  
COCCO IVANA, Cagliari  
CORRADINI GIORGIO, L'Aquila  
DALL'OLIO GIULIANO, Vicenza  
DEL RE GIUSEPPE, Napoli  
DRAGO ANTONINO, Napoli  
GAUDIANO ALDO, Roma  
GIORMANI VIRGILIO, Padova  
KRAGH HELGE, Oslo  
LUSSO LUISA, Cagliari  
MARINO GIANLORENZO, Perugia  
MASSIDDA MARIA VITTORIA, Cagliari  
MOSINI VALERIA, Roma  
NICOLINI NICOLETTA, Roma  
ORGIERA MARIA ROSARIA, Genova  
PAOLONI LEONELLO, Palermo  
PLOSSI ZAPPALÀ MARIAGRAZIA, Roma  
PONTICELLI GUSTAVO, Cagliari  
RAMBALDI GABRIELLA, Genova  
SCHERILLO GIULIA, Napoli  
SELIGARDI RAFFAELLA, Bologna  
SEMERANO GIOVANNI, Padova  
SOTGIU FRANCA, Cagliari  
SPEZZIGA MARIA ANIELLA, Cagliari  
TIRA SERGIO, Torino  
VASCONI PAOLA, Roma

## Ringraziamenti

Si ringraziano per il contributo finanziario concesso all'organizzazione del Convegno:

- Il Magnifico Rettore dell'Università di Cagliari
- L'Assessore agli Affari Generali della Regione Autonoma della Sardegna
- Il Comitato «Beni Culturali» del CNR
- La Società EUROBASE SpA di Milano
-  Fondazione Banco di Sardegna

ed inoltre:

- L'Accademia Nazionale delle Scienze, detta dei XL, per il patrocinio concesso, e per essersi assunta l'onere della stampa e della diffusione di questo volume degli Atti.
- Il Preside della Facoltà di Ingegneria per la concessione dell'Aula Magna.
- Il Dipartimento di Ingegneria Chimica e Materiali per gli anticipi di spesa, e per la gestione dei fondi.
- L'Assessorato al Turismo della Regione Autonoma della Sardegna, e l'Ente Sardo Industrie Turistiche (ESIT), per il materiale a stampa fornito.

## Programma del Convegno

### Mercoledì 4 Ottobre 1995

Aula Magna del Rettorato

Apertura del Convegno

*I Sessione* - Preside: L. PAOLONI

Conferenza del Prof. G. DEL RE (Università di Napoli): «La Chimica come Scienza della Complessità»

Conferenza del Prof. H. KRAGH (Università di Oslo): «History of Science Between the Sciences and the Humanities»

### Giovedì 5 Ottobre 1995

Aula Magna della Facoltà di Ingegneria

*II Sessione* - Presiede: L. PAOLONI

Conferenza del Prof. G. MARINO (Università di Perugia): «Pensiero creativo e progresso della Chimica»

A. DRAGO: «L'interpretazione strutturalistica della Storia della Scienza»

V. MOSINI: «Quale interpretazione della Chimica?»

G. SCHERILLO: «Melanina e Melanogenesi: una storia di Chimica non riproducibile e fluttuante»

*III Sessione* - Presiede: P. AMAT DI SAN FILIPPO

P. CARUSI: «Il rapporto Giabiriano 1:3:5:8, e l'*Introductio Arithmetica* di Nicomaco di Gerasa»

P. VASCONI: «Diffusione della Chimica antiflogistica in Germania»

M. CIARDI: «Chimica e Mineralogia in Lazzaro Spallanzani»

- R. SELIGARDI: «Uno *Sgraziato Esopo*: le reazioni italiane alla Teoria del Calorico di Lavoisier»
- A. BASSANI: «Il costituirsi della Chimica Analitica nel Veneto del primo Ottocento: il caso delle acque minerali di Civillina»
- P. CAU: «Didattica e Sperimentazione nella rinnovata Università degli Studi di Sassari: gli inventari del Laboratorio di Chimica»
- G. DALL'OLIO, R.M. DORIZZI, P. TELESFORO: «La Tossicologia e la Farmacologia Clinica nell'Ottocento»
- A. GAUDIANO, R.A. NICOLAUS: «Filippo e Carlo Cassola, due Chimici fra i Borbone e i Savoia»

### Venerdì 6 Ottobre 1995

Aula Magna della Facoltà di Ingegneria

IV Sessione - Presiede: P. AMAT DI SAN FILIPPO

Conferenza della Prof. B. BENSUADE VINCENT (Università di Parigi X Nanterre):  
«Lavoisier between history and memory: some reflections on the bicentennial images of Lavoisier»

F. CARDONE: «Raffaele Piria e la sua *Opera Chimica*»

L. PAOLONI: «Gli appunti del viaggio di Raffaele Piria in Inghilterra»

L. CERRUTI: «Il ponte, l'ombra, lo specchio. L'impresa scientifica secondo Dimitri Mendeleev»

N. NICOLINI: «Inquinanti ed inquinati, nell'Italia dell'800»

G. RAMBALDI: «La nascita dell'Industria Chimica nelle testimonianze di fine '800»

V Sessione - Presiede: L. PAOLONI

Conferenza del Prof. F. ABBRI (Università di Siena): «Lavoisier e l'Italia»

Conferenza del Prof. M. BERETTA (Istituto e Museo di Storia della Scienza, Firenze): «Fonti scientifiche italiane nell'opera di Lavoisier»

VI Sessione - Poster

R. BADIELLO: «Applicazione di alcuni principi di Chimica alle problematiche di Sicurezza ed Igiene del Lavoro»

M.R. ORGIERA: «L'educazione linguistica nella formazione degli insegnanti»

M. PLOSSI ZAPPALA: «Il cammino della carta nei secoli: dal secolo XI ad oggi»

**Sabato 7 Ottobre 1995**

Aula Magna della Facoltà di Ingegneria

VII Sessione - Presiede: G. MARINO

P. AMAT DI SAN FILIPPO: «L'Industria Chimica Italiana nel cinquantennio 1861-1911»

G. CORRADINI, G. SCHIPPA, R. VOLPE: «La fissazione dell'Azoto atmosferico»

G. SEMERANO: «I venti anni (1917-1937) di Arturo Miolati all'Università di Padova: realizzazioni e progetti»

F. CALASCIBETTA: *Work, Finish, Publish*: J. Heirovsky e l'ascesa della Polarografia negli anni tra il 1922 e il 1939»

Chiusura del Convegno

## Cronaca della seduta inaugurale

La cerimonia inaugurale del Convegno si è svolta nell'Aula Magna, al palazzo del Rettorato, opera settecentesca del capitano ingegnere piemontese Vassallo Belgrano di Famolasco. La seduta è iniziata con il discorso di benvenuto ai Convegnisti del Rettore Prof. Ing. Pasquale Mistretta, che ha sottolineato l'interesse dell'Università di Cagliari, ed il Suo in particolare, ai temi del Convegno.

Ha poi preso la parola il Prof. Alessandro Ballio, Segretario dell'Accademia Nazionale delle Scienze, detta dei XL. Dopo aver formulato, anche a nome del Presidente Prof. Gian Tommaso Scarascia Mugnozza, voti augurali per i lavori del Convegno, il Prof. Ballio ha confermato l'interesse dell'Accademia, sin dalla fondazione del Gruppo, all'attività scientifica e culturale che esso svolge, interesse concretizzato nella pubblicazione degli Atti del Convegno nei propri Rendiconti.

Il Presidente del Gruppo Nazionale di Fondamenti e Storia della Chimica, Prof. Leonello Paoloni, ha espresso al Rettore, a nome di tutti i Soci e suo personale, l'apprezzamento per aver Egli messo a disposizione la storica Aula Magna, per l'accoglienza calorosa fatta ai Convegnisti, ed ancora per il sostegno organizzativo e finanziario dato alla preparazione del Convegno sia dall'Università che dal Dipartimento di Ingegneria Chimica e Materiali. Il Presidente del GNFSFC, dopo aver ricordato la pronta disponibilità del Prof. Paolo Amat di San Filippo a farsi carico dell'organizzazione del Convegno, ha poi espresso a Lui, al Direttore del Dipartimento ed a tutti i loro collaboratori, il più vivo ringraziamento del Consiglio Direttivo del GNFSFC e di tutti i Convegnisti.

La cerimonia inaugurale si è conclusa con il discorso di benvenuto rivolto ai Convegnisti dal Direttore del Dipartimento, Prof. Luigi Masidda. Il Prof. Paolo Amat ha poi dichiarato aperti i lavori del VI Convegno Nazionale di Storia e Fondamenti della Chimica.

GIUSEPPE DEL RE (\*)

## La chimica come scienza della complessità (\*)

**Summary** - The new philosophy of science, which may be called 'the philosophy of complexity', considers science as a collection of disciplines studying the 'levels of complexity' of matter, characterized by the emergence of wholes with properties entirely new with respect to those of their parts. Chemistry has a special place, because it studies the lowest complexity level — the one where the wholes in question are molecules. An illustration of the nature and philosophical status of complexity using chemical examples allows to substantiate the claim that this makes chemistry the reference science for those reflections on complexity.

### *Scienza e complessità*

In questo articolo vorrei discutere il posto da assegnare alla chimica nella scienza e nella filosofia della natura secondo la Weltanschauung associata all'epistemologia della complessità. Secondo questa nuova prospettiva, proposta fra gli altri dal premio Nobel per la chimica Ilya Prigogine,<sup>1</sup> la costituzione dell'universo fisico è caratterizzata da una scala di livelli di complessità — quello delle particelle elementari, agli atomi, molecole, enzimi e altre macromolecole, macchine di ultima generazione, esseri unicellulari, e così fino ai mammiferi. In un oggetto che appartiene ad un certo livello di complessità livelli più bassi coesistono; per esempio, quando diciamo che una molecola è un sistema costituito da un certo numero di elettroni e da certi nuclei descriviamo la sua realtà — ciò che la molecola è — a un livello di complessità più basso di quello cui appar-

(\*) Università di Napoli.

(\*\*) Relazione presentata al VI Convegno Nazionale di «Storia e Fondamenti della Chimica» (Cagliari, 4-7 ottobre 1995).

<sup>1</sup> Si vedano le opere epistemologiche di Prigogine, in particolare I. PRIGOGINE e I. STENGERS, *La nouvelle Alliance* (Paris: Gallimard 1979); I. PRIGOGINE, I. STENGERS, *Entre le temps et l'éternité* (Paris: Champs Flammarion 1992).



tengono le molecole. Benché si possa descrivere la stessa realtà a livelli diversi, ad ogni livello valgono nuovi concetti e nuove leggi perché emergono nuove proprietà di quella stessa realtà oggettiva.

Il corpus della scienza si deve perciò vedere come un insieme di discipline diverse ognuna appartenente a un particolare livello di complessità. Le varie discipline sono tutte fondate su principi e leggi che soddisfano i principi fondamentali della fisica teorica, la quale ha uno statuto speciale perché si occupa delle leggi e dei costituenti ultimi del mondo fisico, ma non si riducono ad essa, perché ognuna ha ciò che la rende un campo di indagine indipendente.<sup>2</sup>

### *Il posto della chimica*

Nel quadro della nuova concezione della scienza e della Natura così definita, la chimica ha il compito di guardare alla materia cercando di ricondurre le sue proprietà a quelle delle entità caratteristiche del livello più basso in cui appaiono nuovi aspetti della realtà dovuti alla complessità, cioè delle molecole. Questo è giustificato dalla considerazione che la chimica differisce dagli altri rami della scienza in quanto è la scienza delle sostanze composte nella misura in cui sono sostanze; e, da quando fu enunciata l'ipotesi ormai consolidata di una corrispondenza univoca tra sostanze pure e specie molecolari,<sup>3</sup> essa è anche la scienza delle molecole nella misura in cui sono molecole. La limitazione «nella misura in cui» con riferimento alle molecole è necessaria per precisare che i chimici studiano le molecole non in generale, per esempio come particelle dotate di certe caratteristiche meccaniche ed elettromagnetiche, ma come edifici di atomi caratterizzati da una struttura che obbedisce a regole precise, i cui aggregati appaiono a livello macroscopico (livello di «accesso diretto») come le sostanze pure studiate appunto dalla chimica.<sup>4</sup>

La conoscenza della realtà molecolare è conoscenza del livello di complessità più semplice in cui equivalgono regole e concetti speciali. Perciò *la chimica merita lo statuto di scienza di riferimento per i filosofi impegnati in riflessioni sulla complessità.*

Questo è il punto che cercherò di illustrare in maggior dettaglio nei paragrafi seguenti, insieme ad un esame più ravvicinato della complessità in generale.

<sup>2</sup> MARIO BUNGE, «Is Chemistry a Branch of Physics?», *Z. f. Allg. Wissenschaftslehre*, 13, pp. 209-223, 1982.

<sup>3</sup> Dalton 1808, Avogadro 1811.

<sup>4</sup> G. DEL RE, «The historical perspective and the specificity of chemistry», *Epistemologia*, 10, 231-240 (1987).

*L'ascesa della complessità*

Parliamo spesso, dentro e fuori della scienza, di oggetti complessi. Diciamo che una sonda spaziale è una macchina molto complessa, che la soluzione di certe equazioni è una procedura complessa, che la biologia è una scienza molto complessa, e così via. Pensiamo di capire molto bene il termine «complesso», ma se ci chiedessero di dire a parole cosa significa avremmo qualche difficoltà. Talvolta significa soltanto «difficile e complicato»; normalmente significa «che consiste di molte parti». Si potrebbe sperare che l'applicazione del rigore scientifico debba aiutare a raggiungere una definizione più completa e precisa. Sfortunatamente non è così, perché la complessità non è una cosa come l'energia, per cui si può dare una precisa definizione «operativa». Uno dei pionieri di questo campo, il sociologo francese Edgar Morin, scrisse:<sup>5</sup>

La complexité, pour moi, c'est le défi, ce n'est pas la réponse  
— la complexità per me è la sfida, non la risposta.

Ciononostante, sono state fatte diverse proposte di definizione rigorosa. Fra esse, quella più ragionevole, studiata estesamente da Kolmogorov nella sua teoria algoritmica dell'informazione,<sup>6</sup> è probabilmente fornita dalla nuova disciplina chiamata teoria dell'informazione. Si comincia con l'osservazione che — almeno in linea di principio — con un dato numero e specie di 'mattoni' (particelle elementari, atomi, molecole, cellule, e così via), si può formare un'intera gamma di sistemi a complessità diversa, che vanno da sistemi con parti praticamente indipendenti (gas interstellare, una porzione di materia allo stato di plasma, le cellule di una cultura in cui si trovano molto lontane l'una dall'altra, ecc.) fino a sistemi che si comportano in maniera unitaria anche in condizioni avverse (sistemi di controllo, esseri viventi). In questa gamma un sistema verrà chiamato complesso se almeno una certa misura di interdipendenza delle parti *che dà luogo a proprietà che non sono somma delle proprietà delle parti* è indispensabile perché il sistema sia quello che è.

Come esempio fondamentale, ricordiamo che le proprietà di una molecola sono determinate non solo dalla natura degli atomi che la formano, ma dalla sua struttura (che i chimici rappresentano con la formula); e ci sono molti esempi di «isomeri», cioè molecole formate dalle stesse specie e dallo stesso numero di atomi che pure hanno proprietà completamente diverse, perché gli atomi sono disposti in strutture diverse. Le molecole dell'etere etilico, un leggero gas anestetico, sono formate da due atomi di carbonio, un atomo di ossigeno e sei atomi di idrogeno esattamente come quello dell'alcool etilico, quel liquido ben

<sup>5</sup> EDGAR MORIN, *Introduction à la pensée complexe* (Paris: ESF 1990), p. 134.

<sup>6</sup> A.N. KOLMOGOROV, «Three approaches to the quantitative definition of information», *Problemy Peredachii Informatsii*, 1, 3ff (1965).

noto che è amico dell'uomo purché non ci si avveleni bevendone troppo. Un altro esempio interessante sono le duecentodiciassette molecole (e quindi le duecentodiciassette sostanze diverse) più o meno stabili che si possono formare secondo le regole della chimica con sei atomi di carbonio e sei atomi di idrogeno, e di cui una è il ben noto liquido detto benzene.

Così, in generale, si possono formare sistemi diversi con le stesse parti e ciascuno avrà un diverso grado di complessità. Si può immaginare una misura quantitativa di questo grado. Per farlo si immagini che le parti del sistema siano completamente indipendenti. Si dividano in gruppi di parti identiche, e si consideri la lunghezza  $\ell_0$  del messaggio più corto (una «stringa» scritta in un linguaggio standard, diciamo cifre binarie) che è una descrizione completa di questo insieme fondamentale di parti, il quale non ha alcuna complessità se non eventualmente quella delle singole parti. Il messaggio sarà soddisfacente se contiene una descrizione completa di una parte per ciascun gruppo e il numero di parti contenute in quel gruppo. Si consideri poi la lunghezza  $\ell$  della stringa che rappresenta (nello stesso linguaggio) la descrizione completa più breve del sistema effettivo. Possiamo prendere il rapporto  $\ell/\ell_0$  come misura di quanto è complesso il sistema rispetto al semplice aggregato delle sue parti, perché maggiore è il numero delle proprietà che non corrispondono a proprietà delle parti maggiore è quel rapporto.

Questa definizione non è al di là di ogni critica e si potrebbe migliorare, ma qui basta come riferimento per discutere la natura della complessità. Tra l'altro ci permette di renderci conto che gli atomi di una molecola non contengono rispetto ai corrispondenti elettroni e nuclei tanta informazione in più quanta ne contiene la molecola: è per questo che una molecola è un sistema complesso.<sup>7</sup> La stessa considerazione vale per oggetti più familiari: può darsi che non siamo in grado di descrivere completamente un'entità come un cane, ma sembrano esserci pochi dubbi — specialmente dopo l'avvento della psicobiologia — che, malgrado la sua qualità di amico dell'uomo, in termini della differenza fra ciò che un vivente è come tale e ciò che è l'insieme dei suoi organi e tessuti (secondo la prescrizione della definizione informazionale data sopra) un cane è meno complesso di un essere umano.

L'emergenza dell'unità da insiemi di oggetti elementari è il problema centrale posto dal riconoscimento dell'importanza scientifica della complessità. La

<sup>7</sup> Si noti che qui e altrove si parla d'«informazione» al singolare intendendo «un insieme di proprietà caratterizzanti di un sistema fisico». Si dà informazione a un sistema impartendogli nuove proprietà caratteristiche. Quest'accezione del termine, che evidentemente sostituisce il termine «forma» introdotto da Aristotele, si è imposto in inglese quasi naturalmente perché in quella lingua la parola 'information' è già un singolare collettivo, e non indica una singola notizia (detta 'piece of information'). In italiano, come in francese, si presenta come una nuova accezione di un termine che ha altro significato, e però è indispensabile.

coesistenza di un sistema unitario e di quegli oggetti distinti (suscettibili di studio separato) che sono le sue parti è un nuovo argomento di studio, perché l'adozione di un punto di vista esclusivamente biologico e la mancanza di notizie di chimica aveva condotto la scienza aristotelica pre-moderna a considerare 'virtuali'<sup>8</sup> le parti di un sistema veramente unitario (diciamo, un organismo in attività); mentre la scienza moderna, fondata sulla meccanica, tende a ignorare che il tutto può contenere più informazione che non le sue parti. Con l'ascesa della biologia contemporanea e la fine del vitalismo è diventata urgente la necessità di riconciliare queste due visioni estreme.

### *Il tutto e le parti*

L'idea dell'Universo che regnò quasi indiscussa fino a tempi molto recenti, idea ben nota sotto il nome di riduzionismo, è quella della fisica, la quale vede il mondo come insieme di entità semplici da trattarsi ciascuna prima come sistema isolato e poi come capace di formare sistemi a molte particelle introducendo opportune interazioni con altri sistemi. L'abito mentale determinato da questo modo di vedere ha portato molti uomini di scienza a pensare che una volta note le proprietà delle parti un sistema è completamente conosciuto. Vorrei insistere ancora sul fatto che ciò non è vero, un po' perché una parte dell'informazione non è nelle parti (come nell'esempio degli isomeri dato sopra), ma soprattutto perché molta informazione è *latente* nella descrizione delle parti (per esempio, le regole della valenza). Recentemente è cominciato uno spostamento da questo atteggiamento a quello complementare, ed è comparsa la tendenza a vedere l'intero Universo come singolo sistema, le cui parti non sono trattate come sistemi quasi isolati, ma sono supposte definite dal loro mutuo «accoppiamento», sia diretto che indiretto. Intendo dire che il nuovo modello di riferimento non è più quello di un gruppo di individui ciascuno per suo conto, ma quello di un gruppo di individui che costituiscono un sistema il quale si comporta come un tutto. Questo nuovo modo di vedere è chiamato da molti «olismo», nome dato tradizionalmente al modo in cui gli scolastici considerano l'uomo, cioè come unità integrata del corpo in quanto sistema strutturato di organi e tessuti e dell'«anima» in quanto attività chimica coordinata che fa del corpo un essere vivente unitario.

Lo spostamento dal riduzionismo all'olismo si può riassumere nell'affermazione che il concetto di sistema ha mutato referente da un insieme di sottosistemi o particelle debolmente accoppiate a un intero fortemente integrato, come un organismo. Il pensare in termini di quest'ultimo referente ha prodotto, per esempio, la descrizione della biosfera come «quasi»-organismo, come nel caso

<sup>8</sup> P. HOENEN, *Cosmologia* (Roma: Pont. Univ. Gregoriana 1956).

dell'ipotesi «Gaia», e delle obiezioni sollevate contro di essa.<sup>9</sup> Seguendo un cammino diverso anche gli astrofisici sono giunti a pensare in termini di totalità, come e nelle teorie cosmologiche e in analisi critiche come quelle che soggiacciono al principio antropico.<sup>10</sup> Si potrebbe dire anche che nelle riflessioni sull'Universo la nostra filosofia della Natura sta tornando alla concezione tolemaica, beninteso non nella sua ipotesi geocentrica, ma nel riconoscimento che se è vero che tutto non è il tutto, come pretendevano gli Alchimisti, perlomeno ogni cosa dipende in una certa misura da ogni altra cosa, cosicché la realtà più completa è la Totalità a cui appartiene ogni cosa.

### *Amleto e la complessità*

Il cammino verso questo cambiamento di riferimento non è privo di ostacoli. A questo proposito val la pena di menzionare in particolare un enigma interessante che si incontra nell'applicazione del punto di vista euristico a interi come una molecola, una cellula, un corpo umano. La scienza attribuisce il fatto che quegli oggetti si comportano come unità alla cooperazione coerente delle loro parti, e cioè alla struttura nel caso di sistemi in equilibrio (come le molecole) e all'organizzazione nel caso di sistemi in stato stazionario lontano dall'equilibrio (come gli esseri viventi). Ogni parte partecipa all'attività del tutto con le sue proprietà specifiche, che sono le stesse di quelle che sarebbero in qualunque altro sistema capace di fornire le stesse condizioni ambienti o al contorno; esempi ne sono gli atomi di una molecola e organi come il cuore.

Ciò sembra implicare che malgrado tutto hanno ragione i riduzionisti, quando dicono che l'intero è l'insieme delle sue parti. È pur vero che l'intero ha proprietà che non sono soltanto la somma di quelle delle sue parti, anzi possono essere completamente nuove rispetto ad esse; ne abbiamo visto un'illustrazione che dovrebbe essere convincente con l'esempio dell'isomeria. Ma d'altra parte, dopo un esame attento, con lo stesso esempio vediamo bene che in un sistema complesso non c'è nulla se non le sue parti con le loro proprietà *in situ*, e perciò esso *dev'essere* l'insieme delle sue parti, sia pure in una configurazione particolare. Dobbiamo dunque dire, contro quello che avevamo concluso più su, che un sistema complesso unitario non è *altro* che la somma delle sue parti?

Queste considerazioni sembrano proporre un dilemma insolubile: un sistema complesso unitario è una realtà nuova, o non è altro che un modo di essere delle sue parti? Occorre vedere come superarlo. Si potrebbe obiettare

<sup>9</sup> JAMES E. LOVELOCK, «Hands up for the Gaia hypothesis», *Nature*, 344, pp. 100-102 (1990). Cf. *Nature*, 207, pp. 568-570 (1965).

<sup>10</sup> JOHN D. BARROW and FRANK J. TIPLER, *The anthropic cosmological principle* (Oxford: Oxford U. Press 1986).

che, dopo tutto, non siamo nella situazione di Amleto; perché dovremmo preoccuparci dell'essere o non essere di un sistema fisico, se questo non ostacola la nostra capacità di fare previsioni e progressi tecnologici? Il fatto è che, se non si trova un'uscita dal dilemma gli scienziati potrebbero essere spinti a tornare al riduzionismo, continuando a studiare le parti nella speranza di capire ciò che in esse non si può trovare, cioè le proprietà emergenti del tutto. E se non si è capito non si possono progettare nuovi esperimenti o nuovi procedimenti tecnici. Fortunatamente, il concetto di informazione, completato con l'altro concetto di livello di complessità, offre una via per uscire dal nostro dubbio amletico. Si tratta di rivedere quanto abbiamo esposto finora sotto la prospettiva aristotelica del «che-cos'è».

Supponiamo di chiedere agli uomini di scienza di dirci che cos'è un certo oggetto. Come già detto, a meno che l'interrogante non sia disposto ad accettare inutili parole in più (cioè delle «ridondanze»), quel che si chiede è l'elenco completo più breve delle proprietà che identificano quell'oggetto — una molecola, una cellula, un ciclamino, una stella di mare — senza ambiguità. Vale a dire che il che-cos'è di quell'oggetto è un messaggio equivalente al suo disegno tecnico, e deve contenere tutta l'informazione possibile su quell'oggetto. Come abbiamo visto la stringa che rappresenta quel messaggio deve avere una lunghezza maggiore della lunghezza della stringa che descrive una giustapposizione delle sue parti tale che non è possibile nessuna interazione tra essi. Possiamo dire anche che, se un sistema si comporta come un tutto e ha proprietà che le sue parti non possono avere, l'intero ha un contenuto d'informazione maggiore della somma delle sue parti, cioè che all'atto della sua formazione è emersa nuova «informazione». Beninteso, questo non significa che la conoscenza delle parti che formano un oggetto è irrilevante. È ovviamente importante sapere che una molecola di etanolo è costituita da due atomi di carbonio, un atomo di ossigeno e sei atomi di idrogeno, o che un uomo ha un cervello, un cuore, un fegato, e così via; ma può anche essere importante sapere, diciamo, che l'atomo di carbonio ha sei elettroni o che il cuore è fatto di certi tessuti. Perciò, le proprietà emergenti non sostituiscono l'informazione che riguarda le parti, ma l'arricchiscono.

Qui interviene la difficile questione delle proprietà latenti, che si spiega meglio di tutti sull'esempio di una molecola, e mette in evidenza l'origine di un aspetto controverso della chimica quantistica. La fisica sostiene che la sua teoria della meccanica quantistica può fornire equazioni (nella maggior parte le equazioni di Schrödinger) che permettono di calcolare tutto ciò che si può desiderare di sapere su una data molecola se sono noti gli atomi che la formano. I riduzionisti interpretano questo fatto come la prova che le informazioni sugli atomi comprendono tutte le informazioni sulla molecola, e pertanto la chimica non è che un capitolo della fisica.<sup>11</sup> Tuttavia, non si possono estrarre dall'equa-

<sup>11</sup> MARIO BUNGE, *op. cit.*

zione di Schrödinger certe informazioni, come il fatto che il carbonio forma sempre quattro e non più di quattro legami se non si sa già quello che si sta cercando.<sup>12</sup> In altre parole, per ricavare dalla meccanica quantistica la tetravalenza del carbonio, bisogna sapere già che cos'è un legame chimico, risolvere l'equazione di Schrödinger per trovare il numero di legami formati dal carbonio in un gran numero di molecole, e concludere che si ottiene sempre la risposta «quattro».<sup>13</sup> Forse un giorno un genio troverà una dimostrazione di questa regola. In ogni caso, è chiaro che nella descrizione fornita dall'equazione di Schrödinger parte dell'informazione relativa a una molecola (per non parlare di un sistema più complesso) è «latente», cioè è presente ma nascosta, esattamente come lo è nella Natura, da cui la estrassero i chimici del XIX secolo. Si potrebbe dire che si trova in essa come la ricchezza che uno potrebbe avere se sapesse che un tesoro è sepolto nel suo campo.

Insomma, quando si dice che sapendo quali sono gli atomi e come sono disposti nello spazio si sono date in linea di principio tutte le informazioni possibili su una molecola, si dice una cosa (quasi) esatta. Ma gran parte di quell'informazione è latente, come i pesci che abitano le profondità del mare. È solo quando si guarda alla molecola e alle sue simili che si vede in atto l'informazione potenziale nascosta nell'informazione sugli atomi. Con questo semplice esempio chimico si vede qui che l'espressione «emergenza dell'informazione» è veramente ben scelta per descrivere questo divenire attuale di nuova informazione quando si passa dagli atomi alle molecole, dai costituenti più semplici della materia a quelli meno semplici; nel corso di questo processo sono emerse dalle profondità del mare cose di ogni genere che c'erano ma di cui uno non immaginava nemmeno l'esistenza.

Ho detto «quasi esatta» perché in realtà la conoscenza degli atomi non specifica univocamente la molecola che si otterrà: abbiamo già considerato il problema posto dal fatto che gli stessi atomi possono formare isomeri diversi: Questo vuol dire che l'informazione latente nelle parti può anche avere un certo grado di indeterminazione e non essere sufficiente perché si possa scegliere tra un certo numero di possibilità. Lo stesso vale per la genetica: parte di ciò che l'organismo è dipende dagli effetti dell'ambiente.

Detto tutto questo, sembra chiaro che il dubbio amletico a proposito degli oggetti complessi si deve risolvere nel modo più salomonico. Abbiamo chiesto: «esistono realmente solo le parti o il tutto è la sola cosa reale?». L'«ontologia» della complessità risponde: «tutti e due». Si ha il diritto di considerare una molecola come null'altro che un insieme di atomi, a condizione che si tenga pre-

<sup>12</sup> G. DEL RE, «Binding: A Unifying Notion or a Pseudoconcept?», *Int. J. Quantum Chem.*, 19, 1057 (1981).

<sup>13</sup> B. NELANDER and G. DEL RE, «Chemical Bonds and Ab-Initio Molecular Calculations», *J. Chem. Phys.*, 52, 5225 (1970).

sente che gran parte dell'informazione è latente; per vedere effettivamente la realtà della molecola *come molecola* occorre guardarla direttamente. Può succedere che allora si perda di vista il fatto che essa è un insieme di atomi. Ma questo significa soltanto proprio che la molecola è al tempo stesso se stessa e un insieme di atomi. Vedremo ora che si può parlare addirittura di una realtà a molti strati.

### *Spiegazione scientifica e livelli di complessità*

La conclusione che la chimica ci ha consentito di ricavare dall'esempio semplice di una molecola si può generalizzare e arricchire usando il concetto di livello di complessità già introdotto, caro a Edgar Morin e al fisico franco-rumeno Bassarab Nicolescu.<sup>14</sup> Una cosa si può descrivere in modi diversi, in termini di molte particelle semplici con poche proprietà in termini di un numero minore di parti ciascuna con più proprietà, come singola unità.

Chiamiamo ognuna di queste descrizioni «livello di complessità», e si è visto nel paragrafo precedente che essa è anche un «livello di realtà» dell'Universo fisico. Livelli diversi differiscono per il numero delle parti e per la natura e l'importanza dell'informazione latente. I livelli più profondi, quelli studiati dalla fisica, consistono di molte parti con poche proprietà manifeste, e in quei livelli le proprietà dei possibili sistemi unitari sono largamente latenti; a livelli più alti gli stessi sistemi consistono di meno parti e le proprietà latenti sono in parte proprietà del tutto, in parte proprietà delle parti che appartengono a livelli più bassi e non sono implicati direttamente nel determinare le proprietà dei sistemi complessi che appartengono a quei livelli. Perciò in un oggetto c'è per così dire una scala di livelli di realtà. La sua intera realtà non è semplicemente un piolo, ma l'intera scala fino a una certa 'altezza', che dipende da quanto complesso è l'oggetto; anche se dobbiamo concedere ai biologi e agli antropologi che, quando quell'oggetto viene considerato parte di un gioco più vasto, conta solo il livello più alto: quando si studia il lupo come fattore dell'equilibrio biologico di una regione della Terra, si vuol sapere che cosa è il lupo come un tutto, o forse qualcosina sui suoi organi — denti, intestino, eccetera —, ma certamente non la sua descrizione quantomeccanica. Anzi, per amor di concisione possiamo dire che il livello più alto è il *livello di realtà* del lupo, anche se non intendiamo con ciò che nel lupo i livelli più bassi non sono reali; è vero proprio il contrario, perché in molti casi quei livelli consentono alla scienza di determinare il *meccanismo* mediante il quale si realizzano certe interazioni al livello più alto.

<sup>14</sup> M. CERUTI, E. MORIN (Cur.), *Simplicité et Complexité* (Marzo 1988 supplemento "50, rue de Varenne", Milano: Mondadori 1988); cf. in particolare BASARAB NICOLESCU, «Complexité et niveaux de réalité», pp. 38-43.



Rivediamo l'intero argomento in termini un po' diversi. Il numero, la natura e la configurazione degli elementi che costituiscono un sistema complesso (al livello più profondo le particelle elementari) costituiscono la condizione necessaria e in larga misura sufficiente perché esso sia ciò che è. A causa di questo, la fisica tende a risolvere tutta la complessità in unità elementari con il numero minimo possibile di gradi di libertà interni, cosicché le varie proprietà di un tutto vengono fuori come conseguenza della molteplicità dei moti possibili di un gran numero di particelle elementari che interagiscono tra loro. Perché si dovrebbe mettere in discussione l'affermazione che questa procedura che è così affascinante e ha avuto grandissimo successo, fornisce una *comprensione* sufficiente della realtà complessa, diciamo, di un organismo vivente o anche di una grande molecola? Abbiamo la risposta: a quel livello le proprietà nuove che risultano dalla struttura e organizzazione di un sistema complesso effettivo e specialmente le regole che le governano sono latenti; come dire che quelle proprietà nuove non si possono predire automaticamente usando soltanto quelle informazioni, anche se sono predeterminate in larga misura proprio dal numero, natura e disposizione dei costituenti. La stessa esistenza di quelle proprietà non si può ricavare (anche se un genio potrebbe congetturarla) dalle proprietà delle particelle e delle equazioni che governano la loro interazione mutua. In taluni casi, per esempio con gli isomeri delle molecole, accade addirittura che sono compatibili con la costituzione elementare varie possibilità, cosicché non è possibile alcuna previsione riguardo all'isomero con cui si ha a che fare in un caso particolare.

Abbiamo detto che un livello di complessità è tanto più basso quanto più grande è il numero di parti simili e quanto più piccolo è il numero di proprietà diverse che si devono attribuire a quelle parti individualmente. Per esempio, un basso livello di complessità di un organismo è quello degli atomi che lo costituiscono: un grandissimo numero di atomi di idrogeno, carbonio, azoto, ossigeno, fosforo, zolfo, ferro e pochi altri con una decina di proprietà ciascuno sono tutto ciò che è necessario per descrivere completamente un organismo a livello atomico; ma a quel livello, naturalmente, anche proprietà relativamente semplici come la capacità di auto replicazione del DNA sarebbero inconcepibili se non fossero note in anticipo. Per di più, c'è un numero astronomico di configurazioni possibili di quegli atomi, e non c'è nulla nelle informazioni che abbiamo su di essi che possa consentirci di dire quali di esse darà luogo a un organismo vivente. Pertanto, in generale, il livello atomico non rappresenta l'intera *realtà* di qualsiasi organismo vivente. Se saliamo a livello molecolare, si possono capire e scoprire molte più cose; perciò abbiamo a che fare con un livello di complessità più alto. Si può spiegare il comportamento di una molecola in termini delle regole generali che governano le relazioni struttura-proprietà delle molecole. In questo modo si dà quella che si può chiamare una spiegazione 'orizzontale'. Questa considerazione, fatta per la prima volta, per quanto ne so,

in un lavoro fondamentale di Theobald,<sup>15</sup> fa capire perché la chimica è radicalmente diversa dalla fisica. Tuttavia, come ho già ricordato, esiste anche un tipo di spiegazione *a posteriori* che può essere importante e che è resa possibile dal riferimento a un livello più basso: si tratta di quella spiegazione 'verticale' con la quale uno dice, per esempio, «questa molecola è particolarmente pesante perché contiene un atomo di rutenio»; oppure «lo spettro in raggi X di questa molecola mostra una riga che corrisponde a un atomo di sodio». Si fa riferimento allora a una proprietà addittiva (massa) o a una proprietà degli atomi (spettri a raggi X) che non è influenzata dalla formazione dei legami chimici. Anche quando si dice: «questa molecola forma un catione idrogenato perché contiene un atomo di azoto con una coppia elettronica solitaria», si scende al livello di complessità inferiore, perché, sebbene il concetto di coppia solitaria appartenga alla teoria molecolare, si sta invocando la struttura elettronica degli atomi. Allo stesso modo, in biologia molecolare si possono interpretare molte proprietà degli enzimi considerando soltanto la loro struttura molecolare e, poiché gli 'oggetti elementari' del livello di complessità studiato dalla biologia molecolare sono le macromolecole, si può spiegare perché si comportano nel modo con cui si comportano a livello biologico prendendo in considerazione la loro struttura molecolare; ma non si può spiegare in questo modo perché un certo enzima è presente in un certo organismo e non in un altro.

Prendiamo ora il sistema più complesso che conosciamo, l'uomo. Possiamo dire che un essere umano è un insieme di molecole, ma allora non stiamo descrivendo la sua intera realtà, perché un uomo è di gran lunga più di questo. Abbiamo guardato a un livello basso di complessità (o di realtà), ma ce ne sono di più alti. Si può dare una descrizione meno incompleta considerando meno parti, ciascuna delle quali è meno complessa di una molecola, come quando si dice che un uomo è uno speciale insieme ordinato dei suoi organi. Allora si ha a che fare con un livello di complessità più alto. Salendo la scala si arriva al livello che è stato oggetto di studi da parte di filosofi e pensatori di tutte le età: quello in cui si considerano come 'parti' la mente e la psiche emotiva, la 'noe-psiche' e la 'timopsiche' (da *νοῦς*, nous, e *θυμός*, thymos, rispettivamente). Ma anche questo non fornisce la descrizione completa, perché dall'interazione delle emozioni e dalla fredda logica emergono molte nuove proprietà ed attività degli esseri umani: si pensi alla poesia, si pensi a ciò che è rivelato sulla realtà dell'uomo dalla stessa esistenza di opere come la Commedia di Dante, il Faust di Goethe e i Quattro Quartetti di Eliot.

<sup>15</sup> D.W. THEOBALD, «Some considerations on the philosophy of chemistry», *Chem. Soc. Revs.*, 5, pp. 203-213 (1976).

*La chimica come referente per le riflessioni sulla complessità*

Mentre l'antropologia tratta il livello più alto di complessità della piramide che termina con gli esseri viventi, la chimica è all'altra estremità della scala; come ho già ricordato, essa ha il compito di guardare alla materia cercando di ricondurre le sue proprietà a quelle delle entità caratteristiche del livello più basso in cui compaiono nuovi aspetti della realtà dovuti alla complessità, cioè le molecole. A differenza dagli atomi e dai nuclei, le molecole non sono solo configurazioni speciali di particelle elementari; esse sono l'esempio più semplice di entità persistenti dello stesso tipo la cui diversità incredibilmente ricca richiede una scienza apposita.

Proprio la considerazione che il livello di complessità delle molecole è il livello più basso in cui si trovano delle unità che richiedono concetti e leggi *ad hoc* è forse la ragione principale per cui la chimica è un referente essenziale della filosofia della scienza e della Natura. Il fatto stesso che abbiamo potuto usare esempi chimici per illustrare gli aspetti più significativi della filosofia naturale della complessità sono forse una prova sufficiente di questa tesi. Inoltre, le molecole sono i sistemi più semplici per cui vale l'epistemologia a lungo trascurata di Aristotele, giacché, almeno quando si confrontano molecole di specie diverse, ogni molecola ha delle caratteristiche che ne fanno *precisamente quella* molecola e non qualcosa d'altro. Questo è il primo passo per l'introduzione del concetto di *quidditas*, il 'che-cos'è' di una cosa. Questo concetto riemergente è completamente estraneo all'epistemologia venuta fuori dal circolo di Vienna, com'è dimostrato dall'affermazione di Popper secondo cui la scienza dimostra che il mondo consiste di «eventi e processi», e le domande sul 'che-cos'è' sono prive di significato.<sup>16</sup>

Insieme a entità che meritano di esser chiamate tali, la chimica porta alla filosofia della Natura il concetto di meccanismo nel senso di Ingold.<sup>17</sup> Quel concetto è della massima importanza, perché, malgrado il nome, esso fa a meno dei concetti fondamentali della meccanica (forze e velocità), e attribuisce la trasformazione di una molecola o sistema alla sua «natura» — cioè alla sua struttura in termini di atomi e legami. Come è noto, il potere euristico dei meccanismi di reazione è una prova sufficiente della loro validità. Essi illustrano ciò che si potrebbe chiamare 'dinamica orizzontale', per dire che essi stabiliscono cammini e regole di trasformazione di sistemi che appartengono a uno stesso livello di complessità. Può essere utile ricordare al lettore che al livello degli organismi

<sup>16</sup> KARL R. POPPER, JOHN C. ECCLES, *The self and its brain* (Berlin: Springer International 1978), pp. 7, 100.

<sup>17</sup> C.K. INGOLD, *Structure and Mechanism in organic chemistry* (London: Bell 1962<sup>2</sup>); per gli studi epistemologici più recenti, v. F. MICHAEL AKEROYD, in *Proc. 2nd Erlenmeyer Kolloquium*, Marburg, Germany 11/12 November 1994.

viventi le teorie standard dell'evoluzione hanno la stessa natura 'orizzontale', mentre ciò che vien chiamato 'evoluzione chimica' appartiene al livello della biologia molecolare.

Il fatto che le reazioni chimiche ammettono una spiegazione 'orizzontale' non vuol dire, naturalmente, che i tentativi di tradurre i processi chimici nel linguaggio della meccanica classica e quantistica sono destinati a fallire; anzi, dalla teoria dello stato di transizione<sup>18</sup> fino ai calcoli di dinamica molecolare,<sup>19</sup> quei tentativi hanno avuto una dose significativa di successo. Essi sono filosoficamente importanti, perché, fin quando non è accompagnata dalla pretesa di eliminare la necessità di una teoria propria di un dato livello di complessità, la riduzione alla fisica è un contributo molto valido alla conservazione dell'unità della scienza.

<sup>18</sup> S. GLASSTONE, K.J. LAIDLER, H. EYRING, *The theory of rate processes* (New York: McGraw-Hill 1941).

<sup>19</sup> W. VAN GUNSTEREN, H.J.C. BERENSEN, «Molecular dynamics computer simulation: method, applications and perspectives in chemistry», *Angew. Chem.*, 102 (9), 1020-1055 (1990).

HELGE KRAGH (\*)

## **History of Science Between the Sciences and the Humanities (\*\*)**

As indicated by the title of this paper, history of science is a peculiar scholarly activity for the reason that it is, at the same time, a humanistic and scientific area of learning. It is this peculiarity that I want to reflect upon, among other things. Before proceeding, allow me to mention a few points relating to my own career, not because they are particularly interesting, but because they may illustrate how a historian of science is in many ways professionally a split person with a leg — and presumably mind, too — located in both of the dominant cultures of our time, the humanistic and the scientific. Unlike most historians of science of the younger generation I have never received formal training in history, or in history of science, but came to the field with a training in physics and chemistry. After a long period as a teacher in these fields, doing history of science in my spare time, I have by now ended up as professor of history of science, being the occupant of a new chair in this field at the Faculty of the Humanities at the University of Oslo. I mention this because I am now, per definition, a 'humanist' in an environment which is very different from the one I used to be familiar with. In this position I witness at close hold the famous culture gap between the literary-humanistic world and the scientific-technological world. I also experienced this gap when I was associate professor at Cornell University, with a position shared between the departments of physics and history.

This situation of being split between two worlds has already caused me a great deal of trouble, personally and administratively, and I have been rather schocked to observe how deep the gap between the two cultures is and how difficult it is to bridge it. This paper is in part a personal, hence subjective (and even prejudicial),

(\*) Centre for Technology and Culture, University of Oslo.

(\*\*) Presented at the VI National Meeting «Storia e Fondamenti della Chimica» (Cagliari, 4-7 october 1995).

comment on some recent trends in the history of science, which is my excuse for bringing the author so immodestly into the introduction. With subjectivity and limited space follows a certain superficiality, I admit.

### *The Two Cultures*

When C. P. Snow back in the 1950s wrote his famous book about the two cultures,<sup>1</sup> he used as an illustration of how deeply the literary-humanistic culture has penetrated the notion of the educated citizen that ignorance about Shakespeare's characters would automatically be taken for an embarrassing lack of culture; whereas ignorance about the second law of thermodynamics was not only excusable, it was even considered good manners not to contaminate one's mind with such an abstruse scientific notion. I am sorry to say that, according to my experience, the situation has not improved over the years. We, whether being scientists or historians of science, have not succeeded in making the culture of science part of the generally recognized culture, and today the second law is as far away from the minds of the humanists as it was in Snow's days.

This is not to say that humanist scholars and liberal arts students are not interested in science at all, but the overwhelming majority of them are plainly ignorant and their interest is limited to the most superficial and rhetorical level. There is much *talk about* science and technology on the humanist campuses, but it is talk about science in the most general and uncommitted terms; it is dominated by theoretical discussions that do not relate to science proper, but to what philosophers, sociologists and literary critics of science may have to say about the matter in their most recent works.

An example: I recently attended a seminar on Heidegger's view of science in which the German philosopher's writings, and later commentators' interpretations of these writings, were discussed as if they reflected a deep insight in the nature and development of the sciences. When I objected that Heidegger evidently knew nothing about science, was not seriously interested in science, and had never bothered to study the history and philosophy of science, my objection was met with silence. The actual development of science was clearly seen as irrelevant to the discussion. In such an environment it will be taken for bad manners indeed if one asks about the changing roles of entropy in chemical theory.

If we turn to the scientists and engineers, things are different, but not necessarily better. Shakespeare is probably as well known among chemists as among anthropologists, and in general scientists have more humanistic culture than humanists have scientific culture. But this does not mean that scientists are

<sup>1</sup> C.P. SNOW, *The Two Cultures and a Second Look* (Cambridge: Cambridge University Press, 1966).

particularly broadly oriented or have been able to transcend the culture gap. It is simply a reflection of the general dominance of literary-humanistic values in modern society. When it comes to their own branches of knowledge, science and technology, scientists are — with some notable exceptions, of course — uninterested and unknowledgeable about the historical developments and the philosophical implications of the sciences. Moreover, the scientists are much less visible than the humanists in the debates which after all take place in newspapers and journals concerning the interaction between the two cultures or the social consequences of new developments in science and technology. It is unfortunately part of the education and socialization of scientists that they are encouraged to keep within their own world and discouraged to enter public debates.

The dominant position which literary-humanist culture enjoys is reflected with particular clarity in the students' choices of higher educations. In North America and many European countries fields such as philosophy, literature, theology, and cultural sociology are enormously popular. Physics, chemistry, and the engineering sciences, on the other hand, have increasing difficulties to recruit enough students to their expensive schools and laboratories; and this is spite of massive efforts, sometimes verging on propaganda, to attract students to these fields, supposed to be more useful for the modern society. This development is not necessarily a bad thing. However, I find it catastrophic if a large majority of our students can graduate without knowing a thing about science and technology — and I find it even more catastrophic if the bits of knowledge they are offered about these fields are the quasi-knowledge propagated by fashionable philosophers and literary critics.

### *History of Science: a Cure?*

After this rather gloomy and admittedly subjective presentation of the culture gap I want to turn to history of science and ask if this field of scholarship can and should serve as a possible bridge between the two cultures. Sarton strongly believed so, and the idea served as a basis for history of science during the wars; however, it largely remained an idea. Yet the idea is persuasive: history of science is by its very nature bi-cultural, being the historical (and hence humanistic) study of the development of the sciences. It is important to stress that history of science is different from the sciences, and that its subject is the sciences and the scientists, not nature — a point to which I shall return.

It is a fact that for a period of some 2,500 years a distinct activity called science has evolved as a study of nature and that this activity through most of its development has been closely related to other cultural, ideological, economic, and political developments. It is also a fact that science has become increasingly more important to society and that the number of scientists has increased continually since the Scientific Revolution during which modern science really took off. It is *not*

a fact that science is the mother of invention, but on the other hand it is beyond dispute that in general science (whether 'pure' or applied) has contributed greatly to the advance of technology and in some cases even provided the basis for entire industries. So it would be difficult to deny that science has been, and continues to be, a powerful cultural force that has thoroughly shaped our material and spiritual situation. For this reason alone history of science ought to be a prime field of interest to humanists and others concerned with how the world has become to be what it is. But science is much more; it is also, and perhaps primarily, a way of determining ever more reliably how nature works. So, at least, most scientists believe.

Now some philosophers argue that although science has increased quantitatively, institutionally and socially, scientific knowledge has not necessarily progressed and that, cognitively, science is not a superior or unique way of obtaining objective knowledge about nature. With regard to my argument for history of science this much-discussed question is somewhat beyond the point, but let me mention anyway that I find it difficult to take it seriously in its simple form. One doesn't have to indulge in philosophical discussions over notions such as correspondence, theory-ladenness and meaning-incompatibility in order to see how ridiculous the claim is. All what one has to do is too look at the cognitive level of science in, say, the sixteenth century and compare it to the present level. What knowledgeable person can seriously claim that we do not know more about chemical compounds and their reactions today than Boyle and his contemporaries did? And yet, strange as it may seem, this kind of radical claims are defended by a growing school of postmodernist scholars, for whom the notion of progress in science is nothing but ideology. Postmodernism, as well known, is high fashion among humanists and also has found support among some historians of science.<sup>2</sup> Needless to say, it is not the kind of fashion which facilitates communication with the scientific communities. More about this later.

But this was a digression. The important thing is simply the recognition that science has played an enormously influential role in the history of humankind and that presently its role is as great as ever. In spite of our culture being literary and humanistic, our social and material world is, paradoxically, very much the product of science and technology. So given this long and interesting development, given the importance of science both as a producer of knowledge and a contributor to

<sup>2</sup> For an example of radical postmodernism, see D. HARAWAY, *Primate Visions: Gender, Race, and Nature in the World of Modern Science* (New York: Routledge, 1989). A useful survey of postmodernism and history of science is provided in T.Y. CAO, «The Kuhnian revolution and the postmodernist turn in the history of science», *Physis*, 30 (1993), 477-504. For a caustic and enjoyable attack on postmodernist science studies, see P.R. GROSS and N. LEAVITT, *Higher Superstition: The Academic Left and its Quarrels with Science* (Baltimore: The Johns Hopkins University Press, 1994).



technology and welfare (yes, welfare!), the history of science ought surely to be a key element in any kind of history and not merely an appendix to the so-called real history. Universities invariably include departments or institutes for literary history and art history, and also often for the histories of religion and the musical and visual arts. These subjects, interesting and worthy as they undoubtedly are, are considered natural in the humanistic landscape, contrary to the history of science and technology which has to fight to gain its proper recognition as a humanistic study of the greatest cultural and productive force ever. This is ironic, but it is the situation.

### *Humanist Histories*

It is instructive briefly to compare history of science with history of literature and history of religion. On the one hand, these fields have a lot in common, both as regards their substances and, especially, their methods. They are all historical studies of cultural phenomena which go back to time immemorial — religion being the oldest, science the youngest — and during the course of time they have interacted in important ways. The interaction forms a natural link between the histories of science and religion in particular, less so between the histories of science and literature. From a methodological point of view the three fields share their foundation in historical method and source criticism, although of course with some differences as well. For example, the historian of literature makes full use of hermeneutic methods, which is less common in the history of science, where the historian can to some extent substitute experiments and objective knowledge for interpretations of meaning.

The differences between the three historical fields of inquiry are mostly related to their different subject-matters. The subject of history of religion is essentially the thoughts which people over the time have had regarding God, supernatural concepts and other things called religious; and the subject of history of literature is of course literature, that is, basically, the words put on print in non-technical books and articles. Historians of science too deal with the thoughts and actions of a certain group of people, the scientists, but the knowledge claims that this group makes is of a very different nature from those studied by historians of literature and religion. Scientists endeavour to discover the real structure of the physical world, to produce true and objective knowledge, and, in spite of all philosophical debate, it is evident that they have succeeded remarkably well. Much better, in fact, than theologians and writers, who have greatly enriched our lives and cultures but can scarcely be said to have produced a progressive system of objective knowledge — but then, of course, nor is that what they aspire to.

Put in a nutshell, the difference is reflected in the fact that past writers, such as Shakespeare or Henrik Ibsen, are still being discussed and analysed as living

parts of our own culture; the thoughts of past religious thinkers, such as Thomas of Aquinas or Paul Tillich, are similarly seen as relevant for today's theologians. Although they are history, they are not just history. Contrarywise, our interest in Galileo and Lavoisier is purely historical. They are studied by historians of science, but no physicist will benefit professionally from reading Galileo and no chemist from reading Lavoisier. The reason is of course that the pioneering achievements of a Galileo and a Lavoisier long ago have been superseded by other achievements, have been incorporated in the ever-changing and ever-progressing course of science. What we know today in physics and chemistry has simply made the contributions of Galileo and Lavoisier superfluous from a present and pragmatic point of view. Although modern scientists and engineers may benefit culturally and personally from reading the old masters, from a professional point of view they are as irrelevant as Ibsen and Shakespeare.

Add to this that historians of literature and other humanist branches of culture have a relationship to their subjects (the writers etc.) which is rather different from the one that historians of science have to the scientists. The historian of literature is an active part of the literary life, a critic who is taken seriously and contributes relatively independently to the literary tradition and ongoing debate. The same cannot be said about the historian of science.

The comparison illustrates a relative weakness of history of science, namely that past science is relegated to history and seems to have no direct bearing on the modern practitioner of science. Given the relative indifference to science of traditional humanist scholarship this threatens history of science to become a scholarly field without an audience except that of the historians of science themselves. Is that necessarily a sad scenario? After all there are many smaller fields of scholarship that live happily in such situations, including many branches of history which deal with cultures that have disappeared long ago. My answer is that history of science does not deal with a lost culture or a minor episode in history and for that reason it cannot afford the luxury of academic insulation. It deals with the development of a monumental tradition in history which is as alive as ever. One would therefore like the field to have a broader audience and to relate also to people outside the narrow field of scholarship.

The problem I am referring to is, broadly speaking, whether history of science should be an autonomous field of scholarship or a more pragmatic branch of learning which is open to a larger audience and in part justified by the services it can render to external groups. The establishment of history of science as an academic and professional discipline during the 1950s and 1960s carried with it the view that history of science is in no need of external justification, but is justified by itself, so to speak, and only responsible to high academic standards of scholarship. The eminent historian I. B. Cohen dreamed in 1961 about "the time when historians of science will be so numerous that they may produce scholarly works which need satisfy only the members of their own profession, the only requirement

being that of high standards”.<sup>3</sup> That time arrived some ten years later and today history of science has indeed become a mature and professional field of scholarship which does not need to be sanctioned by external groups. ‘History of science for its own sake’ has in many ways been a necessary and valuable movement and has undoubtedly led to much excellent scholarly work and a deepened understanding of the development of the sciences. But it is not necessarily a movement appropriate for the 1990s.

### *Against Purism - with Modifications*

There is reason to take a critical look at the purist and hyper-professional kind of history of science which typically manifests itself in a dozen professional journals and in expensive, scholarly books mainly bought by libraries. There is nothing wrong with this kind of scholarship, but it may be problematic if the purist view dominates the field and excludes other, more pragmatic motivations and styles of doing history of science. Methodologically speaking, purism is a good thing, but from a wider point of view it is not. It may well be the obsession for high scholarly standards and professional purity which has prevented history of science to play a more successful role as bridge-builder between the two cultures than it actually has. The problem is of course that purism and disciplinary autonomy are typically accompanied by a narrowing of focus as well as of audience, a disregard for syntheses and larger questions, and a fear for leaving the safe ground of the newly won independence and academic respectability.<sup>4</sup> If history of science is simply justified for its own sake and if the only norms are those defined by its professional peers, how can it then intervene in the broader intellectual debate and become a discipline which is not only respectable but also useful to other than its few practitioners?

I want to argue for a history of science which is not narrowly academic, but is more pragmatic, more tuned towards actual problems, and even more applied. This is far from a novel call, of course. Thus John Pickstone has recently emphasized the need for translating our scholarly knowledge to wider audiences and for a more relaxed attitude to one of these: “Because HSTM (History of Science, Technology and Medicine) has often been subservient to scientists, technologists and physicians, both intellectually and in terms of academic politics, many historians of STM seek

<sup>3</sup> I.B. COHEN, «History of science as an academic discipline», 769-80 in A.C. Crombie, ed., *Scientific Change* (London: Heinemann, 1961), p. 773.

<sup>4</sup> For a philosopher’s recent discussion of this issue, see T. NICKLES, «Philosophy of science and history of science», *Osiris*, 10 (1995), 139-63. See also C. HAAKFORT, «The missing syntheses in the historiography of science», *History of Science*, 29 (1991), 207-16, and the special issue on «The Big Picture» of *British Journal for the History of Science*, 26 (1993).

independent stature by cutting those links and aligning themselves with other kinds of historians. Thus by concentrating on one period they extend their linkages with fellow historians, and they distance themselves from HSTM predecessors whom they see less as fathers than as 'stepfathers' — the Sartons and Singers who seem now so hopelessly Whiggish and so uncritical of the scientific enterprise".<sup>5</sup>

Of course history of science should not be made more popular and accessible for any cost or under any circumstances. For example, it may be argued that a certain kind of pragmatic history of science has indeed flourished during the last decade when courses in science studies (or, more often, science and technology studies) have been established at many universities. This has to some extent been at the expense of more traditional courses in the history and philosophy of science, which have often been absorbed, in reduced versions, in the new courses or units. Science studies is largely an amalgamation of history, philosophy and sociology of science and technology, in general with an emphasis on the social and political aspects of contemporary science and with a strong presentist and pragmatic inclination. This is not the place for a closer analysis of programmes in science studies, so suffice to mention that history of science typically has a relatively weak position in such programmes and often enters merely as cases for sociological analysis.<sup>6</sup> The kind of history of science included is normally limited to social, economic, ideological and other external aspects of science, whereas intellectual or internal aspects are either ignored or given low priority. Moreover, the historical perspective is usually limited to the twentieth century. After all, what has ancient or medieval science to tell a modern or postmodern society?

The science studies version of history of science has the advantage that it appeals to many students and is often relevant for science policy and the research bureaucracy. However, it is not real history of science, but only a small part of history selected to serve other goals than the historical analysis of past science. Personally I find it unacceptable to exclude older science and especially to pretend that a knowledge of the history of science can be obtained without studying what scientists in the past actually thought and did, that is, without caring about the content of science.

<sup>5</sup> J. PICKSTONE, «Past and present knowledges in the practice of the history of science», *History of Science*, 33 (1995), 203-24, on p. 206.

<sup>6</sup> The weak position of history of science is reflected in a new, authoritative handbook which includes 37 authors from the science studies area. None of the contributions deal primarily with history of science. S. JASANOFF, G.E. MARKLE, J.C. PETERSEN, and T. PINCH, eds., *Handbook of Science and Technology Studies* (Thousands Oaks, CA: Sage Publ., 1995).

### *The Historiographical Triangle*

All the same, while science studies go too far in employing a pragmatic notion of history of science, traditional history of science goes not far enough. The important thing is simply that history of science should not be, and in the long run cannot afford to be, an insulated dialogue between professional historians and the past, but that it has an obligation to open up for a wider audience and address questions that are currently considered important and to which the historian of science may possibly contribute. These may be philosophical, social, pedagogic or broadly cultural questions relating to science, or they may be political such as participation on advisory boards dealing with science and technology policies.<sup>7</sup>

It has often been pointed out that the traditional anti-Whig ideal is neither realistic nor acceptable and that historians should aim at more than just understanding the past and share their findings with fellow specialists. History of science is an affair with three kinds of actors, namely the historian, the past science, and the modern audience, and it would be a serious mistake to ignore the latter actor. Not only does he, as a taxpayer, pay for our academic curiosity, it is also he we would like to convince that science is an important part of our cultural heritage and an endeavour as human and exciting as any branch of the humanities. For twenty-five years ago Hooykaas noted that the historian “must possess a power of imagination sufficiently great to ‘forget’ what became known after the period he is studying”. He then added, no less importantly, “he must [also] be able to confront earlier views with the actual ones, in order to be understood by the modern reader and in order to make history something really alive, of a more than purely antiquarian interest”.<sup>8</sup>

What I unoriginally argue is, then, that historians of science should apply a greater deal of their knowledge and talents to write for a non-professional readership than they normally do. Historical writings about science have always had a considerable public appeal, but much of it has been written by scientists or journalists with (in some cases) little real understanding of the development of science, and most scholarly works by professional historians are decidedly not for the average citizen. There are good examples of popular or semi-popular works written by historians of science, but there could be many more, both directed to the public at large and to more special groups such as teachers, scientists and students. In particular, we still need a good, modern textbook in history of science, suitable for introductory courses at university level.

<sup>7</sup> For arguments in favour of such use of history of science, see J.L. HEILBRON, «Applied history of science», *Isis*, 78 (1987), 552-63 and L.R. GRAHAM, «Why can't history dance contemporary ballet? or, whig history and the evils of contemporary dance», *Science, Technology & Human Values*, 34 (1981), 3-6.

<sup>8</sup> R. HOOYKAAS, «Historiography of science, its aim and methods», *Organon*, 7 (1970), 37-49, on p. 45.

Elizabeth Knoll, a former university press editor with a PhD in history of science, has recently argued the same point and emphasized that there are pragmatic as well as intellectual reasons for historians of science to widen their scope. "Where are the ambitious and accessible books that bring this subject to a broad, educated public?" she asks, well knowing that there are very few of these books. And, when they exist, they are often written by journalists or other authors outside the profession of history of science.<sup>9</sup> The elementary point is that books, in order to have a broad impact, have to be read by many people; and monographs by historians of science typically sell 400 copies in their lifetime (according to Knoll). They are usually "very well written, deeply researched, imaginatively and seriously thought out — about subjects that interest a very, very few people with high IQs and limited book budgets".

If we really mean that history of science is an important subject and a possible means to bridge the gap between the two cultures, we just have to take the wider audience as seriously as we take our professional colleagues. This is no easy task, but it is possible and it does not necessarily imply prostitution or the sacrifice of good scholarship. David Lindberg's recent history of ancient and medieval science can serve as a model.<sup>10</sup> Another, more remarkable example is Kuhn's famous work about revolutions in science,<sup>11</sup> which is not only remarkable because of its enormous impact but also because it was based on good historical research and nonetheless succeeded to become a best-seller, read by hundred of thousands with no prior knowledge of history of science at all. That we may have our doubts about Kuhn's picture of the development of science, or rather the way it has been interpreted by many of his readers, is a different matter. The point is that it is possible for the historian of science to contribute to a shift in people's conception of what science is and thereby to intervene in the broader intellectual and cultural process in which science is embedded.

### *History and the Scientists*

One particular audience to which history of science traditionally have had close links, is the community of scientists, but these links are now widely seen as suspicious or problematic by many historians. What was once a stable marriage is

<sup>9</sup> E. KNOLL, «Where are the trade books by historians of science?», *History of Science Society Newsletter*, 24: 3 (1995), 8.

<sup>10</sup> D.C. LINDBERG, *The Beginnings of Western Science: The European Scientific Tradition in Philosophical, Religious, and Institutional Context, 600 B.C. to A.D. 1450* (Chicago: The University of Chicago Press, 1992).

<sup>11</sup> T.S. KUHN, *The Structure of Scientific Revolutions* (Chicago: The University of Chicago Press, 1962).

now close to divorce. Scientists study various aspects of nature and are sometimes interested in knowing how their predecessors conceived these aspects. The modern chemist will typically focus on how the modern notion of the chemical bond evolved during the nineteenth and early twentieth century, and he will be interested in this development because he is interested in the result of the development, in how nature works. How science works is considered less important. The attitude is nicely encapsulated by Yakov Zel'dovich and Igor Novikov, two eminent Russian astrophysicists, according to whom "the history of the Universe is infinitely more interesting than the [history of the] study of the Universe".<sup>12</sup>

While scientists tend to emphasize history of *science* rather than *history* of science, many modern historians and science analysts have no interest in the content of science. They may argue that science (or 'technoscience') is just another knowledge system which has no epistemic superiority over, say, those of the Inca civilization, Gothic cathedral builders, or Australian Aboriginals.<sup>13</sup> Or, if closer to history of science, they may argue that interest in science is neither necessary nor an advantage; for history of science should not deal with the things of science, but solely with the scientists and their relations to society. From that point of view it is rather an advantage not to be interested or competent in modern science, for then the historian can approach his subject with a more objective and neutral mind, avoid anachronisms and distortions of the past, and better perform a critical analysis of past science on its own premises. According to Paul Forman, history of science is still intellectually subservient to science and in desperate need of independence, that is, a divorce with science and its practitioners.<sup>14</sup>

Such attitudes are not uncommon today, when many historians of science have never had a scientific training and are brought up in an atmosphere where science has an ambiguous reputation and is seen as a social construction rather than a grand project uncovering the secrets of nature. According to many modern historians of science, it is important to keep a critical attitude to science and not to bow to the authority of scientists, for without such an attitude history of science will inevitably degenerate into a self-congratulatory narrative which is subordinate to the interests of the scientists and not an independent search for historical truth. There can be little doubt that some historians and sociologists, who held such views, are not only not interested in science, but also lack insight in science, and that this lack of knowledge influences their views as a rationalization for not dealing with the

<sup>12</sup> Ya.B. ZEL'DOVICH and I. NOVIKOV, *Relativistic Astrophysics* (Chicago: The University of Chicago Press, 1983), preface.

<sup>13</sup> H. WATSON-VERRAN and D. TURNBULL, «Science and other indigeneous knowledge systems», 115-39 in S. Jasanoff et al., eds., *Handbook of Science and Technology Studies*.

<sup>14</sup> P. FORMAN, «Independence, not transcendence, for the historian of science», *Isis*, 82 (1991), 71-86. See also FORMAN, «The discovery of X-rays by crystals: a critique of the myths», *Archive for History of Exact Sciences*, 6 (1969), 38-71.

content of science. However, it would be too easy to dismiss the non- or anti-scientific attitude as simply a reflection of historians' lack of scientific insight. It is a widely held attitude in modern history and sociology of science, shared also by some scholars with an excellent knowledge of science and who cannot be accused of being scientific illiterates.

At any rate, how should we judge this situation? Is it possible, or preferable, to do history of science without dealing with the content of science and without paying attention to the scientists?<sup>15</sup> This is a complicated question, consisting of several layers. For one thing, it is of course quite possible to make interesting and valuable studies of the development of science without having much knowledge about, or interest in, science; namely if one deals with those aspects of science that are generally termed 'external', that is, institutional, social and political aspects of science. Although in some cases a knowledge of science may be advantageous, in general it is unnecessary, and in fact a good deal of the best of such history has been written by historians with no background in science at all.

While this is unproblematical, it is also important to emphasize that social and institutional aspects of science are only parts of science and that it would be wholly unsatisfactory not to deal also with internal developments, with which I mean the theories and experiments such as they are typically presented in research publications. When it comes to this second aspect, things are obviously different. If we want to find out how the theory of relativity was created, there is no other way than to study the research literature, the manuscripts and the letters that Einstein and others wrote; and to understand these sources it is absolutely necessary to master physics and mathematics to a level that requires a scientific training. Of course, in the end it is a political question whether such internal or conceptual history of science is judged valuable and interesting. But if it is, if the genesis and development of scientific ideas is considered a central part of history of science, then scientific competence cannot be dispensed with.

The question of the involvement of contemporary scientists in history of science is a rather different one. First, scientific competence should not be equated with professional scientific skills in the sense that only scientists are able to penetrate the technicalities of past scientific literature. The important thing is that the competence is acquired, not that it comes from a formal scientific training; in many cases it is quite possible for the historian to acquire the necessary background by his own, hard work. What matters is not so much whether history of intellectual science is done by scientists or historians, but rather that it is done at all, and that by people who are willing and capable of acquiring a double set of competence: not

<sup>15</sup> N. REINGOLD, «Science, scientists, and historians of science», *History of Science*, 19 (1981), 274-83, and M.A.B. WHITTAKER, «Science, scientists, and history of science», *History of Science*, 22 (1984), 421-24. H. KRAGH, *An Introduction to the Historiography of Science* (Cambridge: Cambridge University Press 1987), pp. 111-19, 150-58.



only the necessary technical-scientific competence, but also the equally necessary historical insight.

There is another, more practical aspect of the question of scientists' involvement in history of science, which is not concerned with the scientist's role as contributor to the field but with his role as recipient or audience. I find it problematic to alienate scientists from the history of science for a variety of reasons, one of them being that we, the historians of science, to a large extent write for the scientists, who are a key audience and without whom much science history simply would not be written because there would not be an audience for it. Moreover, to keep the scientists out of the good company, as many historians would prefer, would mean that we give up the possibility of instructing and educating the scientists about how their sciences have developed. If we are dissatisfied with scientists' supposedly primitive notions of the nature of science, their failure in appreciating the historicity of science, and their simplistic, linear view of how science has developed, should we then stop communicating with them? Of course we should not, we should reinforce our efforts to write good history of science which appeal to the scientists and tell them a better version of science and its history.

We should aim at intellectual independence, but not accept the myth that contact with the scientists automatically lead to corruption or subservience. Interest and competence in science does not preclude a critical attitude to science. Pickstone has expressed it well: "Historians of STM may well be critics of modern science, but they undercut their own case and squander their expertise if they refuse to engage with STM sufficiently closely to discriminate between its various social and cognitive forms, or fail to give due account of the technical details and technological powers which have been STM's promise as well as its threat".<sup>16</sup>

It is generally agreed that the best form of history of science should involve or synthesize both intellectual and social aspects, but it is a consensus which is more rhetoric than reality. With some notable exceptions the old distinction between internal and external history of science is very much alive, only has the latter approach become dominant in professional circles, now reappearing under the name 'contextualism'.<sup>17</sup> However, it is important to be aware that social, external, eclectic, or contextual history of science cannot stand alone and that in many cases it needs intellectual or internal history in order to discern what were social influences and what not. If we do not have an understanding of the intellectual or cognitive aspects of science we will not be able to construct a contextual history either; for the various contexts — social, economic, etc. — are contexts *of* something, or surrounding something, and what this something is can only be

<sup>16</sup> PICKSTONE, «Past and present knowledges», p. 206.

<sup>17</sup> S. SHAPIN, «Discipline and bounding: the history and sociology of science as seen through the externalism-internalism debate», *History of Science*, 30 (1992), 333-69.

discovered by penetrating into the intellectual heart of science.<sup>18</sup> As historian of physics Stephen Brush has pointed out, the best studies of the social aspects of science are precisely those whose authors are willing to immerse themselves in the life of the laboratory, not as anthropologists visiting from an alien culture but as participant-observers.<sup>19</sup>

### *Historiography of Chemistry*

Until now I have commented on various historiographical issues in a very general way, without distinguishing between various periods or various sciences. It will be appropriate to end with some comments on the present state of historiography of chemistry.

Chemistry, and more specifically the period including and surrounding the Chemical Revolution, was of course a central topic in the revival of history of science that took place in the 1950s; since then there has been an increasing interest in many areas of chemistry, involving both intellectual, social and industrial aspects. History of chemistry certainly has a great past, but compared with some other sciences its presence and future may seem more bleak. There are obvious lacunae in the historical writings, the most serious being the almost total absence of good histories of post-war chemistry. Whereas there are good, scholarly accounts of developments in modern physics, geology, biology and astronomy, there is not a single book which analyses the important changes which has taken place in chemistry since the end of the Second World War.

Moreover, modern chemical sciences have completely failed to become integrated in cultural history in the same (limited) way as other sciences have, and they remain invisible both to the historians and the general public. Students and scholars of the humanities will have opinions — sometimes even knowledge — about modern developments in physics, biology and cosmology, but be as indifferent as ignorant about chemistry; and if they have an opinion, they will tend to identify chemistry with a rather dull science which mainly produces pollution, hazardous wastes, and food additives. Most educated persons know about Einstein, have heard about the Big Bang, and are vaguely familiar with Watson and Crick's double helix model, but ask them to mention an important postwar chemist or a conceptual innovation of modern chemistry, and they will be silent. And so will many historians of science. Chemistry has no modern role model, no charismatic

<sup>18</sup> Let me unmodestly mention the example of hydrogen's fine structure, an intricate scientific question which reveals, when analysed in depth, the interplay between social, ideological and scientific factors in the early Weimar republic. In this case, the context can only be understood by understanding the physics. See H. KRAGH, «The fine Structure of hydrogen and the gross structure of the physics community, 1916-26», *Historical Studies in the Physical Sciences*, 15 (1985), 67-127.

<sup>19</sup> S.G. BRUSH, «Scientists as historians», *Osiris*, 10 (1995), 215-31, on p. 229.

leaders like Richard Feynman or Stephen Hawking in physics; and if they exist, as in the case of Ilya Prigogine, they tend to be identified as physicists.

The uneasy relationship between scientists and historians of science which I have just dealt with, is perhaps more serious in chemistry than in most other sciences. As William Jensen, a chemist as well as a historian of chemistry, has recently pointed out, there is a deep gap between modern scholarship in the history of chemistry and what chemists are interested in.<sup>20</sup> Chemists are probably neither more nor less interested in history than their colleagues in other sciences, but traditionally they have been less inclined to enter into discussions with historians and other outsiders, and for this reason, among others, they remain almost invisible in the historical — and, more broadly, humanistic — landscape. Part of the reason for the unsuccessful relationship can undoubtedly be located in most chemists' attitude to history — that it is an excellent source of diversion and entertainment, a nice hobby that may even have some educational merits, but not more than that. There are chemists who think otherwise, of course, but they are few and not of the same caliber as their great predecessors such as Hermann Kopp, Wilhelm Ostwald, Marcelin Berthelot, Pierre Duhem, and James Partington.<sup>21</sup> Nor is serious interest in history widespread among chemists, such as indicated by the fact that the American Chemical Society has a membership which exceeds 140,000, whereas the Society's Division of the History of Chemistry can enroll only about 700 members, less than a half percent. By comparison, in 1995 3,344 members of the American Physical Society were also members of its Forum for History of Physics, corresponding to 8%.

Jay Labinger, a practising chemist, has recently addressed the question of why scientists are absent in the science studies programmes. As mentioned, science studies cannot be identified with history of science, but they include elements of history and have similar problematic relationships to the scientific communities. As Labinger notes, in spite of the emphasis on interdisciplinarity that permeates the new science studies, in practice they exclude scientists; the interdisciplinarity seems to be limited to social and humanist studies — history, sociology, anthropology, philosophy, literary theory, psychology etc. One reason for this unhealthy compartmentalization is undoubtedly the extreme relativism and anti-science attitudes of many science studies scholars. "Trying to convince scientists to do something based on the premise that they are all wrong is not likely to be very successful", as Labinger tersely puts it.<sup>22</sup>

<sup>20</sup> W.B. JENSEN, «History of chemistry and the chemical community: Bridging the gap?», 262-75 in S.H. Mauskopf, ed., *Chemical Sciences in the Modern World* (Philadelphia: University of Pennsylvania Press, 1993).

<sup>21</sup> C.A. RUSSELL, «Rude and disgraceful beginnings': A view of history of chemistry from the 19th century», *British Journal for the History of Science*, 21 (1988), 273-94.

<sup>22</sup> J.A. LABINGER, «Science as culture: a view from the petri dish», *Social Studies of Science*,

Part of the reason for chemists' lack of serious interest in the history of their science is simply that a career in chemistry, like in any other science, is driven by research productivity, and that history does not count when it comes to peer prestige and job applications. (One of my Danish colleagues, a professional chemist who also has written many excellent papers on history of chemistry, applied for some years ago for a professorship in chemistry and wanted to include also his historical writings; he was advised not to do so, for, as he was told, not only would these be judged irrelevant, they would probably have a negative effect on his candidacy because they would signal a person who was unable to distinguish between real chemistry and historical hobby work). Of course the career pressure does not exert a narrowing influence only in chemistry; it is a quite general phenomenon which is also important in history of science, where a young scholar cannot hope to get tenure if he does not publish a particular kind of articles and books which live up to internal standards, but will be seen as irrelevant by outsiders. As historical work does not count in the chemist's career, so does scientific or pedagogical work not count in the career of a historian of science. All this is unfortunate, but that's the way it is.

But if the chemists' attitude to history is one explanation of the communication gap, so is the historians'. The tendency towards purism, methodological autonomy, self-centeredness, and a literary-critical style which characterizes so much of professional history of science alienates the field from working chemists and offers them stones for bread. Most historians of science simply do not write the kind of works which appeal to chemists or which teachers can use in courses.<sup>23</sup> So historians of chemistry are as guilty as the chemists in the divorce between the two fields.

However, there may be light ahead, and I want to end in a more optimistic note by recalling that recently some historians of chemistry have descended from the ivory tower and produced valuable and useful textbooks in history of chemistry, books that will appeal to chemists as well as to historians and which are also well suited as textbooks.<sup>24</sup> Then we can only hope that teachers of chemistry will also make use of this possibility.

25 (1995), 285-306, on p. 301, with comments by H. M. Collins, S. Fuller, M. Lynch, T. J. Pinch, and others.

<sup>23</sup> The perplexing question of the relationship between science education and history of science has been discussed more in physics than in chemistry, but most of the problems are the same in the two fields. See, e.g., H. KRAGH, «A sense of history: History of science and the teaching of introductory quantum theory», *Science & Education*, 1 (1992), 349-63; S.G. BRUSH, «Should the history of science be rated X?», *Science*, 183 (1974), 1164-72; and H. SIEGEL, «On the distortion of the history of science in science education», *Science Education*, 63 (1979), 111-18.

<sup>24</sup> W.H. BROCK, *The Norton History of Chemistry* (New York: Norton & Co., 1992). B. BENSUADE-VINCENT and I. STENGERS, *Histoire de la Chimie* (Paris, La Decouverte, 1993). For a different kind of modern history of chemistry, less likely to appeal to chemists but more likely to appeal to humanists, see D.M. KNIGHT, *Ideas in Chemistry: A History of the Science* (London: Athlone Press, 1992).

GIANLORENZO MARINO (\*)

## Pensiero creativo e progresso della chimica (\*\*)

**Summary** - There are two distinct ways in which the human mind acts: the convergent (or logic) thought and the divergent (or creative) one.

Both of them are necessary and important in the cumulative construction of the Science building but the real advancement of science is essentially due to a very limited number of great men endowed with extraordinary creative imagination.

The really new and revolutionary ideas often meet with strong opposition and resistance within the scientific community which is mostly formed by mediocre individuals fond of the old system of knowledge in which they have grown up and who are not very inclined to put it radically into discussion.

Many decades must often pass before those ideas are finally accepted by everyone.

This concept is illustrated by the different stories of four great chemists of extraordinarily creative skills, who lived in different periods of history.

The great new ideas introduced by Boyle (the concepts of chemical element and compound), Lavoisier (the theory of combustion), Avogadro (the distinction between atoms and molecules), and Van't Hoff (the spatial disposition of the atoms inside the molecules) are taken into examination and the various fortunes met by these within the scientific community are shown.

Gli studiosi della mente umana hanno individuato due distinti modi di agire del pensiero: il *pensiero convergente* o logico che studia i rapporti tra le cose e le idee all'interno di schemi prefissati e accettati, utilizzando regole precise e conosciute e ricorrendo al metodo deduttivo; il *pensiero divergente* o creativo che ribalta gli schemi propostigli e ne costruisce di nuovi, si allontana dai sentieri già noti e battuti e si avventura per sentieri inconsueti, non rispetta necessariamente le regole ma crea lui stesso regole nuove e diverse. Il metodo che il

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

(\*\*) Relazione presentata al VI Convegno Nazionale di «Storia e Fondamenti della Chimica» (Cagliari, 4-7 ottobre 1995). Il suo contenuto largamente riprende il contenuto di altra relazione tenuta al 3° Convegno storico scientifico organizzato dall'I.R.R.S.A.E. delle Marche sul tema «Pensiero Scientifico e Creatività» (Ancona, 17-19 marzo 1994).

pensiero creativo utilizza è quello induttivo che permette di risalire dai fatti ai principi, dal particolare al generale, dagli effetti alle cause.

Massime manifestazioni del pensiero divergente sono le creazioni artistiche e le conquiste scientifiche. I grandi artisti e i grandi scienziati sono assai più simili di quanto generalmente si creda: gli uni e gli altri utilizzano gli stessi strumenti, l'intuizione e la fantasia.

Per la costruzione collettiva del grande edificio della Scienza sono necessarie e importanti sia l'una che l'altra forma del pensiero.

Molto schematicamente possiamo semplificare così: periodicamente uomini dotati in larga misura di fantasia creatrice costruiscono gli schemi nuovi e dettano le nuove regole. Poi entrano in azione gli uomini del pensiero convergente; raccolgono i dati e studiano i rapporti tra questi entro gli schemi applicando le regole. Finché questi schemi e queste regole esauriscono per così dire le loro potenzialità e sono necessarie idee nuove per andare avanti.

Naturalmente le idee nuove e rivoluzionarie raramente vengono immediatamente accettate. A volte esse vengono accolte con indifferenza, non capite, sostanzialmente ignorate; questo si verifica quando le idee sono assai avanti rispetto alle conoscenze del tempo in cui vengono espresse e il mondo scientifico non è ancora preparato ad accoglierle.

Possono passare decenni, a volte molti decenni, prima che queste idee vengano, per così dire, «riscoperte», riproposte e infine accettate dalla comunità scientifica.

Ma anche quando i tempi sono più maturi, le idee fortemente innovative suscitano comunque un'azione di rigetto da parte della comunità scientifica che è costituita in larga parte da uomini mediocri: ricercatori, professori affezionati al vecchio sistema di conoscenze nel quale si sono formati e poco disposti a rimmetterlo facilmente in discussione. A questa difesa del vecchio contro il nuovo, a questa opposizione alle «idee diverse» partecipano però, a volte, anche uomini eminenti, feriti forse nell'orgoglio per non averci pensato loro, difensori gelosi delle teorie che avevano concorso a stabilire e che ora vengono rimesse in discussione.

Illustrerò quanto detto con le storie diverse ma tutte emblematiche di quattro grandi chimici dotati di straordinarie capacità creative che hanno operato in diversi periodi della storia: Boyle, Lavoisier, Avogadro e Van't Hoff e mostrerò come le loro idee rivoluzionarie siano state accolte dalla comunità degli uomini di scienza.

Con Robert Boyle siamo in pieno secolo diciassettesimo. Boyle era un «filosofo naturale», uno di quei grandi uomini di quel secolo straordinario che inizia con Galileo e termina con Newton.

Boyle ha portato importanti contributi alla Scienza. Tutti conoscono quella che va appunto sotto il nome di «legge di Boyle»: a temperatura costante per ogni gas è costante il prodotto del volume occupato per la pressione esercitata.

Ma non c'è solo questo. Boyle ha scoperto per primo la dipendenza del punto di ebollizione dei liquidi dalla pressione atmosferica; ha spiegato l'azione del sifone; ha studiato l'effetto dell'aria sulla propagazione del suono (che appunto, a differenza della luce, non si propaga nel vuoto); ha scoperto per primo i rapporti tra aria e combustione e respirazione; ha legato il suo nome alla preparazione di molti composti organici importanti, tra i quali l'alcol metilico e l'acetone. Boyle si è dedicato molto all'analisi chimica e sembra anzi che il termine «analisi chimica» sia stato usato per la prima volta da lui.

Tutto questo — che pur costituisce un formidabile contributo alla Scienza — non giustifica però il posto di assoluto rilievo che Boyle occupa *oggi* nella Storia della Chimica.

Il suo libro «*The Sceptical Chymist*»,<sup>1</sup> pubblicato nel 1661, *avrebbe* potuto segnare una rivoluzione. Segno di modernità esso è scritto in inglese, una lingua viva (allora i libri scientifici erano tutti scritti in latino); il libro è in forma di dialogo tra i sostenitori delle vecchie teorie e Carneade, il chimico scettico, che riporta le idee di Boyle stesso.

All'inizio Carneade chiarisce il significato del termine «scettico»: «io non avanzo, come i veri scettici, dubbi aventi lo scopo di convincere la gente che tutto al mondo è dubbio e sempre resterà tale per la conoscenza umana; ma io li avanzo con lo scopo e la speranza di liberarci finalmente da loro, raggiungendo quella indubbia verità che cerco e penso di trovare».

Il principio unificatore dell'opera di Boyle è quello di eliminare dalla chimica tutte le forze misteriose, occulte o personificate (l'amore, l'odio, etc.) e di spiegare tutti i fatti della natura su basi meccanicistiche, ricorrendo sistematicamente all'esperimento e all'applicazione del metodo induttivo, teorizzato da Bacone e Galileo (Boyle era un grande ammiratore di Galileo e fece un viaggio a Firenze, proprio con lo scopo di studiare accuratamente le sue opere). Nella realtà lo stato delle conoscenze in campo chimico era ancora troppo limitato perché l'applicazione del metodo induttivo potesse dare seri frutti e Boyle supplisce con la fantasia e l'intuizione, doti che egli possiede in sommo grado.

In contrasto con altri filosofi (fra cui Cartesio) che sostenevano l'indefinita suddivisibilità della materia, Boyle ritiene che la materia sia discreta e che tutte le sostanze siano costituite da atomi, ogni sostanza da atomi diversi. Quando le particelle di sostanze diverse vengono a contatto, se fra particelle differenti si esercita una maggiore «affinità» che tra particelle uguali, allora avviene la trasformazione chimica. Il quadro è ancora un po' confuso ma non molto diverso da quello che sarà chiarito secoli dopo.

Al tempo di Boyle valeva ancora la teoria degli elementi di Empedocle. In

<sup>1</sup> R. BOYLE, *The Sceptical Chymist* (1611). La traduzione italiana è riportata in R. BOYLE, *Opere*, a cura di C. Pighetti, U.T.E.T. (Torino), 1977.

base a questa teoria (avvallata dalla grande autorità di Aristotele) le infinite sostanze di cui è formato il mondo sono costituite da quattro sostanze semplici o «elementi»: l'aria, l'acqua, la terra e il fuoco. La teoria era nata da una esigenza intellettuale di semplicità: il mondo «doveva» essere meno complicato di come appariva.

La teoria dei quattro elementi fu integrata nel Medioevo dalla teoria dei tre principi (i «Tria prima») di Paracelso: zolfo, mercurio e sale. Secondo sia Empedocle che Paracelso, tutte le sostanze risultavano dall'intima miscelazione, in diversi rapporti, dei vari elementi, ciascuno dei quali contribuiva in una qualche misura, alle loro proprietà: lo zolfo con il principio della combustibilità, il mercurio con quello della fluidità, il sale con quello della solubilità, etc.

Boyle demolisce la teoria dei principi aristotelici e paracelsiani e propone di definire «gli elementi chimici come i corpi primigeni e semplici che non essendo costituiti da altri corpi o l'uno dell'altro, rappresentano le parti componenti di cui sono direttamente formati tutti i cosiddetti corpi composti e nei quali questi ultimi possono in definitiva essere decomposti».

È straordinario ma è la definizione che diamo oggi degli elementi chimici; non c'è bisogno di spostare una virgola!

Boyle non si sente ancora in grado di proporre una lista di elementi, ma ritiene (giustamente!) che essi debbano essere un gran numero, molti di più dei tre, quattro o sette come fino allora si riteneva. A titolo di esempio, Boyle cita (correttamente) l'oro, l'argento, il mercurio, il rame e (sbagliando) l'acqua e alcune terre.

Boyle dà poi una corretta definizione di composto: per Boyle un composto chimico è costituito dall'intima combinazione di due o più «elementi» ma — e qui sta la fondamentale novità — esso ha proprietà del tutto diverse da quelle degli elementi che lo costituiscono (il solfato di rame ha proprietà totalmente diverse dal rame). Su questa base Boyle fa una chiara distinzione tra «composto» e «miscuglio». Il miscuglio, a differenza del composto, conserva le proprietà dei suoi componenti (una soluzione salata per esempio conserva il sapore del sale) e può essere agevolmente separato nei costituenti ricorrendo a semplici operazioni fisiche, quali la distillazione o la separazione meccanica.

Ora, la chiara distinzione tra elemento, composto e miscuglio è fondamentale in chimica.

Boyle dà nel libro una corretta definizione della chimica: la chimica è la scienza che studia la composizione delle sostanze e le loro trasformazioni. E la chimica non ha niente a che fare con la magia o il misticismo (come pensavano gli alchimisti) e non deve essere neanche considerata una scienza ausiliaria della medicina (come ritenevano gli iatrochimici): la chimica è una scienza indipendente che deve essere studiata al solo scopo di scoprire le leggi che governano i fenomeni da essa contemplati.

Molti storici della scienza si son domandati quale accelerazione avrebbe



potuto avere lo sviluppo della chimica se la chiara distinzione operata da Boyle tra elemento, composto e miscuglio fosse stata fatta propria dai contemporanei. Non lo fu. E nella storia non c'è posto per i «se» e per i «ma». Non lo fu per una molteplicità di ragioni.

Innanzitutto Boyle apparteneva a un ambiente totalmente diverso da quello della maggior parte dei chimici, in specie di quelli che operavano nel continente, che erano farmacisti o comunque uomini con preparazione medica o farmaceutica; Boyle era invece un filosofo naturale, uno di quegli scienziati — ce n'erano soprattutto in Inghilterra — che ricercavano per passione e vocazione. I suoi libri avevano pertanto ampia diffusione negli ambienti colti (non a caso Newton che si è occupato di chimica e che discusse molte questioni chimiche nella parte finale del suo trattato «Optics», fu uno dei pochi ad accettare le idee di Boyle) ma erano poco letti, anche perché scritti in inglese, dai chimici.

Ma il fatto fondamentale era che il mondo chimico non era ancora pronto ad accogliere queste idee nuove, troppo in anticipo sui tempi. Perché il concetto di elemento venga riproposto nella stessa identica forma di Boyle e accettato, bisognerà aspettare centoventotto anni! (Tanti ne intercorrono tra la pubblicazione de «The Sceptical Chymist» e quella del «Traité élémentaire de Chimie»<sup>2</sup> di Lavoisier, nel 1789).

Per tutti questi anni continuarono a essere pubblicati libri che facevano ancora esplicito riferimento agli «elementi» di Empedocle e Paracelso come costituenti di tutte le sostanze!

A complicare ancor più le cose, all'inizio del secolo XVIII, si affermò ad opera di Stahl, l'errata teoria del flogisto.

Secondo questa teoria — come è a tutti noto — i corpi combustibili (il carbone, lo zolfo, il fosforo e anche i metalli) contenevano una sostanza, considerata di natura materiale e chiamata flogisto. Nell'atto dell'arsione o della calcinazione il flogisto veniva espulso e tutti i fenomeni legati alla combustione — fiamma, calore, luce — erano causati dalla violenza di questa espulsione.

Tutti i corpi combustibili e così pure i metalli non erano perciò considerati sostanze semplici (come oggi sappiamo che sono e come aveva intuito anche Boyle) bensì composte in cui entrava come componente il flogisto.

Nella seconda metà del diciottesimo secolo, tra vecchi seguaci dell'antica teoria «dei quattro elementi» e nuovi seguaci della teoria del flogisto, la confusione del pensiero chimico aveva raggiunto il culmine finché non giunse Antoine Laurent Lavoisier (il secondo dei nostri campioni) a far chiarezza e a porre finalmente la chimica su basi moderne. Facendo riferimento alla sua opera, oggi si parla di «rivoluzione chimica».

È stato osservato che Lavoisier non scoprì in realtà nessun nuovo compo-

<sup>2</sup> A.L. LAVOISIER, *Traité élémentaire de chimie*, Parigi (1789).

sto e nessuna nuova reazione. Il suo genio stava nella capacità di vedere i punti deboli delle teorie antiche e di riordinare i fatti di cui disponeva in una teoria nuova e diversa. Ma questa è proprio la caratteristica saliente del pensiero divergente e creativo che consiste nel cogliere i rapporti tra le cose o le idee in modo originale e nuovo e nel formulare intuizioni non previste dagli abituali o tradizionali schemi di pensiero.

Lo strumento che Lavoisier adoprò per smantellare il vecchio sistema e costruire il nuovo fu la bilancia. Pesando accuratamente i reagenti e i prodotti delle reazioni (compresi i gas), trasformò la chimica da una scienza qualitativa in una quantitativa.

In questa sede ci limiteremo a illustrare le sue due principali conquiste, conseguenti al rigoroso studio quantitativo delle reazioni.

1. La legge della conservazione della massa e della conservazione degli elementi. Nel suo famoso «*Traité élémentaire de chimie*» scrive: «Nulla si crea né nei processi artificiali né in quelli naturali e si può assumere come principio che in ogni operazione la quantità di materia è la stessa prima e dopo l'esperienza; che la qualità e la quantità dei principi (elementi) rimangono immutate e che si verificano solo trasformazioni, modificazioni». Nacque in tal modo l'algebra chimica che permise di scrivere le equazioni delle reazioni chimiche nel modo che ancora oggi usiamo.

2. La demolizione della teoria del flogisto e la costruzione della nuova teoria della combustione, basata sull'intervento essenziale dell'ossigeno.

La fondamentale differenza tra la teoria del flogisto e quella di Lavoisier consisteva nel fatto che mentre secondo la prima la combustione era una reazione di *decomposizione* (il metallo, sostanza composta, cedeva il flogisto), secondo la teoria di Lavoisier la combustione risultava nella *combinazione* dei combustibili (considerati sostanze semplici) con l'ossigeno.

Viceversa, la riduzione con carbone dell'ossido a metallo che nella teoria flogistica era considerata una combinazione, secondo Lavoisier era una decomposizione.

Prova decisiva a favore della teoria di Lavoisier era che il prodotto della combustione (l'ossido nel caso dei metalli) pesava *di più* e non di meno del metallo di partenza. In realtà Boyle aveva già osservato (e pubblicato) un secolo prima che lo zinco nella calcinazione aumentava di peso, ma la cosa non aveva turbato più di tanto i seguaci della teoria del flogisto. Questo comportamento è tipico del pensiero convergente: se un dato non si inquadra nei famosi schemi, semplicemente lo si ignora.

Lavoisier quindi considerava i metalli (e così pure il carbonio, lo zolfo e il fosforo) come sostanze «semplici»; nel suo *Traité* fece propria integralmente la definizione di elemento di Boyle e pubblicò la prima lista di elementi chimici che comprendeva appunto i metalli allora conosciuti.

Come furono accolte le nuove rivoluzionarie vedute di Lavoisier?

Lavoisier stesso era preparato alle opposizioni che le sue idee avrebbero incontrato. In un opuscolo intitolato «*Reflexions sur le phlogistique*» e pubblicato nel 1783, egli riassume i punti salienti della sua teoria: «il mio obbiettivo era di sviluppare in questa memoria la teoria della combustione da me pubblicata nel 1777 e dimostrare che il flogisto di Stahl è una sostanza immaginaria la cui presenza nei metalli, nel fosforo e in tutti i corpi combustibili egli ammise senza alcun fondamento. Tutti i fenomeni di combustione e di calcinazione si spiegano assai più semplicemente e facilmente senza il flogisto piuttosto che con il suo intervento». E aggiunge, pieno di saggezza e comprensione: «non mi attendo che le mie vedute vengano subito accettate. La mente umana si abitua a vedere le cose in un certo modo e chi nel corso di una parte del cammino terreno guardava la natura da un dato punto di vista si converte solo con difficoltà alle nuove concezioni. Bisogna quindi dare tempo al tempo...». E in queste ultime parole c'è l'orgogliosa sicurezza che il tempo gli darà ragione.

Cosa successe nella realtà? Ebbene, c'è una grande differenza tra ciò che avvenne in Francia e fuori di Francia.

In Francia le sue teorie furono rapidamente accolte. Per primi vi aderirono i matematici e i fisici quali Laplace, Monge, Cousin, poi il grande chimico Berthollet, infine tutti gli altri.

Lavoisier era in Francia un'autentica autorità. Giovanissimo, era stato eletto membro dell'Accademia di Francia e pubblicò molti suoi lavori sulle autorevoli Memorie dell'Accademia. Fu in tutta la sua vita un uomo di potere e sia durante gli anni dell'antico regime sia nei primi anni della Rivoluzione, occupò posti importanti e diresse potenti istituzioni (fra l'altro fu membro della commissione pesi e misure che varò il nuovo Sistema metrico decimale). Dico questo perché il prestigio e l'autorità di chi propone una nuova teoria favoriscono la sua accettazione da parte di chi questo prestigio e questa autorità riconosce.

La situazione fu radicalmente diversa fuori di Francia. In Inghilterra, Svezia, Germania l'opposizione alle nuove idee fu tenace. Priestley, Cavendish, Scheele, Black non accettarono la nuova dottrina. Ma dove l'opposizione durò più a lungo e la nuova teoria stentò di più a diffondersi, fu in Germania.

Stahl era un tedesco e la sua difesa ad oltranza fu anche una questione di orgoglio nazionale ferito. Non era accettabile che fosse messa in discussione proprio da un francese una teoria nata e affermata in Germania.

C'era poi un altro fattore che forse inconsapevolmente ha giocato un ruolo. La Francia era la sede della Rivoluzione. Per oltre un quarto di secolo, dalla presa della Bastiglia fino alla fine del periodo napoleonico, le idee che venivano dalla Francia erano viste con terrore e con orrore dai benpensanti e dai conservatori di tutta Europa. Ebbene, che la Francia volesse esportare una rivoluzione anche nella scienza, questo era troppo!

Erano patetici i tedeschi, nella difesa ad oltranza di quello che era obbiet-

tivamente indifendibile. Poiché il punto incontrovertibile era che nel processo di combustione il metallo aumentava di peso trasformandosi nell'ossido, arrivarono, per renderlo compatibile con la teoria del flogisto, a sostenere che il flogisto aveva un peso negativo!

Però la forza delle idee giuste è inarrestabile e ad uno ad uno gli oppositori si arresero all'evidenza. All'inizio del secolo nuovo non c'erano più sostenitori del flogisto.

La chimica nei vent'anni dopo la tragica fine di Lavoisier sulla ghigliottina, ebbe uno sviluppo straordinario. Le idee di Lavoisier si dimostrarono estremamente fertili e feconde. L'uso sistematico della bilancia portò alla scoperta delle leggi delle proporzioni definite e delle proporzioni multiple che consentirono a Dalton di sviluppare, questa volta su basi molto più solide, la teoria atomica.

Adesso non mi dilungherò sull'accoglienza che la teoria atomica ricevette nel mondo scientifico perché non ho scelto di includere anche Dalton — come certo avrei potuto — fra gli esempi con cui illustrare il mio assunto. Dirò solo che la teoria di Dalton soffriva fin dall'inizio dell'ambiguità legata al fatto che essa parlava di atomi anche quando si riferiva ai corpi composti, non facendo in pratica distinzione tra il concetto di atomo e quello di molecola. I due stessi termini (di atomo e molecola) venivano usati come sinonimi. Questa ambiguità portò ad una evidente contraddizione tra l'ipotesi di Dalton e la legge dei volumi di Gay Lussac. Gay Lussac osservò che quando un volume di idrogeno reagisce con un volume di cloro si formano due volumi di acido cloridrico mentre l'ipotesi di Dalton prevedeva la formazione di un solo volume.

La contraddizione fu risolta dalla teoria molecolare di Amedeo Avogadro riportata in una memoria<sup>3</sup> intitolata «Essai d'une manière de déterminer les masses relatives des molécules élémentaires des corps, et les proportions selon lesquelles elles entrent dans ces combinaisons» e pubblicata sul *Journal de Physique* nel 1811.

In questo lavoro — che oggi è a ragione considerato una pietra miliare nella storia della scienza — Avogadro espone una serie di nuove idee rivoluzionarie di grande rilevanza storica e scientifica. In particolare:

— per la prima volta fa una chiara distinzione tra i concetti di molecole (chiamate da Avogadro «molecole integrali») e di atomi (per Avogadro «molecole elementari») «Molecole» sono le più piccole particelle di una sostanza capaci di esistere permanentemente allo stato libero, «atomi» sono le più piccole particelle capaci di prender parte a un mutamento chimico.

— per la prima volta stabilisce che una molecola di acqua è costituita da due atomi di idrogeno e da un atomo di ossigeno.

<sup>3</sup> A. AVOGADRO, «Essai d'une manière de déterminer les masses relatives des molécules élémentaires des corps, et les proportions selon lesquelles elles entrent dans ces combinaisons», *Journal de Physique*, LXXIII, 58-76 (1811).

— per la prima volta, suggerisce che le molecole degli elementi possono essere poliatomiche. In particolare Avogadro afferma che le molecole di idrogeno, ossigeno, azoto e cloro contengono tutte *due* atomi.

— per accordare la teoria atomica di Dalton con la legge dei volumi di Gay Lussac, espone la famosa ipotesi (oggi conosciuta come legge di Avogadro): *uguali volumi di gas diversi alle stesse condizioni di temperatura e pressione contengono lo stesso numero di molecole.*

— applicando il metodo delle densità gassose, determina, finalmente in modo corretto, i pesi atomici di numerosi elementi, tra cui idrogeno, ossigeno, azoto e carbonio.

Queste idee sono state successivamente riesaminate e approfondite da Avogadro in una serie di eccellenti lavori pubblicati tra il 1814 e il 1821.

Sfortunatamente queste idee (e soprattutto la fondamentale distinzione tra atomi e molecole) non ebbero buona accoglienza nel mondo scientifico, per la meschinità di alcuni chimici grandi e la insipienza degli uomini piccoli. Dalton era timoroso che la teoria molecolare di Avogadro avrebbe oscurato la sua teoria atomica (e non era così, anzi la sua teoria ne avrebbe tratto luce!); Berzelius non poteva ammettere che nelle molecole degli elementi potessero coesistere due atomi uguali, essendo ciò in chiaro contrasto con la sua teoria dualistica, secondo la quale i legami chimici si stabiliscono solo tra atomi di elementi aventi opposte proprietà elettriche. Dalton e Berzelius avevano immensa autorità e influenza e la massa dei chimici senza personalità pedissequamente li seguì. Risultato: la confusione continuò, anzi crebbe per un cinquantennio, finché fu convocato nel 1860 a Karlsruhe in Germania un congresso internazionale proprio con lo scopo di mettere ordine in quella Babele e cercare di far chiarezza tra i concetti di atomo, molecola, peso atomico, peso molecolare, peso equivalente. In quella sede, grazie soprattutto a Stanislao Cannizzaro, fu finalmente riconosciuto il contributo fondamentale di Avogadro e sulla sua teoria fu costruito il nuovo sistema delle conoscenze chimiche. Ma Avogadro era morto alcuni anni prima, oscuro professore, sconosciuto alla maggioranza dei suoi colleghi.

Se noi, oggi, andiamo a rileggere l'intera produzione scientifica di Avogadro restiamo ammirati ed emozionati nel vedere quante idee moderne siano presenti in essa, così in anticipo rispetto ai tempi.

In una memoria<sup>4</sup> del 1809 Avogadro per primo affermò, in contrasto con quelle che erano le opinioni correnti, che la presenza dell'ossigeno non è essenziale per l'acidità e che in effetti esistono acidi non ossigenati come l'acido cloridrico e l'acido solfidrico. È la presenza dell'idrogeno e non dell'ossigeno (come aveva ritenuto Lavoisier) a caratterizzare gli acidi. Nello stesso articolo (intitolato

<sup>4</sup> A. AVOGADRO, «Idées sur l'acidité et l'alcalinité», *Journal de Physique*, LXIX, 142-148 (1809).

«Ideas sur l'acidité et l'alcalinité») egli ammise che l'acidità e l'alcalinità sono proprietà relative: una sostanza può comportarsi come un acido o come una base a seconda dell'altra sostanza con cui è posta a reagire. È sostanzialmente ciò che Brönsted e Lowry enunciarono circa un secolo dopo!

In un altro articolo egli per primo propose una «serie elettrochimica» estesa a tutti gli elementi e non limitata solo ai metalli, come si usava a quel tempo. (Oggi, in qualsiasi libro di chimica generale la tabella dei potenziali include tutti gli elementi, metalli e non-metalli).

In una serie di articoli sull'elettricità e il magnetismo studiò il comportamento di un materiale isolante interposto tra due superfici con cariche opposte e suggerì che l'induzione elettrica si genera attraverso la polarizzazione del dielettrico: questo, alcuni anni prima di Faraday, al quale la scoperta è usualmente attribuita.

Infine in una memoria del 1849 Avogadro introduce un modello per lo stato solido, sorprendentemente moderno.<sup>5</sup> Egli si riferisce allo stato metallico come a un'immensa molecola in cui i singoli atomi sono immersi in una atmosfera di «corpi imponderabili». Come ha messo recentemente in evidenza Linus Pauling, questo modello corrisponde esattamente a quello oggi accettato se solo sostituiamo l'espressione usata da Avogadro «atmosfera di corpi imponderabili» con il termine moderno «nuvola di elettroni». (Si noti che al tempo di Avogadro gli elettroni non erano stati ancora scoperti!).

Oggi la comunità scientifica internazionale in riconoscimento dei grandi contributi dati da Avogadro alla chimica e forse quale riparazione per non averlo capito quando lui era in vita, gli ha dedicato una delle costanti universali della natura, il numero N (detto appunto di Avogadro), cioè il numero delle molecole contenute in una mole di qualsiasi sostanza,  $6,023 \cdot 10^{23}$ .

Dopo il congresso di Karlsruhe e la definitiva accettazione della teoria molecolare da parte del mondo scientifico, il progresso chimico conobbe un'altra vigorosa accelerazione. Stabiliti finalmente con chiarezza i pesi atomici degli elementi, fu possibile individuare la periodicità delle loro proprietà e si arrivò al sistema periodico di Mendeleev.

Anche la Chimica organica trasse enorme beneficio dalla teoria molecolare: rapidamente si giunse alla corretta determinazione delle formule molecolari dei composti organici e poco dopo alla formulazione della teoria strutturale di Cooper, Kekulé e Butlerov.

E siamo così arrivati a Van't Hoff, il padre della moderna stereochimica.

Per spiegare l'esistenza di un nuovo tipo di isomeria che era stato evidenziato negli acidi lattici, l'olandese Jacobus Henricus Van't Hoff che all'epoca

<sup>5</sup> La memoria è citata da G.B. Marini Bettolo nella relazione «Contributi italiani allo sviluppo della chimica» presentata al Convegno «La Chimica: storia, fondamentali, prospettive», Roma 1989 e pubblicata su *Rendiconti dell'Accademia Nazionale delle Scienze detta dei XL*, vol. XV, tomo 1, parte II, p. 19 (1991).

aveva solo ventidue anni e lavorava fuori dalle strutture accademiche in un istituto di veterinaria, pubblicò nel 1874 una memoria<sup>6</sup> in lingua olandese, il cui titolo tradotto in italiano suona così: «Proposta di sviluppare nello spazio le attuali formule strutturali chimiche, con osservazioni sui rapporti tra potere rotatorio e costituzione chimica nei composti organici».

La grande novità consisteva nel fatto che le molecole dovevano essere viste come entità tridimensionali e le quattro valenze dell'atomo di carbonio dovevano essere immaginate dirette verso i vertici di un tetraedro.

Nella memoria, un atomo di carbonio veniva definito *asimmetrico* quando le sue quattro valenze erano unite a quattro gruppi atomici differenti. In questo caso vengono a mancare nella molecola elementi di simmetria ed esistono due (e solo due) configurazioni che sono l'una l'immagine speculare dell'altra e non sono sovrapponibili: a queste due configurazioni corrispondono due stereoisomeri, uno dei quali devia il piano della luce polarizzata verso destra, l'altro verso sinistra. Nel caso particolare degli acidi lattici i gruppi differenti legati al carbonio asimmetrico erano il metile, il carbossile, l'ossidrile e l'atomo di idrogeno.

Nella memoria in questione Van't Hoff espone i postulati fondamentali della sua teoria (che qui non è il caso di riportare) che rappresentano le basi di una nuova scienza: la stereochimica.

Nei mesi successivi il giovane Van't Hoff approfondì la sua teoria, spiegando anche l'isomeria dei derivati etilenici e quelli degli alleni e nel 1875 pubblicò una nuova e accresciuta edizione della sua memoria, questa volta in lingua francese «La chimie dans l'espace».

La sconvolgente teoria fu accolta nei casi migliori con freddezza e scetticismo, in quelli peggiori con reazioni inconsulte. L'ipotesi del giovanissimo sconosciuto appariva a molti troppo astratta e fantasiosa. Stupisce che a questo rifiuto si associassero anche i padri della teoria strutturale, il russo Butlerov e il tedesco Kekulé (che pure, alcuni anni prima, aveva proposto la tetraedricità del carbonio), sebbene la nuova teoria rappresentasse uno sviluppo logico della teoria strutturale. Probabilmente giocavano il rammarico per non esserci arrivati loro e la gelosia verso il giovane nuovo protagonista che si affacciava sulla scena della Scienza mondiale a togliere la luce della ribalta ai vecchi primattori.

Altri chimici del tempo, M. Berthelot, W. Lossen, A.W. Kolbe si schierarono apertamente contro la nuova teoria. Fu una lotta generazionale: i chimici della generazione precedente ritenevano insopportabile che il loro modo di pensare agli atomi e alle molecole dovesse essere messo radicalmente in discussione a opera di un giovanissimo chimico sconosciuto che per di più lavorava fuori dalle strutture accademiche, addirittura in un laboratorio di veterinaria!

Le espressioni usate da Kolbe nel suo articolo «Zeichen der Zeit» («Segni

<sup>6</sup> J.H. VAN'T HOFF, *Arch. Néerl. Sci.*, 9, 445-454 (1874).

del tempo») apparso nel 1877 sul *Journal für Praktische Chemie*<sup>7</sup> sono indicative dell'eccitazione provocata dalle nuove idee e dal basso livello cui era scesa la polemica: «Nell'articolo da poco pubblicato [quello di Van't Hoff, peraltro già pubblicato da tre anni] ho individuato come una delle cause della presente decadenza degli studi chimici in Germania sia da ricercare nella limitata cultura chimica generale e di base di molti nostri professori. Una conseguenza di ciò è la crescita della malerba della filosofia naturale che vorrebbe apparire scientifica e fruttuosa ma è invece banale e insensata. Definitivamente debellata cinquant'anni fa e sostituita dalla seria ricerca sperimentale, la filosofia naturale è al tempo d'oggi rimessa di nuovo in circolazione ad opera di pseudo ricercatori che sono andati a ripescarla nella pattumiera che raccoglie i rifiuti della mente umana». E continua, con ironia sempre più pesante: «Essi [gli pseudo ricercatori] vorrebbero introdurre questa ragazza leggera [leggi: la filosofia naturale], dopo averla ben truccata e vestita con abiti alla moda, nella buona società, dove non c'è posto per lei». «Coloro che ritenessero eccessive queste mie preoccupazioni dovrebbero leggere (se ne sono capaci) l'articolo totalmente fantasioso del signor Van't Hoff sulla disposizione degli atomi nello spazio. Avrei taciuto su questo lavoro come ho già fatto in passato su tanti altri analoghi, se un chimico illustre [Kolbe si riferisce a J. Wislicenus] non lo avesse preso sotto la sua protezione, decantandolo come un importante contributo scientifico».

E prosegue, con crescente sarcasmo: «Quel certo signor Van't Hoff, che lavora in un laboratorio di una scuola di Veterinaria non predilige certo la ricerca chimica seria ed esatta; egli preferisce piuttosto montare su Pegaso (presumibilmente noleggiato alla scuola di veterinaria) e scoprire nella sua "chimica nello spazio" come gli appaiono gli atomi nell'Universo dall'alto del Parnaso chimico, raggiunto grazie al suo ardito volo».

E conclude, riferendosi sempre a Van't Hoff: «Il gioco della sua fantasia è totalmente mancante di basi reali ed è assolutamente incomprensibile ai ricercatori seri e di buon senso. [...] È veramente un triste segno dei tempi attuali che un chimico sconosciuto che lavora in un istituto di veterinaria, osi affrontare problemi complessi ed ardui come la disposizione degli atomi nello spazio con una sfrontata sicumera che francamente offende i veri ricercatori seri della natura».

Quanto a Wislicenus che aveva osato approvare e addirittura esaltare un articolo di tal genere, secondo Kolbe «ha cessato di far parte della schiera dei veri scienziati per passare nel campo dei filosofi naturalistici (di infausta memoria) che solo un sottilissimo stecchetto separa dal campo dagli spiritisti».

La scoperta era comunque ormai matura. Subito dopo Van't Hoff e indipendentemente da lui, il francese J.A. Le Bel<sup>8</sup> era arrivato alle stesse conclu-

<sup>7</sup> H. KOLBE, «Zeichen der Zeit», *Journal Pract. Chemie*, XV, 473, 1877.

<sup>8</sup> J.A. LE BEL, «Relation entre la constitution chimique et le pouvoire rotatorie», *Bull. Soc. Chim. de Paris*, XXII, 337 (1874).



sioni, partendo da premesse diverse. Negli anni successivi, dopo Wislicenus, anche altri illustri chimici come W. Ostwald, C.A. Wurtz, H.H. Landolt riconobbero esplicitamente la validità dell'idea rivoluzionaria di Van't Hoff. E. Fisher, A. Baeyer, V. Meyer, P.I. Walden, A. Werner con le loro ricerche, ne consacrarono definitivamente il trionfo.

Quanto a Van't Hoff, trasferitosi nell'Università di Utrecht, ebbe una carriera scientifica trionfale. Il suo spirito creativo, dopo aver praticamente fondato la stereochimica, contribuì negli anni successivi ad aprire altri settori completamente nuovi della chimica.

Applicando per primo le leggi della termodinamica ai processi chimici, può essere oggi considerato il padre della termodinamica chimica. Per le sue ricerche sulla pressione osmotica e sulle proprietà delle soluzioni e per i suoi pionieristici studi sugli equilibri e sulla cinetica chimica, egli può a buon diritto essere considerato uno dei padri della Chimica Fisica.

Il mondo scientifico lo riconobbe premiando questo gigante con il conferimento del primo Premio Nobel per la Chimica, nel 1901.

Giunti al termine di questa carrellata, è il momento di riassumere e di concludere.

I grandi balzi in avanti della chimica sono stati opera di relativamente pochi uomini altamente geniali e creativi.

Verso le grandi idee innovative e rivoluzionarie c'è però una sorta di rigetto da parte della comunità scientifica che tenta in tutti i modi di mantenere lo «statu quo».

Questo rigetto si manifesta in due modi: quando l'idea è troppo in anticipo sui tempi, semplicemente ignorandola e non comprendendola (lo abbiamo visto con gli esempi di Boyle e Avogadro); quando l'idea è matura, con una opposizione frontale che può assumere toni scomposti e grotteschi (lo abbiamo visto con gli esempi di Lavoisier e Van't Hoff).

Se però le idee sono buone, prima o dopo esse vengono accolte e la Scienza va avanti.

BERNADETTE BENSAUDE VINCENT (\*)

**History Confronts Memory.  
Some reflections on Lavoisier's Centennial  
and Bicentennial<sup>1</sup>**

The bicentennial of Lavoisier's death on May 8, 1794, has been celebrated with a great commemorative fervour in various countries. What are the meanings and purposes of such commemorative events.

Celebrations are rituals clearly intended to reinforce the collective memory of a scientific community. Their function is mainly to re-enact past events rather than reconstructing them or accounting for them. The significance of the celebration usually rests on the assumption of a founding father or a founding event of the discipline concerned. In the French chemical community Lavoisier still reigns as the uncontested father of modern chemistry and French pupils are still taught that the basic law of chemistry is "Rien ne se perd, rien ne se crée", and that this is Lavoisier's law. So strong remains the identification of Lavoisier with the discipline of chemistry, at least in France, that 1994 has been declared the "Year of Chemistry".

Because they belong to the realm of memory rather than real history, commemorations are not especially attractive to historians of science, usually more willing to revise than to repeat canonical accounts. Professional historians working on recent events accessible to individual memories often come into conflict with the actors and witnesses of the past events under study. Most often they easily distinguish their own historical, analytical approach, based on archives, from the oral collected memories. But what happens when the memories of the past have been "frozen", stabilized through written reports, transmitted from one generation to the following one? The term "doxography" traditionally used to name that kind

(\*) Département de Philosophie, Université Paris X, France.

<sup>1</sup> An earlier version of this paper has been read at the Boston Colloquium on Scientific Commemorations, Boston, April 1995. Presented at the VI National Meeting «Storia e Fondamenti della Chimica» (Cagliari, 4-7 October 1995).

of literature, strongly implies that it belongs to the realm of the “doxa”, a low-level non-scientific, pseudo-knowledge that should be superseded by the “episteme”, namely the scientific discourse provided by professional historians of science.

Using the Lavoisier case, through a rapid survey of the centennial and bicentennial celebrations of his death, I will try to question such clearcut distinctions between memory and history. I have been concerned with this issue when I became aware of a persistent gulf between the scholarly reappraisals of the chemical revolution centered around Lavoisier, and his public image among apprentice and professional scientists. In spite of many attempts and efforts made by professional historians to emphasize the consistence of the pre-lavoisian chemistry and to spread more sophisticated interpretations of the chemical revolution among scientific milieux, most chemists remain clung to the image of the founding father. To all historians of science familiar with Lavoisier's works, it is clear that Lavoisier did not invent the so-called “Lavoisier's law”, and did not even consider “Rien ne se crée” as a law. Over the past decades, the historiography of chemistry has been enriched by a number of studies emphasizing the disciplinary structure of chemistry, prior to the chemical revolution. In contrast to traditional views of eighteenth-century chemistry as an immature, dependent science, chemistry has been characterized as a well-established academic discipline, clearly distinguished from the chemical arts.<sup>2</sup> Evan Melhado advocates a clear distinction between the disciplinary formation of chemistry and the chemical revolution.<sup>3</sup> In highlighting investigations on the nature of salts by academic chemists, F. Lawrence Holmes has been led to describe the chemical revolution as a reconstruction of only one domain within a larger theoretical and practical framework.<sup>4</sup> And it must be stressed that the coherence and importance of eighteenth-century chemistry is not a recent discovery by professional historians that has not yet had sufficient time to diffuse. Its maturity was already assumed by Pierre Duhem as early as 1904 and the rationality of the phlogiston theory was emphasized by Emile Meyerson in 1921.<sup>5</sup> As early as 1915, Aldo Mieli portrayed Lavoisier as the acme of the pneumatic

<sup>2</sup> For instance, MAURICE P. CROSLAND, «Chemistry and the Chemical Revolution», in *The Ferment of Knowledge: Studies in the Historiography of Eighteenth-Century Science*, ed. G.S. Rousseau and Roy Porter (Cambridge: Cambridge University Press, 1980), pp. 389-418. CHRISTOF MEINEL, «Theory or Practice? The Eighteenth-Century Debate over the Scientific Status of Chemistry», *Ambix*, 1983, 30, 68-103.

<sup>3</sup> EVAN M. MELHADO, «Metzger, Kuhn, and Disciplines», in *Studies on Héléne Metzger*, ed. Gad Freudenthal, (Leiden, New York, E.J. Brill, 1990) pp. 111-134. «Toward an Understanding of the Chemical revolution», *Knowledge and Society: Studies in the Sociology of Science Past and Present*, 1990, 8, 123-37.

<sup>4</sup> FREDERIC L. HOLMES, *Eighteenth-Century Chemistry as an Investigative Enterprise* (Berkeley, University of California Press, 1989).

<sup>5</sup> P. DUHEM, *Le Mixte et la combinaison chimique*, Paris, 1904; second edition Paris, Fayard, 1985. EMILE MEYERSON, *De l'explication dans les sciences*, Paris, 1921, second edition Paris, Fayard, 1995.

chemistry, who rather completed the chemistry of his century than announced modern chemistry.<sup>6</sup> A similar view on the chemical revolution was later developed in H el ene Metzger's works dating from the 1930s.<sup>7</sup> Nevertheless, these historiographical analyses did not alter the common image of Lavoisier as the founder of chemistry.

One might consider that the appropriate response of professional historians would be simply to fight against distortions in "the" history of the chemical revolution, to use the opportunity of the bicentennial for substituting a more correct narrative of the "actual past".

Passing over the issue of whether the professional historian can reach the "actual past", I would like to stress that any such program would underrate the significance of the reconstructions of the past to scientific communities. Mythical portrayals of founding fathers of a scientific discipline are too frequent a phenomenon to be casually overlooked by professional historians. They are so deeply ingrained in scientific mentalities, that they can be analysed as some kind of "loci memori",<sup>8</sup> lieux de mémoire, which are integral part of a cultural history of science.

## I

In 1890, the British magazine *Nature* noticed that Lavoisier was not honored by a statue in the city where he was born and where he died.<sup>9</sup> Although Berthelot's volume on Lavoisier can be considered as more relevant than a statue for commemorating a great savant, it was clear that Lavoisier's tragic end on the guillotine required more than that, a public gesture of repentance by the French Republic materialized in the stone of a monument. In fact, small statues of Lavoisier could already be seen in the city of Paris, one on the front wall of the Town Hall rebuilt in a neogothic style in 1882, and one in the main amphitheater of the Sorbonne renovated after a decree of 1880.<sup>10</sup> It is true, however, that no direct

<sup>6</sup> ALDO MIELI, «La posizione di Lavoisier nella storia della chimica», *Scientia*, XVII, 1915; French transl., «Le rôle de Lavoisier dans l'Histoire des sciences», *Archeion*, 14, 1932, p. 51-56. On Aldo Mieli's interpretation of Lavoisier see FERDINANDO ABBRI, «L'opera di Lavoisier nell'interpretazione di Aldo Mieli», *Annali dell'istituto e museo di storia della scienza di Firenze*, VII, fascicolo 1, 1982, 71-82.

<sup>7</sup> PIERRE DUHEM, *Le Mixte et la combinaison chimique*, Paris, 1902, reprint Fayard, Paris, 1985); H EL ENE METZGER, *Newton, Stahl, Boerhave et la doctrine chimique*, Paris, 1930, reprint Blanchard, 1974; «Introduction   l'étude du rôle de Lavoisier dans l'histoire de la chimie», *Archeion*, 14, (1932), p. 31-50; *La Philosophie de la matière chez Lavoisier*, Paris, Hermann, 1935.

<sup>8</sup> See PIERRE NORA, *Lieux de mémoire*, Paris, Gallimard, 1984-1992, 4 vols.

<sup>9</sup> Quoted without reference in *Cosmos*, 16, 1890, p. 408-409.

<sup>10</sup> On the main front wall of the H otel de Ville, Lavoisier is honored along with two famous Parisian writers Moli re and Voltaire and another Parisian scientist who was politically committed during the French revolution, Lazare Carnot. In the Sorbonne, Lavoisier is one among six figures

decision to honor Lavoisier — for instance, a symbolic transfer of his ashes to the Pantheon, like the recent decree concerning Pierre and Marie Curie — came from the French government neither for the centennial nor for the bicentennial.

Finally in 1894, thanks to a subscription raised by the Academy of Sciences,<sup>11</sup> a monument was erected and inaugurated in 1900 on the occasion of the World Exhibition held in Paris. This monument designed by the French sculptor L.E. Barrias was located on Place de la Madeleine and has been destroyed in 1940 by the German troops of occupation. There was a statue of Lavoisier standing (people say that the sculptor used Condorcet and not Lavoisier as a model) with three or four bas-reliefs representing scenes of Lavoisier's life. From the pictures of the bas-reliefs, we can see that Lavoisier is portrayed at work and in a social context. One bas-relief represents Lavoisier in his private laboratory, performing an experiment with a pneumatic chest. He is assisted by his wife, sitting in a corner and apparently writing down what was going on in the laboratory notebook. A more unusual detail, is the portray of a technician or factotum carrying a heavy piece of material.<sup>12</sup> The second bas-relief represented Lavoisier reporting an experiment of calcination of lead before a host of colleagues from the Academy. The most striking feature of this monument is that it did not respond to the public image that popular science magazines, which flourished in nineteenth-century France, had forged. They used to portray Lavoisier as a lonely genius, working apart from the crowd. Like Copernicus or Galileo, he bravely fought the scientific establishment who was unable to understand his continuous and radical innovations.<sup>13</sup> Without suggesting that the monument was explicitly aimed at counteracting the image of Lavoisier forged by journalists and popular writers, it is clear enough that in the French collective memory the image of Lavoisier as an outsider or a marginal scientist competed with the image of Lavoisier as an academcian and a "chef d'école". Such conflicting images show that scientific memory should not be viewed as a monolithic and static set of clichés but rather as complex set of representations emerging from tensions between local cultures, in that case between popular and academic cultures.

displayed on a crown all around the amphitheater, Robert de Sorbon in front of Richelieu, Descartes in front of Pascal, and Lavoisier in front of Charles Rollin a seventeenth-century writer, dean of Paris university who suggested a reform of the curriculum and wrote a volume on pedagogy.

<sup>11</sup> See an extract of the *Comptes-rendus de l'Académie des sciences*, dated November 25, 1899, Archives de l'Académie des sciences, Lavoisier file N° 2.

<sup>12</sup> Steven Shapin noticed that assistants and technicians were most often omitted from the iconography of experiments «The House of experiment in seventeenth-century England», *Isis*, 79, 1988, p. 373-404; «Le technicien invisible», *La recherche*, 22 mars 1991, p. 324-333.

<sup>13</sup> See for instance G. Bruno's extremely popular textbook *Le Tour de France par deux enfants*, Paris, 1877, p. 290-291; Ferdinand Hoefer's entry on Lavoisier in *La Nouvelle Biographie générale* (Paris, Didot, 1851). More examples can be found in B. BENSUADE-VINCENT, *Lavoisier, mémoires d'une révolution*, Paris, Flammarion, 1993, pp. 387-392.

The situation looks more complex when it is noticed that the dignifying portrayal of Lavoisier as a member of the Academy was not inspired by the Academy itself. This venerable state institution remained strangely silent for the centennial anniversary of Lavoisier's death. I found no traces of any commemorative ceremonies organized by the Academy in 1894. A "notice historique" on Lavoisier was read by Berthelot, who was the permanent secretary at a public session, in December 1889.<sup>14</sup> But this paper was not conceived as an academic eulogy. On the contrary, it was presented as a reappraisal of Lavoisier's achievements, based on a first survey of Lavoisier's manuscripts recently deposited at the Archives of the Academy of Sciences, with a firm criticism of a number of historical errors. In fact, Berthelot was one of the first who was able to read the Lavoisier's manuscripts, together with Edouard Grimaux, a chemist teaching at the Ecole Polytechnique who published the first biography of Lavoisier in 1888. Berthelot had already carried historiographical work on manuscripts, as can be seen from his *Origines de l'alchimie* (1885).

Did he act more as an historian or as the leader of the French chemical community shaping its collective memory? There is no clear answer to this question. The tone is certainly hagiographic like Grimaux's biography, but not worshipping in the manner of Jean-Baptiste Dumas's commemorative lecture delivered in 1836, at the College de France.<sup>15</sup> Berthelot criticized the religious *aura* surrounding Lavoisier, denying for instance his alleged infallibility.<sup>16</sup> Unlike Dumas who invoked Lavoisier as a model of the positivistic attitude prescribing to reject hypotheses, Berthelot did not seek to legitimate his anti-atomism through a reference to Lavoisier's methodology. For Berthelot, Lavoisier certainly deserved the title of the founder of chemistry, but he was only a founder. He did not anticipate nor even predetermined the future developments of chemistry, as some chemists argued. Lavoisier did not personify the whole discipline of chemistry, but it is clear from the title that he embodied the chemical revolution. Berthelot insisted that the chemical revolution was not a collective enterprise, but the work of a unique genius, who, like Newton superseded the work of many collective generations.<sup>17</sup>

Berthelot's glorification of the genius, which in fact reassessed Lavoisier's famous claim of ownership of the chemical revolution, has to be contextualized in

<sup>14</sup> MARCELIN BERTHELOT, «Notice historique sur Lavoisier», lue à la séance publique de l'Académie le 30 décembre 1889, *Le Moniteur scientifique*, 35, 1890, p. 125-145; reprinted with slight modification as an introduction to *Lavoisier, la révolution chimique*, (Paris, Alcan, 1890).

<sup>15</sup> JEAN BAPTISTE DUMAS, *Leçons sur la philosophie chimique*, (Paris, 1837, reprint Bruxelles, Culture et civilisation, 1972), p. 113. For a more detailed description of Dumas's lecture, B. BENSUADE-VINCENT, «A founder myth in the History of Sciences? The Lavoisier case», in *Functions and Uses of Disciplinary Histories*, L. Graham, W. Lepenies, P. Weingart eds (Dordrecht, Reidel Publishing Company, 1983), p. 53-78.

<sup>16</sup> M. BERTHELOT, *Lavoisier, la révolution chimique*, (Paris, Alcan, 1890) p. 53.

<sup>17</sup> *Ibid.*, p. 23.

the climate of a long and violent controversy over the role of Lavoisier in the chemical revolution which started in the midst of the Franco-Prussian war and did not stop until World War I. Berthelot's emphasis on Lavoisier's genius can be seen as a response to repeated attacks against Lavoisier, which themselves were the reply to Adolphe Wurtz's provokative statement published in 1868: "La chimie est une science française: elle fut constituée par Lavoisier, d'immortelle mémoire. Pendant des siècles, elle n'avait été qu'un recueil de recettes obscures, souvent mensongères, à l'usage des alchimistes et plus tard des iatrochimistes. Vainement un grand esprit, G.E. Stahl, avait essayé, au commencement du XVIII<sup>e</sup> siècle, de lui donner une base scientifique. Son système ne put résister à l'épreuve des faits et à la puissance critique de Lavoisier".<sup>18</sup> This opening sentence of a *Dictionnaire de chimie pure et appliquée* was perceived as a declaration of war on the other side of the Rhine and prompted violent replies from German chemists. Although the German translator tried to qualify this statement, Hermann Kolbe soon published a polemical article "On the State of the French Chemistry" arguing that Wurtz's statement simply betrayed his humiliated national pride and nostalgia of the golden age, in view of the present Prussian superiority in chemistry.<sup>19</sup> Jakob Vohlard replied with a detailed historiographical essay arguing that, compared with Scheele and Priestley, Lavoisier was not a good chemist. Rather he was an amateur. Moreover, he did not really overthrow phlogiston but merely his hypothetic character.<sup>20</sup>

The chief result of Wurtz's attempt at ascribing a fatherland to chemistry, was to focus all German and French historiographical productions on chemistry one single question "who is the founding father of chemistry? Stahor Lavoisier?". It does not mean that all the histories of chemistry published in this period were chauvinistic. In Germany, Hermann Kopp and Albert Ladenburg made all efforts to remain apart from Kolbe's and Volhard's positions.<sup>21</sup> However brilliant, these

<sup>18</sup> C. ADOLPHE WURTZ, «Histoire des doctrines chimiques de Lavoisier», in *Dictionnaire de chimie pure et appliquée*, 3 vols (Paris, Hachette, 1869-1878), t. I, p. 1.

<sup>19</sup> HERMANN KOLBE, *Journal für Praktische Chemie*, 1870, 110, 173-183; see ALAN J. ROCKE, *The Quiet revolution. Hermann Kolbe and the Science of Organic Chemistry*, (Berkeley, University of California Press, 1993), p. 340-352; A.J. ROCKE and E. HEUSER eds, *Justus Liebig und Hermann Kolbe in ilben Briefen*, 1846-1884, (Mannheim, Bionomica, 1994) forthcoming.

<sup>20</sup> J. VOHLARD, «Die Begründung der Chemie durch Lavoisier», *Journal für praktische Chemie*, 1870, 110, 1-47. See also ALAN J. ROCKE, «Between two stools: Kopp, Kolbe, and the history of chemistry», *Bulletin for the History of Chemistry*, 7, 1990, 19-24; «Adolphe Wurtz as historian of chemistry», *Ambix*, 1994 ...

<sup>21</sup> HERMANN KOPP'S, *Entwicklung der Chemie in der Neueren Zeit*, (Munich, Oldenburg, 1873) see ALAN J. ROCKE, «Between two stools: Kopp, Kolbe, and the History of Chemistry», *Bulletin for the History of Chemistry*, 1990, 7, 19-24. ALBERT LADENBURG, *Vorträge über die Entwicklungsgeschichte der Chemie in der letzten hundert Jahren* (1869), became *Vorträge über die Entwicklungsgeschichte der Chemie von Lavoisier bis zur Gegenwart* in the 2nd edition issued in 1879. Significantly, Albert Ladenburg, who as a student had spent some time in Wurtz's laboratory,

exceptions did not prevent French counter strokes. In 1891, Raoul Jagnaux published a detailed *History of Chemistry*, openly inspired by a will to conclude that chemistry is a French science.<sup>22</sup> The French translation of Ladenburg's volume was prefaced by a French chemist, A. Colson, who complained that Ladenburg minimized the contribution of French organic chemists.<sup>23</sup>

All these debates were contemporary of the professionalisation of history in Germany and France.<sup>24</sup> Can we then contrast the chauvinistic collective memory of the chemists' community with the more balanced and more objective views developed by historians? In fact, the chemists historians were no more and no less objective than their fellow historians and equally contributed to deconstruct myths. Berthelot explicitly stated that Lavoisier did not author the law of conservation of matter; and that he was not the first chemist who introduced the balance in the laboratory. It was a professional historian of the French revolution, James Guillaume, who after a close examination of the minutes of the revolutionary Tribuna leestablished that the famous word "La république n'a pas besoin de savants" was a legend. Nevertheless, hasty conclusions opposing memory and objective history based on archive materials would be misleading. The historians who denounced the legend surrounding Lavoisier's death were obviously inspired by strong republican feelings and like most of their colleagues first considered themselves as Republicans.<sup>25</sup>

To sum up, when contextualized in contemporary debates, the centennial image of Lavoisier appears as remarkably moderate. On the one hand, there were strikingly very few commorative events of Lavoisier's death. Presumably, the Republican scientific establishment did not want to revitalize the image of Lavoisier as a victim of the Terror. On the other hand, far from reinforcing the image of Lavoisier as the founder of the whole of chemistry, the commemoration provided an opportunity to revise a number of clichés deeply rooted in the collective memory

changed the title of his book in response to the polemics between Kolbe and Wurtz, explicitly mentioning Lavoisier as the first modern chemist.

<sup>22</sup> «La chimie est donc dans ses grandes lignes, une science française. C'est pour le démontrer que le présent ouvrage a été écrit», R. JAGNAUX, *Histoire de la chimie* (Paris, Librairie polytechnique, 1891), 2 vols, I, p. iii.

<sup>23</sup> ALBERT LADENBURG, *Histoire du développement de la chimie depuis Lavoisier jusqu'à nos jours*, (Paris, Hermann, 1911).

<sup>24</sup> WILLIAM R. KEYLOR, *Academy and Community. The foundation of the French Historical Profession*, Cambridge, Harvard University Press, 1975; CHARLES-OLIVIER CARBONNELL, *Histoire et historiens. Une mutation idéologique des historiens français, 1865-1885*, Toulouse, Privat, 1976.

<sup>25</sup> POUCHET G., *Les sciences pendant la Terreur*, Paris, 1986; GUILLAUME J., «Un mot légendaire: La république n'a pas besoin de savants», *Révolution française*, 39, (1900), 385-99; reprint in *Etudes révolutionnaires*, 1908, 136-55; «Lavoisier anti-clérical et révolutionnaire», *Révolution française*, 26, (1907), 402-23, reprint in *Etudes révolutionnaires*, 1<sup>o</sup> série, Paris, 1908, 354-79. For a more recent account of this legend see GOUPIL M., HOREAU A. (1990), «La république n'a pas besoin de savants: Légende ou réalité?», *La Vie des Sciences*, 7, 231-36.



thanks to a more professional historiography. It did not, however, entail a complete revision of the narratives of Lavoisier's achievements. The access to new source materials and the more critical methods of a renewed historiography did neither close the controversy between German and French chemists nor deconstruct the mythical image of the founding hero.

## II

In 1994, an official commemoration of Lavoisier's death has been organized by the Academy of science. Apparently, after so many debates raised on the occasion of the bicentennial of the French revolution, the tragic end of Lavoisier on the guillotine was no longer a topic that should be avoided.

The most striking feature of the Lavoisier bicentennial conferences is that the image of the founding father is more vivid in 1994 than a century before. Whatever the recent historiographical developpements, they did not alter the portray of the founder.

In a number of cases, the celebration of the founder was no more than a rhetorical figure. The name of Lavoisier was used as an excuse to raise funds and organize a meeting on modern science. Such were the annual meeting of the Société française de chimie and the Mexican Conference "Lavoisier entre Europa y America: Las ciencias quimicas y biologicas 200 anos despues". In both cases, the reference to Lavoisier can be described as a strategical attempt to overcome the tensions and potential conflicts generated by a diversity of subdisciplines and subgroups and recreating the unity of an institution.

The name of the founder was also used for teaching purposes. Lavoisier scholars were invited to encourage teachers in their attempt to introduce historical dimensions in chemistry teaching. These meetings were, in my view, the most innovative. The audience was receptive to new trends of historiographical research and, moreover, ready to interact with professional historians.<sup>26</sup> In some schools named after Lavoisier, the commemoration provided an opportunity to stimulate the creativity of pupils and teachers. Far from the venerable figure of the academician savant, eight-year-school children made a lot of fun in writing and performing a theatre play. Pupils of the lycée Lavoisier in Paris also wrote a play and invented a quizz and various play games around Lavoisier.<sup>27</sup>

<sup>26</sup> For instance the meeting held in Barcelona «Jornades d'estudi de la figura i obra d'A. Lavoisier», Universidade Autonoma de Barcelona, Centro d'Estudis catalans, 25-26 mai 1994.

<sup>27</sup> For instance the commemorative program of the Lycée Lavoisier in Paris included an exhibition realized by the pupils; a 15 mn video «Regards sur Lavoisier»; various talks on Lavoisier; the reproduction of Lavoisier's experiments of decomposition of water; a quizz questionnaire and a theatrical performance. Another theatre play entitled «Vous avez dit

It was the Académie des sciences who most revitalized the image of the founder. The four days Conference organized by the Académie in May 1994 was a strange aggregate of canonical accounts of Lavoisier's works and career by professional chemists and of historiographical views by a few professional historians. Four lectures delivered at the opening ceremony under the coupola of the Académie des Sciences successively presented Lavoisier as the founder of modern chemistry, as the founder of this part of physiology called bioenergetics, as the founder of agricultural science and to end up, as the heir of Archimedes and Newton, the founder of the modern scientific experimental method. So fervent was the cult of the founding father that the President of the Lavoisier Committee assumed that, had Lavoisier survived the turmoil of the revolution for 25 more years, he would have developed the atomic theory, and structural chemistry.<sup>28</sup>

The chemists who revitalized the cult of the founding hero were not ignorant of the most recent developments in the historiography of the chemical revolution. Some of them reacted very strongly, as leaders of the chemists' folk, to the "offense" made to the memory of their father. However, the vice-Président of the Academy, the late Claude Fréjacques cleverly used the recent biographies of Lavoisier to shape a new-look founder. In a paper entitled "The modernity of Lavoisier", he argued that Lavoisier was modern in the sense that he was concerned with problems very similar to ours, such as public hygien, environment, military defense, management of agricultural and human resources. In emphasizing Lavoisier's various and intense activities, the Académie des Sciences timidly renovated the image of Lavoisier and tried to make it more appealing to modern chemists. Portraying Lavoisier as an active, a responsible, and transdisciplinary civil servant is certainly congruent with the self-image that the Académie des sciences is seeking to promote as a dynamic institution, immersed in public affairs and concerned with public welfare.

However, the centennial of Pasteur celebrated in 1995 with great shows that biologists went much further than chemists in the revision of the canonical portrays of founding heroes. That Bruno Latour's portray of Pasteur as an entrepreneur, as a clever tactician became the official portray of the Pasteur Institute can certainly betray a radical change in the strategy of this Institute.<sup>29</sup> And a new cliché, largely spread through popular books and the popular press is a portray of Pasteur as a "carrierist" stimulated by a strong will of power; By contrast, the chemical community and the chemical industries were not ready to use the bicentennial commemoration of Lavoisier to support or legitimize new entrepreneurial science

Lavoisier?» was written and performed by the eight-year-old pupils of the Lavoisier primary school at Chalons-sur-Marne.

<sup>28</sup> HENRI KAGAN, «Lavoisier, chimiste», *Il y a deux cents ans, Lavoisier, Actes du colloque, Paris-Blois, 3-6 mai 1994*, Paris, Académie des sciences, 1995, p. 9.

<sup>29</sup> See BRUNO LATOUR, *Pasteur*, Librairie Académique Perrin, 1995. I am grateful to Jean Paul Gaudillière for calling my attention on this point.

policies. Lavoisier remains a classical symbol of scientific progress brought about by a good balance between pure and applied research.

Significantly, the statue which has been inaugurated for the bicentennial, in the garden of the Maison de la chimie in Paris, is an old statue sculpted by Ossip Zadkine (1890-1967) forty years ago, at the request of the Société chimique de France. This small cubist figure, already out of fashion will hardly carry a message of modernity

Without suggesting simplistic correlations, certainly the contrast between the rather conservative commemoration of Lavoisier and the more innovative commemoration of Pasteur as well as the similar contrast emphasized above between the centennial and the bicentennial commemorations of Lavoisier might tell something about the present state of the discipline of chemistry.

### III

From this brief comparison of the centennial and bicentennial Lavoisier celebrations, what can be concluded concerning the opposition between history and memory?

The view that scientific commemorations are social rituals which help scientific communities to enhance their social prestige is certainly confirmed. Although in 1994, the chemical community was not able to recast the image of the founder so as to improve its public image and attract brilliant students into chemical studies, it was able to reinforce or recreate the unity and identity of a discipline beyond the subdisciplinary divisions and tensions. The commemorating events were also essential because through the reference to a founding event and a genealogy of heirs, chemists have mapped or remapped a specific space-time for the discipline, distinct from civil time.

In spite of the strong analogy with religious practices (specific calendar and commemorative rites), scientific commemorations are not independent from, nor indifferent to, historiographical accounts. They are very much concerned with historical authenticity.<sup>30</sup> The Lavoisier case suggests that the cult of the founder even fostered historiographical studies on the chemical revolution in the late nineteenth century. The first historical narratives of the chemical revolution based on primary sources were written by working chemists who managed a compromise between two requirements: maintaining alive the memory of the founder and criticizing historical distortions in order to write more correct narratives of the founding events.

<sup>30</sup> See for instance ABIR-AM P., «A historical ethnography of a scientific anniversary in molecular biology: the first protein X-ray photograph (1983, 1934)», *Social Epistemology*, 6, 1992, 323-354.

The most striking “lesson” delivered by the Lavoisier case is that reliance on primary sources does not allow historians to adopt the comfortable position of “myth-exposer”. Coming back to Lavoisier’s own collected works, it is clear that performing and writing narratives of the chemical revolution were one and the same process. The revolutionary events were already shaped by narratives of what was going on. Considering the successive layers of interpretation of the chemical revolution over the past two centuries, it is manifest that all historiographical accounts have been heavily influenced by “memories”, by the attitudes of those who defined themselves as disciples or heirs of Lavoisier.

Continuity or discontinuity? Revolution or foundation of chemistry? Revolution in chemistry or revolution into chemistry? Most of the issues which have oriented the historiography of the chemical revolution over the past decades were already at stake among the actors of the chemical revolution. It is wellknown that Lavoisier was very conscious of his role as a revolutionary since, as early as 1773. Lavoisier went even further, in suggesting that he was founding chemistry as a science. It was not memory but rather amnesia who encouraged the move from the idea of revolution to that of foundation. To forget all the past errors and prejudices, and learn chemistry directly from nature was the guiding principle that Lavoisier borrowed from Condillac’s empiricist philosophy. He might also have been encouraged by his colleagues Coulomb, Haüy who also frequently did not mention their colleagues or rivals and tended to eliminate prior achievements so that their work appeared as a fresh start.<sup>31</sup>

The image of a radical foundation has been reinforced by the reform of the chemical nomenclature. According to the authors of the *Méthode de nomenclature*, the reform was intended to “improve” the language of chemistry, to discard the errors and prejudice which hindered the advancement of science.<sup>32</sup> However, when the new nomenclature based on the antiphlogistic doctrine was finally adopted and widespread all around Europe, the chemists brought up two or three generations after the reform were no longer able to read or understand the treatises written before Lavoisier. On the long term, one main result of the reform of nomenclature was thus to deprive the chemical community of the memory of its past. Hence, the

<sup>31</sup> The analogy between Lavoisier’s, Haüy and Coulomb’s styles has been pointed out by CHRISTINE BLONDEL in «La mécanisation de l’électricité: idéal de mesures exactes et savoir-faire qualitatifs», in C. Blondel and Matthias Dörries eds., *Restaging Coulomb. Usages, controverses et réplifications - autour de la balance de torsion*, Olschki, Florence, 1994 (forthcoming). Coulomb went even further than Lavoisier: not only he did not mention Cavendish’s results of experiments, he also used to refer to his law as «la loi fondamentale de l’électricité».

<sup>32</sup> LOUIS BERNARD GUYTON DE MORVEAU, «Sur les dénominations chymiques, la nécessité d’en perfectionner les système et les règles pour y parvenir», *Observations sur la Physique*, 1782, XIX:370-382; LOUIS-BERNARD GUYTON DE MORVEAU, ANTOINE-LAURENT LAVOISIER, CLAUDE-LOUIS BERTHOLLET, ANTOINE DE FOURCROY, *Méthode de nomenclature chimique* (Paris, Librairie Cuchet, 1787), reissued Paris, Seuil, 1994.

persistent belief that before Lavoisier chemistry was a prescientific and obscure knowledge, shaped by rudimentary practices.

Not only amnesia played a key-role in the first narratives of the chemical revolution but reminiscence as well. During the hot debates, Lavoisier's supporters enriched the image of the founder hero with mythological references to order out of chaos. Thus the mythical image of Lavoisier's achievements emerged during his lifetime and was later enriched by the additional dimension of a sacrificial victim, after his tragic death on the guillotine on May, 8, 1794.

It is thus manifest that the earliest accounts of the chemical revolution — like Fourcroy'eulogy, for instance, which has been the main source of all later nineteenth-century historical narratives — were a mixture of memory, of amnesia and of reminiscence. And later historians, oblivious of the polemical and political circumstances which prompted such narratives, took them at face value. Although the allusions to the "brutish beast of the Terror" have been rapidly discarded by the critical gaze of professional historians, they did not realize that the terms that they used to describe the "actual past" ("revolution" and "foundation" for instance) had been prompted by the actors themselves, more precisely by the actors who finally have been the winners. Professional historians — like scientists commemorating their ancestor — re-enact the drama, although — unlike scientists — they are unaware that it is a performance (French language says "une re-présentation du passé").

These critical comments on the historiographical tradition of the chemical revolution are not aimed at conveying any scepticism. Rather, in emphasizing that historical narratives are the result of a complex negotiation between memory, amnesia and cultural reminiscence, I would like to favor the view that the commemorative rituals and the correlative formation of disciplinary calendars can be seen as mediators between memory and history, between the eternal present obtained through reminiscence or re-enacting and the past reconstructed in writing historical narratives. In that view, the task of historians of science is less to deconstruct myths and distorted memories, than to reconstruct historical realities by displaying the wide variety of their potential meanings.

FERDINANDO ABBRI (\*)

## **Chimici e artiglieri: Lavoisier e la cultura scientifica napoletana (\*\*)**

**Summary** - The paper considers the Neapolitan edition (1791-92) of Lavoisier's *Traité élémentaire de chimie*, in the context of the renewal of the local scientific culture. The analysis of such an edition confirms that the Lavoisian work was seen as a revolutionary moment in the history of modern chemistry. Therefore, the paper is both a contribution to the historiographical debates on the chemical revolution and to the history of Italian chemistry.

1. Il 18 novembre 1788 Erasmus Darwin scrisse a James Watt in merito agli esperimenti di analisi e sintesi dell'acqua e concludeva:

«Aspetterò con pazienza di vedere decisa questa grande disputa che riguarda una parte così ampia della teoria chimica — e grazie a Dio che la Fede Chimica non è propagandata con il fuoco e la spada — attualmente sono favorevole al lato eterodosso della faccenda».<sup>1</sup>

Darwin coglieva acutamente la drammaticità delle dispute sulla composizione dell'acqua che, di fatto, finivano per coinvolgere la questione dell'intera teoria chimica, ovvero l'esistenza o meno di un flogisto. Il tipo di linguaggio usato, così carico di riferimenti alle dispute religiose, segnala inoltre che il dibattito sulle proposte di Lavoisier aveva i toni accesi tipici dei momenti cruciali della storia della prima scienza moderna. Tali proposte mettevano infatti in crisi la tipologia complessiva di discorso chimico sino ad allora accettata.

La rivoluzione chimica ebbe anche il merito di incitare ai discorsi sui fon-

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

(\*\*) Relazione presentata al VI Convegno Nazionale di «Storia e Fondamenti della Chimica» (Cagliari, 4-7 ottobre 1995).

<sup>1</sup> E. DARWIN, *The Letters*, a cura di D. King-Hele, Cambridge, Cambridge U.P., 1981, p. 181.

damenti del sapere, di favorire la riflessione sugli ambiti epistemologici e tematici, di coinvolgere un numero sempre più ampio di interlocutori, di creare nuove strategie retoriche e percezioni sociali differenti. Questa moltiplicazione dei discorsi sulla chimica fu possibile perché Lavoisier produsse un'immagine ben diversa della scienza che comportò l'attribuzione alla chimica di un dominio tematico specifico e chiaramente definito.

Sul significato storico della rivoluzione chimica la storiografia della scienza si è da sempre divisa e si sono formati, come al tempo di Lavoisier, partiti contrapposti nella piccola comunità degli storici della chimica. Di recente, Maurice Crosland è ritornato sul problema della definizione del concetto di «rivoluzione chimica» e, pur sottolineando l'enorme sviluppo della chimica nell'Ottocento, ha tuttavia concluso che nella storia «non vi è più stata una così grande rottura, una ri-valutazione (*re-evaluation*) della disciplina nel suo complesso paragonabile a quella degli anni Ottanta del Settecento».<sup>2</sup> Non solo le affermazioni di Crosland sono pienamente condivisibili, ma credo di poter dire, parafrasando una conclusione di Paolo Rossi relativa a G.B. Vico,<sup>3</sup> che quella di Lavoisier fu chimica e chimica nuova. Non si trattò di sostituire semplicemente una teoria invecchiata con altra più conveniente, ma del nuovo disegno complessivo di un campo o settore del sapere. Il tono aspro, l'ampiezza delle controversie sulla «chimie nouvelle» confermano l'impatto profondo avuto dalle proposte lavoisieriane.

È noto che le controversie scientifiche sono un argomento cruciale per ogni teoria epistemologica degna di questo nome. Siamo abituati a convivere con l'idea che le discipline umanistiche e le scienze sociali esibiscano disaccordi generalizzati: scuole, tradizioni, modelli contrapposti rappresentano una costante e il disaccordo investe non solo i contenuti ma anche i domini. Ci è invece più difficile pensare che uno scenario del genere possa essere valido anche per le scienze naturali, perché nonostante contrasti e disaccordi innegabili, è sufficiente sfogliare un manuale di chimica, fisica, biologia, ecc. per individuare un corpo dottrinale condiviso da una comunità amplissima. Questa constatazione, che rende, probabilmente a ragione, gli scienziati più sicuri di sé rispetto a filosofi, linguisti, teologi o critici letterari, implica tuttavia alcune questioni complesse e tutt'altro che pacifiche. Gli scienziati sono in accordo su un nucleo di concetti, la scienza è un'attività che mostra un alto grado di consenso, ma il problema epistemologico del perché e del come nasce questo consenso è tutt'ora aperto.<sup>4</sup> La tradizionale immagine del metodo e dell'esperimento come unicamente decisivi

<sup>2</sup> M. CROSLAND, *In the Shadow of Lavoisier: The Annales de chimie and the establishment of a new science*, Oxford, The Alden Press, 1994 (BSHS Monographs), p. 13.

<sup>3</sup> P. ROSSI, *Chi sono i contemporanei di Vico?*, in «Rivista di filosofia», LXXII, 1981, pp. 51-82.

<sup>4</sup> L. LAUDAN, *Why Do (Natural) Scientists Agree?*, in W.R. Shea and A. Spadafora (a cura di), *Interpreting the World*, Canton, Mass., Science History Publications, 1992, pp. 89-101.

appare ormai inaccettabile, data la complessità del concetto di «esperimento»<sup>5</sup> e perché, com'è ben noto agli storici della rivoluzione chimica, gli esperimenti parlano spesso con una lingua biforcuta.<sup>6</sup>

Se gli epistemologi sono impegnati a spiegare le ragioni del grande consenso, di quell'armonia discorde che caratterizza le comunità degli scienziati in merito alle teorie, gli storici sono costretti a ricordare due aspetti non secondari dell'impresa scientifica:

1) L'idea, l'immagine, la definizione di una disciplina specifica è un risultato storico, non un dato a priori: il nucleo teorico che crea una disciplina e sul quale esiste l'accordo è una conquista. Le scienze sono costruzioni storiche e le scienze sperimentali e naturali hanno dovuto faticare non poco per fondare se stesse, cioè per definire il proprio ambito peculiare di discorso ovvero il proprio territorio.<sup>7</sup>

2) Le controversie scientifiche non si snodano nel regno atemporale delle pure idee, ma hanno a che fare con ideali, con regole di evidenza e di inferenza che sono storicamente e culturalmente condizionate, avvengono tra comunità scientifiche che apprezzano in modo differente l'evidenza sperimentale messa in campo, coinvolgono gruppi sociali in competizione. La ricostruzione di una controversia richiede molti parametri per ricomprenderne sinteticamente le varie dimensioni.<sup>8</sup>

Queste sommarie indicazioni avevano solo lo scopo di segnalare come una ricostruzione storica della rivoluzione chimica non sia un'impresa facile a ragione dei diversi fattori culturali, sociali e i livelli di discorso coinvolti. Un quadro riduttivo dell'impresa lavoisieriana può essere soltanto frutto di una semplificazione, cioè della messa tra parentesi dei problemi. Ove si consideri invece che Lavoisier propose novità rivoluzionarie quanto a forme e metodi di sperimentazione, strumenti, teorie interpretative dei fenomeni, nomenclatura, immagine e percezione sociale della chimica e che le sue proposte suscitarono opposizioni e contrasti a più vari livelli (filosofico, sperimentale, ideologico, politico, ecc.), se ne deduce che la sua impresa fu di una complessità straordinaria ed ebbe effetti dirimpenti.<sup>9</sup>

<sup>5</sup> G. CANTOR, *The rhetoric of experiment*, in D. Gooding, T. Pinch and S. Schaffer (a cura di), *The uses of experiment*, Cambridge, Cambridge U.P., 1989, pp. 159-180.

<sup>6</sup> F. ABBRI, *J. Priestley e A.L. Lavoisier: il diverso significato di uno stesso esperimento*, in *Scienza e Storia*, Roma, Critica marxista - Editori Riuniti, 1980, pp. 147-167. W.R. SHEA, *When Experiments Speak with a Forked Tongue*, in *Interpreting the World* cit., pp. 103-120.

<sup>7</sup> Cfr. P. ROSSI, *I ragni e le formiche. Un'apologia della storia della scienza*, Bologna, il Mulino, 1986.

<sup>8</sup> Id., *La scienza e l'oblio*, in Id., *Il passato, la memoria, l'oblio*, Bologna, il Mulino, 1991, pp. 155-199. H.T. ENGELHARDT Jr., and A.L. CAPLAN (a cura di), *Scientific controversies*, Cambridge, Cambridge U.P., 1987.

<sup>9</sup> Ovviamente per alcuni storici (F.L. Holmes, per esempio) questi fattori non costitui-



Le controversie sulla teoria lavoisieriana mostrano una grande ricchezza tematica e impongono allo storico di muoversi con prudenza. I modelli ermeneutici generali sono uno strumento irrinunciabile per le narrazioni storiche ma queste diventano ri-costruzioni, e non semplicemente costruzioni, solo grazie alla presenza dei dati.

Negli antichi Stati italiani il dibattito sulla teoria lavoisieriana fu vivace, acceso ed è degno di essere ricostruito in tutte le sue fasi. Ho scelto qui un caso particolare, legato alla diffusione in Italia del *Traité élémentaire de chimie* (1789) di Lavoisier, in grado di mostrare che i contesti della scienza non possono essere trascurati, che i percorsi delle idee scientifiche sono intricati e, spesso, inattesi, e che in Italia vi fu una percezione netta, priva di ambiguità, del senso e fine dell'impresa lavoisieriana. Il contesto italiano non può dunque essere ignorato ove si voglia giungere ad una definizione vera, fondata del significato storico della rivoluzione chimica.<sup>10</sup>

2. Da Venezia, il 30 luglio del 1791 il farmacista veneto Vincenzo Dandolo scriveva ad Adamo Fabbroni indicando:

«Sono troppo compensato del modo gentile con cui V.S. Illma si degnò d'accogliere il primo tomo della traduzione».<sup>11</sup>

Il 17 settembre scriveva ancora: «le trasmetto il 2do tomo di Lavoisier che mi onorerà di accettare colla solita di lei bontà. Questa edizione fu veramente fortunatissima. Pongo sotto il torchio il terzo ed ultimo tomo, per procedere poscia alla ristampa». Il 6 ottobre Dandolo lamentava che il fratello di Adamo Fabbroni, ossia il celebre Giovanni Fabbroni, «non vede di buon occhio la nuova nomenclatura», che «è in gran collera con molte denominazioni, ma so altresì che tutto di lancio non può esser perfetto il primo Dizionario di qualunque arte, lingua, ecc». Annunciava inoltre «i Dizionari chimici, vecchio e nuovo,

scono tutti un carattere primario della rivoluzione lavoisieriana. Molteplici contributi pubblicati tra il 1989 e il 1995 discutono il problema della natura e del carattere complessivo della rivoluzione lavoisieriana. Cfr. M. GOUPIL (a cura di), *Lavoisier et la révolution chimique*, Paris, SABIX, 1992; *Seminario internazionale per il bicentenario della scomparsa di Antoine Laurent Lavoisier (1743-1794)*, Roma, Accademia Nazionale delle Scienze detta dei XL, 1994 (Volume 112, Memorie di Scienze Fisiche e Naturali); C. DEMEULENAERE-DOUYÈRE (a cura di), *Il y a 200 ans Lavoisier*, Paris, Tec & Doc, 1995; e i volumi indicati alle successive note 18 e 24. Alcuni numeri monografici di riviste di storia della chimica e di storia della scienza sono stati dedicati alla rivoluzione chimica (importante, anche a ragione della bibliografia, la «*Revue d'histoire des sciences*», XLVIII, 1995, n. 1-2, a cura di P. Bret).

<sup>10</sup> Le mie ricerche e quelle di M. Beretta, M. Ciardi, V. Giormani hanno dimostrato la rilevanza indiscutibile del contesto scientifico italiano.

<sup>11</sup> Filadelfia, American Philosophical Society, Fabbroni Papers, BF 113, Dandolo, Vincenzo.

nuovo e vecchio, ch'io pubblicherò nel terzo tomo; spero che riusciranno di gran comodo a' giovani italiani studiosi». Notava infine:

«Di tempo in tempo mi fu di gran piacere lo scorgere che le scuole inglesi ed i più dotti chimici di colà a grado a grado vadano adattandosi al nuovo modo di considerare i fatti chimici, poiché in tal guisa avremo meno scismi e più facilmente la scienza andrà perfezionandosi. Convenuti una volta tutti i chimici nei fatti e nelle verità principali, presto si modificherà da per se stessa anche la lingua in tutto ciò che non corrispondesse al divisato fine».<sup>12</sup>

Nel novembre dello stesso anno confermava: «Per la nomenclatura, sembra che le opinioni anche degl'Inglese comincino a piegare in favore di essa, sicché frappoco il linguaggio non sarà che uno. Il Dizionario che pubblicherò a momenti faciliterà non poco a' giovani studiosi il modo di apprendere tutta la nuova teoria».<sup>13</sup>

Dandolo era impegnato a completare la sua traduzione del *Traité* di Lavoisier che uscì in quattro volumi proprio nel 1791. È da ricordare che quest'edizione comprendeva, oltre al *Traité* completo annotato, altri testi della scuola antiflogistica e che fu ristampata, con significative integrazioni, nel 1792.<sup>14</sup>

Le affermazioni di Dandolo sopra citate meritano un qualche commento perché illustrano i modi in cui teoria e nomenclatura lavoisieriane vennero percepite in Italia. È assai significativo che Dandolo usi, come Erasmus Darwin, un termine tipico della storia della religione («scismi») per designare le divisioni prodotte nelle comunità scientifiche dalla chimica di Lavoisier; per lui tale chimica è «nuova», esiste un «nuovo modo» di considerare i fenomeni e ritiene che il linguaggio si andrà perfezionando allorché sarà ristabilito il consenso teorico tra i chimici. Da qui il suo acuto interesse per gli «adattamenti» e i «piegamenti» degli inglesi alla teoria e alla nomenclatura nuove.

Si è rimproverato ad alcuni storici di avere eccessivamente drammatizzato, parlando di «conversioni», le discussioni sulla teoria antiflogistica.<sup>15</sup> Non si è trattato, nel mio caso, di una scelta teatrale ma di riprodurre il linguaggio in uso: fede, eterodossia *versus* ortodossia, scismi, conversioni, ecc. ricorrono nelle fonti primarie del tempo. In una controversia scientifica la tipologia linguistica adoperata è un indice significativo del livello di coinvolgimento poiché il linguaggio gioca un ruolo centrale nella costruzione della realtà della controversia stessa.<sup>16</sup> L'utilizzazione di termini ed espressioni tipici delle polemiche teologico-

<sup>12</sup> Ivi.

<sup>13</sup> Ivi.

<sup>14</sup> D.I. DUVEEN and H.S. KLICKSTEIN, *A Bibliography of the Works of A.-L. Lavoisier 1743-1794*, London, W.M. Dawson and E. Weil, 1954, pp. 194-198.

<sup>15</sup> B. BENSUADE-VINCENT, *Lavoisier. Mémoire d'une révolution*, Paris, Flammarion, 1993.

<sup>16</sup> Cfr. P. BURKE and R. PORTER (a cura di), *The Social History of Language*, Cambridge, Cambridge University Press, 1987.

religiose in campo chimico è lo specchio delle tensioni che attraversavano le comunità scientifiche nazionali.

Dandolo prestò, com'è noto, una grande attenzione all'adattamento in italiano e alla diffusione della nomenclatura francese e nel febbraio del 1795 scriveva sempre ad Adamo Fabbroni:

«Oggi pubblico un'opera, e ve ne mando due copie; l'una per voi e l'altra da presentare in mio nome all'Accademia».<sup>17</sup>

Si trattava evidentemente dei suoi fortunatissimi *Fondamenti della scienza chimico-fisica*, che contengono i Dizionari della nuova nomenclatura.

Dieci anni fa ho cercato di chiarire e documentare l'importanza di Dandolo nella diffusione delle idee e dei testi della chimica nuova in Italia. Virgilio Giormani ha fornito contributi importanti su Dandolo e la chimica veneta e di recente Marco Beretta ha illustrato, facendo ricorso a documenti inediti, i rapporti epistolari tra Lavoisier e Dandolo, ha dimostrato che Lavoisier stesso s'interessò all'edizione italiana del suo *Trattato* tanto che Madame Lavoisier tradusse in francese le note a piè di pagina poste dal veneziano nel primo volume della sua traduzione. Come scrive Beretta, è un paradosso curioso che il traduttore italiano di Lavoisier ebbe l'onore esclusivo di essere tradotto da Madame Lavoisier. Il saggio di Beretta su Dandolo liquida definitivamente qualunque pretesa della storiografia di considerare il contesto italiano come marginale nelle vicende della rivoluzione chimica.<sup>18</sup>

Alla diffusione delle idee lavoisieriane in Italia contribuirono molti naturalisti dei differenti stati della penisola anche se, nel processo di radicamento della chimica nuova, un ruolo indiscutibilmente cruciale deve essere assegnato a Dandolo. Tuttavia, la particolare situazione politica italiana e i percorsi intricati seguiti spesso dalle idee impongono di considerare un caso specifico di diffusione delle concezioni di Lavoisier. Per questo dovrò spostarmi dalla Repubblica veneta, sede sin dal Rinascimento di diffusione del sapere chimico-medico, al Regno di Napoli. Nel 1791, contemporaneamente alla traduzione Dandolo, usciva infatti a Napoli, presso l'editore Donato Campo, il primo volume di una traduzione italiana del *Traité* di Lavoisier.<sup>19</sup> Questa traduzione costituiva un capi-

<sup>17</sup> Fabbroni Papers cit. L'Accademia citata è quella fiorentina de' Georgofili.

<sup>18</sup> F. ABBRI, *Lavoisier e Dandolo. Le edizioni italiane del Traité élémentaire de chimie*, in «Annali dell'Istituto di Filosofia» (Università di Firenze), IV, 1984, pp. 163-182. V. GIORMANI, *Vincenzo Dandolo, uno speziale illuminato nella Venezia dell'ultimo '700*, in «Ateneo Veneto», CLXXV, 1988, pp. 59-129. M. BERETTA, *Italian Translations of the Méthode of Nomenclature chimique and the Traité élémentaire de chimie. The Case of Vincenzo Dandolo*, in B. BENSUADE-VINCENT and F. ABBRI (a cura di), *Lavoisier in European Context*, Canton Mass., Science History Publications, 1995, pp. 225-247.

<sup>19</sup> D.I. DUVEEN, *Supplement to A Bibliography of the Works of A.-L. Lavoisier 1743-1794*, London, Dawsons of Pall Mall, 1965, pp. 23-24. Questa traduzione napoletana è stata segna-

tolo del processo di rinnovamento della cultura scientifica napoletana che passava anche e soprattutto per la diffusione di conoscenze scientifiche aggiornate. Non a caso a Napoli fioriva la tradizione medica, naturalistica e geologica, ma si era anche cercato di rinnovare la chimica attraverso edizioni di Wallerius, Macquer, Fontana, Priestley, Bergman, ecc. La traduzione del Lavoisier era proprio il risultato di un processo politico di rinnovamento culturale e istituzionale favorito dall'antico regime.

Alla fine degli anni Ottanta del Settecento il governo napoletano sentì fortemente l'esigenza di formare mineralogisti e metallurgisti in grado di contribuire non solo alla ricerca ma anche allo sviluppo delle scuole del Regno. Giovani studiosi furono inviati nell'Europa centrale, soprattutto presso le accademie mineralogiche della Sassonia e dell'Ungheria. Ad esempio, Matteo Tondi e Giuseppe Savaresi si perfezionarono presso la Bergakademie di Schemnitz con Karl von Meidinger e Anton von Ruprecht, rispettivamente professore di chimica e di mineralogia. Giova ricordare che nel 1790 Meidinger e Ruprecht si convertirono alla nuova teoria e i due «pensionnaires» napoletani si trovarono ad operare in un contesto, quello austro-ungarico, che agli inizi del 1790 era ormai completamente «deflogisticato». Non a caso Tondi divenne un sostenitore della teoria nuova, si trasferì dall'Ungheria a Parigi dove fu assistente di R.-J. Haüy.<sup>20</sup>

L'edizione napoletana del *Traité* di Lavoisier era destinata all'uso «del corpo regale dell'artiglieria di Napoli» ed era stata preparata da Luigi Parisi, capitano comandante, e da Gaetano La Pira, professore di chimica presso lo stesso «Corpo Regale». Dunque, la spinta iniziale era stata quella di mettere a disposizione degli allievi artiglieri un manuale aggiornato di chimica.

I grandi testi scientifici condividono con quelli letterari il destino di conoscere, una volta pubblicati, le più diverse letture, caratterizzate da entusiasmi, irriducibili opposizioni, apprezzamenti, rifiuti, distorsioni, privilegiamenti di aspetti, destinazioni particolari: il *Traité* di Lavoisier non sfuggì a questo destino. Solo per l'Italia si può elencare un gran numero di letture che assegnavano significati ben diversi al capolavoro lavoisieriano.

Occorre cercare di capire perché a Napoli si scelse, per rinnovare l'istruzione chimica degli allievi artiglieri, proprio un testo così anomalo come quello lavoisieriano. La spiegazione è da rintracciare nel sostegno statale all'istruzione europea dei militari.

Luigi Parisi fu destinato, dalla corte borbonica, a perfezionarsi in fisica e chimica a Strasburgo e nella città alsaziana esisteva da tempo una buona tradizione di

lata per la prima volta da A.G. Debus in un articolo su «Ambix» del 1963. Cfr. W.A. COLE, *Chemical Literature 1700-1860*, London and New York, Mansell, 1988, p. 317.

<sup>20</sup> F. ABBRI, *Filosofia Chimica e Scienza Naturale nel Meridione*, in *Atti del Convegno. Il Meridione e le Scienze (secoli XVI-XIX)*, a cura di P. Nastasi, Palermo, Istituto Gramsci Siciliano, 1988, pp. 11-125.

insegnamento chimico (si pensi a Jacob Reinbold Spielmann). Nel 1789 Friedrich Ludwig Schurer (1764-1794) divenne professore di chimica e fisica alla Scuola di Artiglieria di Strasburgo e in quello stesso anno pubblicava nella città alsaziana una *Synthesis Oxygenii Experimentis Confirmata*, che venne tradotta nel 1790 in tedesco e pubblicata a Berlino. Questa dissertazione costituisce uno dei primi lavori in favore della nuova chimica di Lavoisier pubblicati in Germania. Non a caso la traduzione berlinese fu suggerita da quel Sigismund Friedrich Hermbstaedt, acceso sostenitore della chimica antiflogistica e traduttore del *Traité* in tedesco.<sup>21</sup>

A Strasburgo Schurer diffondeva e insegnava la teoria chimica nuova e nel 1790 confermò, con una lettera a Berthollet pubblicata sulle «Annales de chimie», la validità delle esperienze e conclusioni dei chimici olandesi sulla natura composta dell'acqua.<sup>22</sup>

Luigi Parisi si perfezionò dunque presso una Scuola di artiglieria il cui docente di chimica aveva adottato, diffuso e difeso la chimica nuova. Al ritorno in patria, Parisi, una volta assunto il comando del Corpo degli artiglieri, notò che Lavoisier e la sua chimica non erano al centro del dibattito a Napoli o per ignoranza o per l'opposizione dei «vecchi pregiudizj». Da qui il progetto di tradurre il trattato lavoisieriano.<sup>23</sup>

I percorsi delle idee sono veramente strani e, spesso, inattesi: la sola traduzione italiana di Lavoisier al di fuori del «monopolio Dandolo» fu effettuata, come momento di rinnovamento di una cultura, da un artigiere che aveva avuto la fortuna di perfezionarsi con un giovanissimo chimico, il quale era tra i pochi tedeschi a sostenere, a quell'epoca, la chimica francese.

È opportuno ora considerare la struttura dell'edizione napoletana del testo di Lavoisier e, soprattutto, l'immagine del chimico francese che da essa emerge.

3. La traduzione napoletana, a differenza di quella di Dandolo, non presenta note; il primo volume uscì nel 1791 e il secondo nel 1792. Il primo contiene una dedica di Parisi, datata gennaio 1791, al corpo regale d'artiglieria e una Prefazione

<sup>21</sup> W.A. COLE, *op. cit.*, p. 490.

<sup>22</sup> F. ABBRI, *Le terre, l'acqua e le arie*, Bologna, il Mulino, 1984, p. 329.

<sup>23</sup> A.L. LAVOISIER, *Trattato Elementare di Chimica. Tradotto in italiano per uso del Corpo Regale dell'Artiglieria di Napoli*, 2 voll., Napoli, presso Donato Campo, 1791-92, I, p. xii. Nel 1800 venne pubblicato a Napoli un volume (in due tomi designati come terzo e quarto) dal titolo: A.L. LAVOISIER, *Trattato elementare di chimica, edizione prima napoletana, corretta ed ampliata di due dissertazioni inedite dell'autore e di nuove annotazioni del traduttore*, Napoli, a spese di Saverio d'Onofrio, MDCCC. Il terzo tomo contiene l'Esame delle affinità di Guyton de Morveau e il quarto la traduzione della *Méthode*, per le cure di V. Dandolo. Si tratta di una ristampa del terzo e del quarto tomo della seconda edizione veneta del *Traité*. È probabile che questa ristampa fosse destinata a completare la traduzione napoletana del 1791-92 del testo lavoisieriano.

anonima, sulle quali avrò modo di ritornare dettagliatamente. Tra il «Discorso Preliminare» e il testo è aggiunto un breve «Avvertimento» relativo alla resa in italiano della nuova nomenclatura, argomento di cruciale attenzione in ogni contesto linguistico europeo, com'è stato ampiamente dimostrato da Marco Beretta.<sup>24</sup>

Il problema principale affrontato dai due napoletani è quello della resa italiana dei gas elementari ovvero di «oxygène» e «hydrogène». Pietro Calloud, il primo traduttore veneto della *Méthode*, aveva reso questi termini con «ossigeno» e «idrogeno» che vennero adottati anche da Dandolo; Giovanni Fabbroni preferiva invece «ossigene» e «idrògene»;<sup>25</sup> gli artiglieri napoletani resero i due termini con «ossigenio» e «idrogenio» pur non disdegnando di usare anche «ossigene» e «idrogene». Ovviamente «azote» è tradotto con «azoto» e i suoi acidi sono «nitroso» e «nitrico». Nell'edizione napoletana si rivendica poi l'uso legittimo di termini con la x, per cui ritroviamo sia «oxigene» e «oxidato» sia «ossigene» e «ossidato»; non esiste invece nessuna oscillazione per quanto attiene al termine «gaz» che è sempre reso con «gas». Giova tenere presente che queste oscillazioni e ricorrenze diverse nella terminologia chimica sono giustificate in termini esclusivamente eufonici.<sup>26</sup>

Il tomo secondo si apre con un «Avviso agli amatori della chimica» nel quale si dà notizia che Parisi e La Pira ripeteranno le esperienze di Lavoisier nel laboratorio del Corpo Regale di Napoli.<sup>27</sup> Questa notizia deve invitare alla cautela quegli storici che hanno attribuito al *Traité* uno scarso impatto nel settore dell'insegnamento e delle dimostrazioni pubbliche. L'Avviso è tuttavia dedicato quasi esclusivamente ad una dura polemica contro il Traduttore Veneto, ovvero contro Dandolo. Si tenga presente che tra l'uscita del primo e del secondo volume dell'edizione napoletana era apparsa la traduzione completa veneta. In Italia era ormai diffusa la convinzione del carattere imprescindibile della teoria antiflogistica per cui esisteva una evidente concorrenza nella diffusione dei «sacri testi».

Parisi e La Pira rispondono alle osservazioni di Dandolo sulla resa della nomenclatura, ma criticano con forza e decisione le note aggiunte dal veneto alla sua traduzione. Queste note vengono considerate poco «decenti» nei confronti dei meriti di Lavoisier, di scarsissimo valore scientifico e di nullo interesse per «la repubblica Fisico-Chimica». Ma soprattutto i napoletani mostrano, con un esempio assai chiaro, gli errori di traduzione commessi da Dandolo.<sup>28</sup>

<sup>24</sup> M. BERETTA, *The Enlightenment of Matter*, Canton Mass., Science History Publications, 1993.

<sup>25</sup> F. ABBRI, *Science and Politics in the Italian Reception of Lavoisier's Nomenclature*, in *Lavoisier in European Context* cit., pp. 249-265.

<sup>26</sup> A.L. LAVOISIER, *op. cit.*, I, pp. xxxiii-xxxiv.

<sup>27</sup> Ivi, II, p. vii.

<sup>28</sup> Ivi, II, pp. viii-xii.

Questa polemica non ha alcun rilievo scientifico, ma conferma sia l'esistenza di una concorrenza tra gli editori delle varie capitali sia quelle specificità contestuali dei diversi stati italiani. Quando si studia il destino della *chimie nouvelle* in Italia e, in generale, la storia della chimica nel nostro paese non si può trascurare il fatto che, ad esempio, nel 1796 un saggio di uno stesso autore veniva pubblicato con nomenclatura chimica in parte differente su riviste appartenenti a luoghi politico-geografici diversi del nostro paese.<sup>29</sup>

La traduzione napoletana costituisce una fonte importante per illuminare il significato assegnato all'opera di Lavoisier al fine di fornire una ricostruzione più completa possibile del problema «Lavoisier e l'Italia».

Nella sua dedica Parisi afferma che la Pirotecnia e la Balistica costituiscono due parti della fisica di grande interesse per gli artiglieri e queste due scienze hanno il loro fondamento e perfezione nella chimica. È da notare che Parisi usa il termine «Fisica» con due significati, scienza generale della natura e fisica vera e propria, a riprova che la definizione dei campi problematici delle scienze sperimentali è stata veramente complessa.

Parisi dichiara che tra i vari sistemi finora prodotti ha scelto quello di Lavoisier:

«il quale dietro le teorie, ed esperienze de' Chimici più segnalati speculando, ed inducendo nella Chimica una felice rivoluzione, quasi a nuova vita ha saputo innazarla; ed ha saputo per modo dicifferarne i nodi, e rischiararne le oscurità, che oggi una tal facoltà trovansi non che fra le mani de' dotti uomini, e scienziati, ma delle donne di qualche spirito eziandio?».<sup>30</sup>

Queste affermazioni meritano alcuni commenti. Lavoisier viene presentato come l'artefice di una «felice rivoluzione» in chimica, ovvero come colui che ha fatto rinascere a nuova vita questa scienza attraverso l'eliminazione di oscurità e lo scioglimento di nodi secolari. Il suo merito è tale che la chimica è divenuta una scienza così chiara che è alla portata non solo dei sapienti ma persino di qualche donna colta. Rinascita, rischiaramento, intellegibilità: questi sono i caratteri che la chimica ha ricevuto grazie all'operazione lavoisieriana.

Si è ritenuto che la qualifica di «rivoluzionaria» assegnata alla chimica antiflogistica sia il risultato di un'invenzione deliberata di Lavoisier e della retorica della storiografia scientifica dell'Ottocento.<sup>31</sup> A me preme solo segnalare qui che nel 1791 un artigliere napoletano parlava di Lavoisier come dell'autore di una «felice rivoluzione» e che non si trattava solo di una metafora letteraria è confermato dal fatto che quello stesso artigliere considerava la sua traduzione del *Traité élémentaire de chimie* del francese come un contributo all'insegnamento

<sup>29</sup> F. ABBRI, *Science and Politics* cit.

<sup>30</sup> A.L. LAVOISIER, *op. cit.*, pp. vi-vii.

<sup>31</sup> B. BENSUADE-VINCENT, *Lavoisier* cit.

della chimica in una città «ove son tanto in pregio le Scienze, e soprattutto oggi coltiva la Fisica, la Storia Naturale, e la Chimica principalmente».<sup>32</sup>

Nella Prefazione all'edizione napoletana viene precisata e definita l'opera di Lavoisier. Quest'ultimo ha, con entusiasmo, «consumata indicibil fatica, ed ostinato studio in iscrutar la Natura, per far sì ch'ella sola parlasse, e non già il domma, e 'l sistema, che altra base talor non hanno, che la fantasia di ch'insegna».<sup>33</sup>

Da un punto di vista epistemologico Lavoisier viene ovviamente caratterizzato come un empirista che ha costruito il suo sistema su esperienze e i suoi meriti consistono non solo nell'aver conferito alle teorie più sublimi della chimica «luce» e «chiarezza» ma anche «ordine» e «precisione» tali da rendere la scienza, un tempo «si oscura», intelligibile a qualunque genere di persona. La caratterizzazione è priva di ambiguità: la «nobile» e «necessaria» chimica ha mutato il suo aspetto e da sapere oscuro, riservato, scarsamente comprensibile si è trasformata in un complesso di idee chiare e precise. Il merito di Lavoisier è tanto più grande quanto più la Chimica risulta essere una scienza irrinunciabile.

La validità della teoria è rafforzata da de Morveau, Fourcroy e Berthollet, «chimici valentissimi», i quali hanno confermato il sistema di Lavoisier e hanno collaborato con lui ad assegnare alla chimica fondamenti più saldi, cioè ad appoggiarla «agl'immutabili canoni della Fisica, e della oculare ispezione». Da ciò segue che due sono le caratteristiche della chimica francese: grande contenuto sperimentale e quantificazione.

I due napoletani vedono nella riforma della nomenclatura chimica un elemento di straordinario rilievo dell'azione di Lavoisier e seguaci. Ricordano i dibattiti, le opposizioni dei «Nazionali più vecchi», ovvero i chimici francesi più anziani, degli inglesi, degli italiani e dei tedeschi. Le opposizioni non hanno fermato Lavoisier perché quelle cose «che hanno per base la ragione, quantunque sian dalla folla de' falsi dotti, e de' volgari combattute, e malmenate, trovano sempre però di coloro, che la verità conoscendo, la garantiscono e la promulgano».<sup>34</sup>

Parisi e La Pira stabiliscono un parallelismo significativo e ideologicamente funzionale tra la nuova nomenclatura chimica e quella di Linneo: «Che non si disse del celebre Linneo, allorché riformò il suo sistema botanico, e volle dare alle piante ancor novelle denominazioni? Oggi pur non dimanco la Nomenclatura di Linneo è quella sola che si conosce».<sup>35</sup> Il destino del nuovo sistema chimico, inteso come insieme di teorie sublimi e di un nuovo linguaggio, è lo stesso che ha arriso alla riforma linneana, quello di essere progressivamente adottato da tutti.

<sup>32</sup> A.L. LAVOISIER, *op. cit.*, I, p. vii.

<sup>33</sup> Ivi, I, p. ix.

<sup>34</sup> Ivi, I, p. x-xi.

<sup>35</sup> Ivi, I, p. xi.



Chimica nuova, rivoluzionaria, scienza sperimentale e quantitativa, dotata di una nuova nomenclatura: queste sono le determinazioni utilizzate dai due napoletani nel presentare alla cultura italiana la loro edizione del *Traité* lavoisieriano.

4. Il Regno di Napoli fu caratterizzato, a partire dalla seconda metà del Settecento, da una complessa attività di rinnovamento delle istituzioni scientifiche e dell'istruzione al fine di favorire lo sviluppo della ricerca e della trasmissione del sapere. Per quanto attiene al campo chimico venne creato, nei primissimi anni dell'Ottocento, un laboratorio di chimica e si pensò persino di attrezzarlo acquistando «l'intero laboratorio del Lavoisier».<sup>36</sup> L'opera lavoisieriana introdusse mutamenti ragguardevoli nella percezione culturale della chimica e il caso della rivoluzione chimica a Napoli offre un esempio significativo di questo processo di assimilazione. La chimica che si era mossa sino ad allora ai margini di vari campi di ricerca — dalla medicina alla mineralogia — assunse un'identità precisa e divenne un ramo non secondario dell'albero delle scienze. E ciò vale a spiegare perché nelle tormentate vicende della chimica e della fisica italiana dell'Ottocento la capitale partenopea si trovò a svolgere un ruolo non secondario.

È certo che nelle varie zone geo-politiche d'Europa la chimica di Lavoisier conobbe ricezioni differenti a seconda della presenza di tradizioni più o meno radicate, più o meno floride di indagine chimica.<sup>37</sup> In Italia Lavoisier venne visto come colui che fondò, rinnovò radicalmente ovvero rivoluzionò la chimica, come l'artefice di un momento di discontinuità effettiva nel processo storico. Considerare quest'immagine solo come un sintomo del ritardo della chimica italiana è, secondo me, non l'esito di una ricostruzione documentata ma piuttosto il frutto di scarse conoscenze e di una visione anacronistica dell'intero andamento della chimica settecentesca.<sup>38</sup> Le fonti primarie consentono infatti di individuare una centralità della riflessione chimica nella cultura italiana di tardo Settecento, e questa cultura era pienamente in sintonia con l'evoluzione europea. Una presenza ridotta di grandi filosofi o di grandi scienziati non autorizza una diagnosi negativa sul radicamento degli ideali filosofici illuministi e delle tradizioni scientifiche.<sup>39</sup> Ove si presti attenzione ai molteplici dialoghi europei instaurati dagli

<sup>36</sup> G. GALASSO, *La filosofia in soccorso de' Governi. La cultura napoletana del Settecento*, Napoli, Guida, 1989, pp. 137-168.

<sup>37</sup> F. ABBRI, *La diffusione della «chimie nouvelle» in Europa*, in *Storia delle scienze. 3. Natura e vita. Dall'Antichità all'Illuminismo*, Torino, Einaudi, 1993, pp. 526-549.

<sup>38</sup> ID., *La rivoluzione chimica*, in P. Rossi (a cura di), *Storia delle scienze moderna e contemporanea*, Torino, UTET, 1988, I, pp. 701-740; ID., *La chimica italiana dalle origini ad Avogadro*, in C. Maccagni e P. Freguglia (a cura di), *La Storia delle Scienze*, Busto Arsizio, Bramante Editrice, 1989, pp. 377-410.

<sup>39</sup> ID., *Forme e luoghi della cultura scientifica*, in *Manuale di Letteratura italiana*, Torino, Bollati Boringhieri, 1995, 3, pp. 627-649.

intellettuali scientifici italiani si scopre che essi furono in grado di individuare i luoghi principali dell'innovazione scientifica.

Impostazioni storiografiche di impianto positivistico e nuovi approcci sociologici finiscono oggi per convergere al fine di riproporre, aggiornate, vecchie visioni e conclusioni storiografiche.

Un contestualismo radicale, attento cioè ai vari registri e alle varie dimensioni del discorso chimico settecentesco, dimostra che, grazie a Lavoisier, la chimica si trasformò da forma emergente di sapere in una disciplina definita. Le forti resistenze e le adesioni entusiastiche conosciute in Italia dalla *chimie* antiflogistica sono un segno della sua novità, non dell'arretratezza della scena scientifica italiana. Il parallelismo instaurato in Italia tra Galileo e Lavoisier<sup>40</sup> è lo specchio di una consapevolezza epistemologica nuova nei confronti della chimica.

<sup>40</sup> G. COMPAGNONI, *La chimica per le donne*, Venezia, 1796, I, p. 13.

MARCO BERETTA (\*)

## Fonti italiane nell'opera di Lavoisier (\*)

**Summary** - This paper illustrates the impact of Italian scientific sources on Lavoisier's work. Through the examination of the catalogue of Lavoisier's library, it emerges in fact that Italian books played an important role in directing his experimental research. The French chemist was a thorough reader of the works by a.o. Alessandro Volta, Lazzaro Spallanzani, Giambattista Beccaria, from which he was able to select several inspiring insights.

Un luogo comune della storiografia positivista che ha avuto un'influenza determinante anche sugli storici di questo secolo ha concepito la scienza del passato come una disciplina essenzialmente sperimentale. A partire dal Rinascimento l'immagine dello scienziato che privilegia l'osservazione diretta dei fenomeni naturali e si discosta dai canoni imposti dalla tradizione letteraria ed umanista, è diventata un patrimonio integrante dell'immagine della scienza *tout-court*. Seguendo questa autorevole interpretazione, la scienza moderna deve i suoi progressi prodigiosi e la sua definitiva affermazione alla capacità critica di quei naturalisti che seppero volgere gli occhi direttamente alla natura piuttosto che derivare la natura dai libri. Secondo questa concezione storiografica, diventata oggi canonica, il libro rappresenta la tradizione scolastica e reativa di una scienza che si è sottoposta all'autorità libresco piuttosto che alla forza dell'evidenza, della verifica e della sperimentazione. A sostanziare ed alimentare l'immagine negativa del libro nella storia della scienza vengono spesso addotti gli esempi di Galileo e Cartesio.

L'essenzialità della biblioteca di Galileo<sup>1</sup> ha rafforzato la verosimiglianza storica dell'immagine della battaglia solitaria dello scienziato pisano da un lato

(\*) Istituto e Museo di Storia della Scienza, Firenze.

(\*\*) Relazione presentata al VI Convegno Nazionale di «Storia e Fondamenti della Chimica» (Cagliari, 4-7 ottobre 1995).

<sup>1</sup> ANTONIO FAVARO, *La libreria di Galileo Galileo*, in «Bullettino di bibliografia e di storia delle scienze matematiche e fisiche», 19, 1886, pp. 219-293.

contro il «mondo di carta» della filosofia naturale aristotelica e dall'altro a favore dello sperimentalismo.

Anche Cartesio, che a più riprese nelle sue opere contrappose la conoscenza di sé stessi e della natura a quella artificiale e libresca insegnata nelle scuole, sembra possedesse un numero modestissimo di libri e che ne leggesse ancora meno.<sup>2</sup> Al di là della composizione reale delle biblioteche di questi due scienziati, si è oggi compreso che in entrambi i casi la loro dipendenza dalla tradizione scientifica, filosofica e letteraria dei loro predecessori fu molto più influente di quanto essi fossero disposti a lasciar credere ai loro contemporanei. Sia Galileo che Cartesio infatti avevano una conoscenza analitica della letteratura scientifica ed erudita del loro tempo e fu sulla base di questa conoscenza della tradizione che molte delle novità scientifiche e metodologiche enunciate nelle loro opere si affermarono con successo. Nonostante queste considerazioni, che possono di primo acchito apparire banali, gli storici della scienza hanno colto negli esempi di Galileo e Cartesio le giustificazioni per obliare la rilevanza storica del libro nell'evoluzione del pensiero scientifico e per perpetuare con rinnovato vigore l'immagine positivista della scienza. La quasi totale mancanza di studi storici sulla modalità della produzione, circolazione e ricezione dei libri scientifici mostra nel modo più evidente quanto ormai sia consolidata l'equazione ottocentesca tra scienza, sperimentazione ed osservazione della natura.

In realtà, l'immagine della scienza come un corpo separato dalla tradizione letteraria è non solo limitativa ma anche storicamente scorretta. È sufficiente sfogliare una qualsiasi opera scientifica del diciassettesimo o diciottesimo secolo per constatare l'eccezionalità dell'approccio di Galileo e Cartesio e per comprendere che rarissime sono le scoperte, gli esperimenti e le osservazioni realizzate *ex nihilo*. Anche i contributi più originali del pensiero scientifico moderno dipendono in larga misura dalla rielaborazione critica della tradizione letteraria a cui un dato campo di indagine appartiene storicamente. Per essere accettati dalla comunità scientifica le osservazioni e gli esperimenti avevano bisogno di un supporto oggettivo, garantito dal libro, attraverso il quale potessero essere non solo divulgati ma anche compresi. Un esperimento trasmesso oralmente o per lettera non poteva avere la stessa importanza ed influenza di un esperimento contestualizzato nella prosa di un'opera sistematica o pubblicato negli atti di un'accademia scientifica. Lo stesso Galileo, come è noto, non fu insensibile all'influenza della tradizione letteraria e quando decise di usare il dialogo quale strumento stilistico per esprimere il proprio sistema cosmico, si affidava ad una scelta strategica lungamente ponderata. Non erano dunque solo le cose dette a

<sup>2</sup> «Descartes n'avait pas sans doute répugnance pour la lecture [...]. Il faut avouer néanmoins qu'il ne lisoit pas beaucoup, qu'il avoit fort peu des livres, et que la plus part de ceux qui se trouvèrent par son inventaire après sa mort, étoient des présens de ses amis», da A. BAILLET, *La vie de Monsieur Des-Cartes*, Paris 1691, vol. 2, p. 467.

costituire la base del sistema rivoluzionario di Galileo ma anche le modalità con cui esse venivano scritte e presentate al pubblico.

Ma il libro scientifico è importante anche da un altro punto di vista. Durante il diciassettesimo ed il diciottesimo secolo ottenere dalla Chiesa, dalle Accademie o dalle autorità cittadine il privilegio alla stampa di un'opera, significava che i risultati ivi ottenuti erano riconosciuti almeno da una parte della comunità scientifica e che pertanto gli veniva accordata una validità oggettiva.

Il libro inoltre non costituiva solamente un importante strumento di comunicazione delle idee scientifiche ma in molti casi veniva adoperato come uno strumento scientifico *tout-court*. Sappiamo oggi che nelle biblioteche scientifiche del '600 e '700 i naturalisti di tutta Europa conservavano non soltanto i libri ma anche gli strumenti di laboratorio e le collezioni naturalistiche. La locazione architettonica del *cabinet d'histoire naturelle* corrispondeva sovente a quella del *cabinet de lecture*, ed i libri venivano usati per confrontare la tradizione letteraria con la realtà naturale. Nella maggior parte dei casi, soprattutto nelle scienze baconiane, la biblioteca scientifica consentiva ai naturalisti l'unica via d'accesso a mondi altrimenti inconoscibili. Entro questa prospettiva, lo studio e la conoscenza delle fonti e dei libri studiati dagli scienziati del passato diventano degli strumenti di fondamentale importanza per una corretta comprensione storica del loro contributo scientifico e della loro effettiva originalità. Un esempio storico significativo di tale importanza ci viene dall'esame della biblioteca di Antoine Laurent Lavoisier. Lo scienziato francese, recentemente considerato più come un grande sperimentatore che come teorico,<sup>3</sup> è noto per il suo stile estremamente avaro di riferimenti bibliografici, uno stile che in più di un'occasione gli è costato l'accusa di plagio. Questa circostanza stilistica non ha permesso, se non attraverso grandi difficoltà e faticose ricerche, di individuare le fonti utilizzate nella sua opera chimica. I risultati finora raggiunti comunque non sono particolarmente incoraggianti e a parte le fonti inglesi utilizzate da Lavoisier nell'elaborazione del suo sistema di chimica pneumatica, la genesi della teoria dell'ossigeno è rimasta in gran parte nell'ombra. Ricostruire il catalogo della biblioteca di Lavoisier ha avuto dunque come scopo immediato quello di individuare quali fossero i libri che lo scienziato francese conservava nella sua biblioteca e quali tra questi avessero un ruolo particolarmente significativo nel dirigere o ispirare le sue ricerche.

I documenti più importanti relativi alla qualità e quantità della biblioteca dello scienziato francese sono una trentina di inventari manoscritti compilati da alcuni membri del *Comité des arts* tra il 1794 ed il 1795 dopo che un decreto della *Convention National* del giugno del 1793 aveva ordinato il sequestro dei

<sup>3</sup> F.L. HOLMES, *Lavoisier the Experimentalist*, in «Bulletin of History of Chemistry», 5, 1989, pp. 34-31.

beni dei *Fermiers généraux*. Lavoisier era entrato nella *Ferme*, l'esattoria nazionale, nel 1768 ed avrebbe di lì a poco assunto una posizione di spicco nell'amministrazione di una delle istituzioni più impopolari di Francia. Come è noto fu proprio l'appartenenza alla *Ferme* che costò la vita a Lavoisier, ghigliottinato l'8 maggio 1794.

Stando agli inventari compilati dal *Comité des arts* furono confiscati dalla biblioteca di Lavoisier più di mille volumi, la maggior parte dei quali di carattere scientifico.<sup>4</sup> Di questi solo 560 venivano restituiti alla moglie il 15 agosto 1795.

A parte gli inventari altri documenti importanti hanno contribuito a fornire un quadro più preciso e completo della composizione della sua biblioteca. Il documento più importante è senza dubbio il catalogo manoscritto della biblioteca di Madame Rumford-Lavoisier datato circa 1830, oggi conservato nella *Kroch Library* della Cornell University nello stato di New York. In questo catalogo sono descritti oltre 3000 titoli, molti dei quali devono essere appartenuti a Lavoisier. Al fine di stabilire quali libri provenissero dalla biblioteca personale dello scienziato francese è stato necessario comparare i dati presentati nel catalogo della biblioteca della moglie con gli inventari del *Comité des arts*, la corrispondenza, le opere ed altri documenti che hanno sovente consentito l'attribuzione certa dell'appartenenza di una data opera. Una delle fonti più preziose in questo arduo lavoro di individuazione ci è venuta dalla collezione Duveen di libri provenienti dalla biblioteca di Lavoisier, quasi tutti corredati del suo famoso ex-libris. Alla fine degli anni '50, lo storico e bibliofilo inglese Denis I. Duveen, aveva collezionato quasi 600 volumi provenienti dalla biblioteca del chimico francese che, grazie ad una donazione privata, sono oggi conservati presso la *Kroch Library* della Cornell University. Attraverso una laboriosa comparazione di tutti questi documenti e repertori bibliografici si è giunti ad una lista di 1746 titoli alla quale bisogna aggiungere più di 2500 pamphlet relativi alla rivoluzione francese ed un numero ancora indeterminato di manoscritti. Di queste 1746 opere, molte delle quali in più volumi, 197 trattano di chimica, 151 di commercio e finanza, 145 di metallurgia e mineralogia, 125 di filosofia naturale, 124 di matematica e astronomia e così via fino alla sparuta collezione di 14 titoli di teologia. Tutto sommato la biblioteca, nel suo complesso, riflette la molteplicità degli interessi di Lavoisier in modo abbastanza fedele, tuttavia non poche sono le sorprese che emergono da un esame più analitico di questi dati. Innanzitutto è interessante notare che la maggior parte dei libri è di autori francesi a cui fanno seguito 161 titoli, poco meno del 10% del totale, di libri di autori tedeschi. I libri di autori inglesi, nella maggior parte dei casi tradotti in francese, sono 158, seguiti a distanza dagli 81 titoli di autori italiani e dai 49 olandesi, 24

<sup>4</sup> Questi ed i dati che seguono sono tratti dal mio *Bibliotheca Lavoisieriana. The Catalogue of the Library of Antoine Lurenti Lavoisier*, Firenze, L. Olschki, 1995.

svizzeri, 18 svedesi, etc. Per uno studioso di Lavoisier, la reazione immediata di fronte a questi dati è la sorpresa nel constatare il prevalere dei titoli tedeschi su quelli inglesi. Per anni si è insistito sull'influenza delle opere di Mayow, Boyle, Hales, Black, Priestley ed altri autori inglesi, sulla formazione di Lavoisier e scopriamo invece che la letteratura chimica tedesca sembra avere avuto un'influenza altrettanto importante. Inoltre, è necessario sottolineare che la maggior parte dei 161 titoli di autori tedeschi inerisce la chimica, la metallurgia e la mineralogia, mentre solo meno della metà dei 158 titoli inglesi è dedicato a queste scienze. Molti dei libri inglesi infatti riguardavano le discipline storiche (le opere di Gibbon e Bolinbroke), l'agricoltura e la filosofia. L'influenza delle opere di Smith, Hume e Locke sul pensiero economico del giovane Lavoisier, lo indussero inoltre ad acquistare sistematicamente numerosi libri di economisti e finanziari inglesi. Non meno sorprendente è il dato relativo agli 81 titoli di autori italiani, quasi tutti relativi alle scienze naturali. Stando a quello che si legge nella maggior parte delle biografie su Lavoisier recentemente pubblicate,<sup>5</sup> l'influenza della scienza italiana sul chimico francese fu pressoché nulla. Anzi nella maggior parte dei casi, gli scambi epistolari tra Lavoisier ed i suoi colleghi italiani non sono stati nemmeno registrati. La ricostruzione del catalogo della sua biblioteca e l'esame dei documenti ad essa relativi ci ha imposto al contrario di esaminare anche quelle fonti, come le tedesche e le italiane, che gli storici hanno lasciato in secondo piano. Tralasciando di considerare le fonti tedesche, un argomento troppo importante per essere affrontato anche solo introduttivamente, esaminerò qui di seguito le modalità attraverso le quali Lavoisier venne a contatto con la letteratura scientifica del nostro paese.

Nel 1764 Lavoisier dopo aver appena terminato il proprio apprendistato chimico sotto la guida di La Planche e Rouelle, si apprestava a riscrivere e riordinare le idee acquisite nei tre anni precedenti. Tra i pochi testi a cui riconosceva il proprio debito nel suo primo scritto di chimica, troviamo la versione latina, edita da Musschenbroek, dei *Saggi di naturali esperienze* dell'Accademia del Cimento.<sup>6</sup> In effetti fu proprio a partire del testo redatto da Lorenzo Magalotti che Lavoisier cercava di introdurre delle modifiche importanti nella costruzione dei termometri.<sup>7</sup> E fu proprio a partire da questi tentativi che il giovane scienziato ebbe l'intuizione di applicare lo studio del peso specifico dei corpi prima, durante e dopo le reazioni chimiche. Attento lettore di libri di fisica,

<sup>5</sup> J.P. POIRIER, *Antoine Laurent de Lavoisier 1743-1794*, Paris 1993; B. BENSUAUDE-VINCENT, *Lavoisier: Mémoires d'une révolution*, Paris 1993; A. DONOVAN, *Antoine Lavoisier: Science, administration and revolution*, Oxford 1993.

<sup>6</sup> *Tentamen experimenterum naturalium captorum in academia del Cimento*, Lugduni Batavorum, 1731.

<sup>7</sup> Sull'importanza del manoscritto di Lavoisier e sulle sue fonti si veda il mio *A new course in chemistry: Lavoisier's first chemical paper*, Firenze, L. Olschki, 1994.

Lavoisier non poteva restare indifferente alla lezione di metodo impartita dalla scuola galileiana poco più di un secolo prima.

Le opere fisiche di Jacopo Nardi, Carlo Benvenuti e Francesco Algarotti dimostrano che l'attenzione di Lavoisier per la produzione scientifica italiana era tutt'altro che casuale. A ciò si aggiunga che il chimico francese tenne sempre in altissimo conto l'opera e la collaborazione di Lagrange, un autore francese di nazionalità e formazione scientifica piemontese. Ma non erano naturalmente solo i libri di fisica ad interessare lo scienziato francese.

Nell'aprile del 1766 la biblioteca del chimico Jean Hellot veniva messa all'asta. Si trattava di una biblioteca assai ricca di rari volumi e manoscritti inerenti la chimica-tecnica e l'alchimia. Consco dell'importanza di allargare le proprie conoscenze letterarie, Lavoisier acquistava diversi libri e manoscritti. Anche se dobbiamo basare le nostre considerazioni solo su scarse testimonianze, per lo più indirette, sappiamo che Lavoisier acquistò un numero consistente di trattati sulle acque minerali, un argomento che lo interessava da vicino. In vista dell'imminente viaggio mineralogico nei Vosgi meridionali con Guettard, il giovane Lavoisier volle munirsi di tutte le nozioni necessarie perché potesse trarre dal viaggio delle conoscenze dirette ed originali. Tra i libri acquistati dalla biblioteca di Hellot troviamo il celebre trattato erudito *De thermis* del medico milanese Andrea Bacci, pubblicato a Roma nel 1622 e corredato di numerosissime incisioni in rame.

Nel settembre del 1767 Lavoisier e Guettard si fermavano a Strasburgo dove facevano visita al libraio ed editore Amand König. Dopo aver preso visione della collezione Lavoisier constatava che molti dei libri di chimica in vendita erano pressoché introvabili in Francia e tra essi numerose erano le opere di scienziati italiani. La lista dei libri italiani acquistati da Lavoisier dal libraio tedesco è ricca e rappresentativa:

1. Carlo Benvenuti, *Dissertatio physica de lumine*, Vienna, 1761.
2. Pietro Castelli, *De hyena odorifera*, Francoforte, 1668.
3. Giovanni Fantoni, *De thermis Valderianis*, Ginevra, 1725.
4. Id., *Commentariolum de aquis*, Torino, 1747.
5. Giovanni Battista Scarella, *De magnete*, Brescia, 1759.
6. Marco Aurelio Severino, *De lapide fungifero*, Geulpherbyty, 1728.
7. Giangirolamo Zanichelli, *De ferro*, Venezia, 1719.
8. «Miscellanea philosophico-mathematica societatis privatae taurinensis», Torino, 1759-1766, 3 voll.

Come si vede si tratta di una lista composta che spazia dalla storia naturale alla fisica, dalla metallurgia all'idrografia. Tra questi libri gli atti dell'accademia delle scienze di Torino sono di particolare importanza. Lavoisier che, pochi mesi prima della sua partenza per il viaggio con Guettard, aveva cominciato ad interessarsi di chimica pneumatica non poteva non aver notato che il periodico torinese aveva pubblicato due memorie, una di Saluzzo sulla detona-



zione della polvere da sparo e sulla conseguente liberazione di un fluido elastico e l'altra di Cigna sugli esperimenti con animali in vasi privi d'aria. Alla luce di quanto dimostrato da Ferdinando Abbri<sup>8</sup> e cioè che, almeno ad uno stadio successivo, questi due lavori esercitarono effettivamente un'influenza su Lavoisier, è legittimo credere che la selezione di questi volumi nel 1767 non fosse del tutto casuale ma ispirata da un'attenzione particolare verso la letteratura chimica e fisica italiana. Negli anni successivi poche sono le testimonianze relative alla biografia ed agli interessi scientifici di Lavoisier ed è dunque difficile stabilire con chiarezza l'influenza della scienza italiana. Quando, nel gennaio del 1774, Lavoisier aveva finalmente pubblicato i suoi *Opuscules physiques et chimiques*, si affrettava a mandarne una copia all'accademia torinese ed una all'Istituto delle Scienze di Bologna. La campagna per l'affermazione della teoria dell'ossigeno era cominciata ed anche gli scienziati italiani andavano persuasi dell'inesistenza del flogisto. Durante gli anni '80 Lavoisier, ormai uno scienziato famoso in tutta Europa, riceveva in omaggio da Lorgna e Carburì diverse pubblicazioni, ma, a parte l'interesse suscitato dal primo con una memoria sul salnitro, lo scienziato francese sembrava aver raffreddato il suo entusiasmo giovanile per la letteratura scientifica italiana. Certamente aveva acquistato e letto, anche con un certo interesse, le opere di chimica pneumatica di Marsilio Landriani e Felice Fontana ma non sembra che queste possano aver esercitato un'influenza significativa. Non va tuttavia dimenticato che nella primavera del 1788, trovandosi a Parigi per incarico del governo austriaco, Landriani veniva invitato personalmente da Lavoisier ad assistere ai suoi esperimenti con il gasometro ed altri strumenti ideati per sostanziare a livello sperimentale la teoria dell'ossigeno. È certamente un fatto degno di nota che un'intero protocollo di laboratorio dello scienziato francese sia dedicato a delle esperienze atte a convertire Landriani. Il titolo del protocollo è infatti *Expériences pour tenter la conversion du Chevalier Landriani le 20 mars 1788*. Purtroppo i tentativi di Lavoisier non diedero l'esito sperato e Landriani non diventò mai un adepto della nuova teoria né accettò di fare uso della nuova nomenclatura chimica.

Più importante e significativa fu l'influenza dell'opera di Alessandro Volta. L'interesse di Lavoisier per l'applicazione dell'elettricità allo studio dei fenomeni chimici, già manifesta nel suo primo scritto di chimica del 1764, restò centrale per tutta la sua carriera scientifica. Nel 1781, quando Volta si trovava a Parigi, Lavoisier e Laplace lo chiamarono ad assistere alle loro esperienze sull'assorbimento dell'elettricità dei corpi. Qualche anno prima, a seguito della pubblicazione della traduzione francese delle *Lettere sull'aria infiammabile*, un'opera nella quale veniva annunciata la scoperta di un nuovo gas e di un nuovo metodo di

<sup>8</sup> F. ABBRI, *Le terre, l'acqua, le arie: la rivoluzione chimica del Settecento*, Bologna 1983, pp. 142-44.

indagine pneumatica, Lavoisier aveva compreso che si trovava di fronte uno scienziato di grandi doti sperimentali e benché nel catalogo della sua biblioteca non figurì alcun titolo dello scienziato comasco, non vi sono dubbi sul fatto che il chimico francese fosse a conoscenza del contenuto delle *Lettere* e delle più importanti scoperte sull'elettricità realizzate da Volta. Non è certamente un caso che Volta fu, insieme a Spallanzani, Landriani, e Dandolo, uno dei pochi scienziati italiani a ricevere in omaggio personalmente dalle mani di Lavoisier una copia del *Traité élémentaire de chimie*.

Non meno importante fu per Lavoisier la lettura delle opere di Lazzaro Spallanzani. Nella biblioteca del chimico francese figurano infatti le *Nouvelles recherches sur les découvertes microscopiques, et la génération des corps organisés*, (Parigi, 1769). Di Spallanzani Lavoisier poteva ammirare il rigore sperimentale e la capacità di trarre la corretta spiegazione teorica dei fenomeni osservati. L'equilibrio tra osservazione empirica ed interpretazione teorica infatti costituiva una delle qualità principali dell'opera dello scienziato emiliano. Ma Lavoisier doveva aver modo di apprezzare l'opera di Spallanzani anche da un'altra prospettiva non meno importante. Interessato fin dalla gioventù ai problemi connessi alla respirazione animale, tra il 1790 ed il 1792 Lavoisier decise di affrontare sistematicamente questo tema. In collaborazione con Seguin scriveva un *Premier mémoire sur la respiration des animaux* in cui annunciava che la respirazione altro non era che una combustione lenta di carbonio e di idrogeno; che l'aria atmosferica forniva l'ossigeno ed il calore e il sangue il combustibile. Questa rivoluzionaria scoperta, realizzata attraverso una serie di esperimenti ai quali si era sottoposto lo stesso Seguin, indusse Spallanzani a riconsiderare la respirazione entro la sua teoria delle funzioni animali e, nel 1797 ammetteva:

Prima della moderna chimica poco si sapeva di questa interessantissima funzione animale. Li sicuri schiarimenti che ora abbiamo di essa li dobbiamo tutti alla sagacità e al sapere dell'immortale Lavoisier, e de' suoi illustri seguaci, che fatto hanno una felice rivoluzione in questa scienza. Diretto dai luminosi loro principi sonomi impegnato di dar qualche passo più di essi. Lavoisier ha esaminato chimicamente i fenomeni della respirazione dell'uomo [...] Io formato mi sono un piano più esteso, con l'esame di diversi individui delle note sei classi di animali.<sup>9</sup>

Ma l'influenza non era stata unilaterale e prima di esaminare i fenomeni relativi alla respirazione, Lavoisier deve aver tenuto conto delle opere di fisiologia delle funzioni animali pubblicate da Spallanzani. Nel 1768, in uno dei primi scritti scientifici pubblicati,<sup>10</sup> Lavoisier aveva studiato la riproduzione delle teste delle lumache adottando un approccio simile a quello seguito da Spallanzani. Solo con la pubblicazione dei manoscritti dello scienziato francese, tuttora conservati intonsi negli archivi dell'*Académie des Sciences* di Parigi, troveremo una

<sup>9</sup> L. SPALLANZANI, *Carteggi*, vol. 10, Modena 1988, pp. 149-150.

<sup>10</sup> LAVOISIER, «Histoire Naturelle», in *L'Avantcoureur*, 44, 1768, pp. 124-128.

conferma diretta di questa influenza e potremo darne una cronologia accurata. Per ora basti soltanto constatare che Lavoisier, il primo gennaio del 1791, spediva una lettera a Spallanzani mostrando di conoscere la sua opera ed allegando una copia del suo *Traité*. Da quanto risulta dalla corrispondenza di Lavoisier non furono molti gli scienziati europei a godere del privilegio di essere contattati per prendere una posizione favorevole nei confronti del capolavoro della letteratura chimica settecentesca. Evidentemente, Lavoisier aveva grande stima di Spallanzani e confidava di ottenere il suo consenso. In questo aveva visto giusto, ch  lo scienziato emiliano si sarebbe schierato, sia pur con qualche esitazione, al fianco dei sostenitori della teoria dell'ossigeno e della nuova nomenclatura chimica.

Un altro elemento per comprendere il ruolo delle fonti italiani nel pensiero di Lavoisier   un esame attento della sua corrispondenza. Non solo tra gli scambi epistolari compaiono diversi nomi italiani, ma anche, soprattutto negli ultimi anni della sua carriera scientifica, vengono discusse diverse opere scientifiche italiane.

Oltre ad Alessandro Volta e Lazzaro Spallanzani, tra i corrispondenti italiani di Lavoisier troviamo: Giovan Battista Beccaria che nel 1774 gli contestava la priorit  della scoperta che i metalli sottoposti a calcinazione aumentassero di peso a causa della fissazione dell'aria; Giuseppe Angelo Menusiglio conte di Saluzzo; Vincenzo Dandolo, il suo traduttore ufficiale; Antonio Maria Lorgna, che lo fece nominare membro dell'Accademia dei XL; Marsilio Landriani; e Melchiorre Cesarotti. Anche se bisogner  attendere la conclusione della pubblicazione degli ultimi fascicoli della corrispondenza, si pu  gi  fin d'ora constatare che la presenza di tanti corrispondenti italiani   di tutto rispetto, seconda solo a quella degli inglesi. A questi dati bisogna aggiungere che molti viaggiatori italiani ebbero l'opportunit  di conoscere personalmente Lavoisier. Questo   il caso di Giovanni Fabbroni, importante figura istituzionale del panorama scientifico toscano, che, probabilmente, aggiorn  Lavoisier delle esperienze pneumatiche realizzate da Felice Fontana, un autore che lo scienziato francese dimostr  di conoscere e apprezzare a fondo. Probabilmente altri scienziati italiani scambiarono lettere e libri con Lavoisier.   difficile credere infatti che un opuscolo raro come gli *Esperimenti sopra il ferro crudo* (Padova, 1780) di Marco Carburi, sia stato acquistato da Lavoisier e invece non si tratti di un omaggio dell'autore.

Per tornare, e concludere, alla biblioteca del chimico francese, vanno segnalate alcune di opere di illustri medici e naturalisti italiani quali ad esempio la monumentale edizione in Folio dell'*Opera omnia* di Girolamo Cardano (10 voll. Leida, 1663), il *De medicatis aquis* di Gabriele Falloppio (Venezia, 1564), l'*Opera omnia* di Domenico Guglielmini edita da Giambattista Morgagni (2 voll., Ginevra, 1719), la *Magia naturalis* (Rothomagi, 1650) e la *Phytognomonica* (Francoforte, 1591) di Giovanbattista Della Porta; la rara e sontuosa prima edizione de *Le diverse et artificiose machine* (Parigi, 1588) di Agostino Ramelli; le opere di due illustri discepoli e seguaci di Galileo, il *De medicina statica* (Parigi, 1770)

di Santorio Santorio e il *De animalculis vivis* (Amsterdam, 1708) di Francesco Redi. Infine troviamo 8 volumi del «Giornale d'Italia spettante alla scienza naturale e principalmente all'agricoltura» (Venezia, 1764-1776) curato dall'Arduino, un periodico fortemente ricercato dai naturalisti stranieri e che Lavoisier aveva apprezzato al punto da possederne due copie.

Lavoisier non era interessato unicamente alla letteratura scientifica italiana ma possedeva anche dei celebri testi dell'età dei lumi. Oltre alla versione francese del *Newtonanesimo per le dame* di Francesco Algarotti, il chimico francese aveva acquistato il *Traité sur le bonheur public* di Ludovico Antonio Muratori, tradotto in francese dal nipote Gianfrancesco Soli, e la traduzione di Morellet del classico *Dei delitti e delle pene* di Cesare Beccaria. A questo proposito è bene ricordare che Lavoisier fu chiamato dall'*Académie des Sciences* a stendere un rapporto sulla situazione delle carceri parigine nel quale, oltre ad esaminarne i limiti architettonici e igienici, il chimico francese non risparmiava dure critiche all'inumanità dei sistemi carcerari dell'Antico Regime.

Infine, Lavoisier conservava nella sua biblioteca diversi classici italiani in traduzione francese. Tra essi spiccano le opere di Machiavelli, Ariosto, Tasso e Guarini, autori assai popolari in Francia ma che danno comunque un'idea dei gusti letterari ed eruditi dello scienziato francese.

La presenza di tanti libri e di un interesse così sensibile ed aggiornato per la produzione scientifica italiana, dimostrano che l'immagine comunemente adottata dai biografi di Lavoisier va senz'altro corretta ed arricchita.

In primo luogo, l'influenza della scienza italiana ebbe un peso considerevole nel dirigere alcune ricerche, soprattutto sperimentali, di Lavoisier. Inoltre, esaminando attentamente il catalogo della sua biblioteca e la sua corrispondenza, si è stabilito che la scienza italiana settecentesca aveva avuto ampia circolazione e suscitato grande attenzione anche tra coloro che, come Lavoisier, stavano dominando la scena europea.

ANTONINO DRAGO (\*)

## **Il caso della teoria chimica come rivelatore dei limiti dell'interpretazione strutturalistica della storia della scienza (\*\*)**

**Summary** - Since 1973 Sneed — and then Stegmüller, Balzer and Moulines — introduced a remarkable novelty in the history of science. By means of the language of set theory they characterized by means of a particular kind of axiomatics the mathematical structure as well as the applications of a scientific theory. In such a way they want to study the foundations and the history of science no more by means of natural language but a scientific language referring to formal structures. They are able to analyse some basic notions of a great relevance; i.e. the net of theories, the approximating theories, the reduction of a theory to another one, the progress of theories.

The case-study of classical chemistry presents apparent difficulties; they are taken as instances of the general bounds of the structuralist approach of which a reformulation is suggested.

### *1. Nuova storiografia e fondamenti della chimica*

Da alcuni decenni gli studi sui fondamenti della scienza hanno mostrato che la scienza ha un linguaggio che non è neutrale. Anche la storia della scienza è cambiata radicalmente, passando da un atteggiamento essenzialmente positivista ad un atteggiamento meno restrittivo che sappia cercare di risolvere il problema che col positivismo è rimasto insoluto: ricostruire razionalmente i principali eventi della storia della scienza moderna.

Alla insegna dello slogan «la storia della scienza senza la filosofia della scienza è cieca; la filosofia della scienza senza la storia della scienza è vuota», la

(\*) Gruppo di Storia della Fisica, Dipartimento di Scienze Fisiche, Università di Napoli.

(\*\*) Relazione presentata al VI Convegno Nazionale di «Storia e Fondamenti della Chimica» (Cagliari, 4-7 ottobre 1995).

storia della scienza ha rotto la separazione positivista tra scienza e filosofia. Cosicché le varie storiografie hanno suggerito implicitamente vari abbozzi di concezioni dei fondamenti della scienza. Decisivo per il cambiamento è stato il contributo di A. Koyré sulla storia della nascita della scienza moderna, come pure quello di T. S. Kuhn sulla storia della fisica classica. Ma non si è trovato un accordo su qualche concezione; gli elementi filosofici introdotti nelle varie storiografie hanno fatto temere, per la concezione dei fondamenti della scienza, una caduta nella irrazionalità.<sup>1</sup>

Anche per reazione a questo pericolo, e quindi per difesa della oggettività della scienza, è stata molto rilevante una nuova concezione che ha proposto di descrivere le teorie fisiche mediante le affermazioni non del linguaggio naturale, ma con un linguaggio neanche della logica matematica (come è nel caso del neopositivismo logico), ma solo matematico (la «non-statement view of science»). Il che naturalmente è possibile solo per una parte della teoria, quella che però può essere ritenuta la più importante, tanto da essere chiamata «la struttura» della teoria stessa. Per questo motivo i fondatori di questa concezione l'hanno chiamata «strutturalista».<sup>2</sup> Essi l'hanno basata su una particolare teoria matematica, quella che più pretende di rappresentarne la parte più avanzata ed efficace della matematica tutta, la teoria degli insiemi. Inoltre essi hanno preteso di innovare anche rispetto alla logica matematica, proponendo una maniera di assiomatizzare una teoria fisica che è sicuramente meno astratta, perché dichiaratamente finalizzata alle applicazioni, che fanno parte costitutiva della teoria.

A vent'anni dalla nascita, questa concezione può vantare una ampia letteratura. La estensione delle sue applicazioni (che arrivano alla economia — anche di Marx —, e alla psicoanalisi) non è pari alla sua profondità di interpretazione, né alla sua adeguatezza alla esperienza storica della scienza. Ma ancor oggi essa rappresenta per molti il tentativo di studio più rigoroso e più promettente sui fondamenti e sulla storia della scienza.<sup>3</sup>

D'altra parte la teoria chimica non ha uno statuto epistemologico accettato universalmente. Per la filosofia positivista la chimica era una teoria molto impor-

<sup>1</sup> Una sintesi di questa problematica è il libro di F. CHALMERS, *Ma che cos'è questa scienza?*, Mondadori, 1979.

<sup>2</sup> L'origine è riconosciuta in J.D. SNEED, *The Logical Structure of Mathematical Physics*, Reidel, 1971.

<sup>3</sup> Come riferimento più autorevole si può prendere il libro di W. BALZER, C.U. MOULINES, J.D. SNEED, *An Architectonics of Science*, Reidel, 1987 che però è molto complesso e formalistico. Per altre introduzioni, molto rapide e abordabili anche da un lettore a digiuno dello strutturalismo, vedi quella (in italiano però datata), di M. Alai (1986), oppure quelle di Kuhn (1975), Stegmüller (1990), Rantala (1991) (le indicazioni delle quali, come anche farò nel seguito, sono nella bibliografia di W. Diederich, A. Ibarra, T. Mormann, «Bibliography on Structuralism», *Erkenntnis*, 30 (1989), 387-407, 41 (1994) 403-418) più quella di N. da Costa: «Review» del libro precedente, in *J. Symb. Logic.*, 59 (1994) 691-3.

tante perché chiaramente empirica; ma nello stesso tempo era senza grande valore teorico perché mancante della matematica avanzata.<sup>4</sup> Per di più, la chimica classica si è successivamente sviluppata nella chimica-fisica, che è sembrata subordinarla alla termodinamica; e ora essa viene considerata dai più come definitivamente inclusa nella meccanica quantistica.<sup>5</sup>

Sono forti le resistenze dei chimici a questa perdita di identità a favore di teorie fisiche. Ma che cosa possono rispondere a chi considera la teoria chimica come una «non teoria», o come una teoria «immatura», o come una teoria già ridotta a un caso particolare di teorie più generali? Come fare a sostenere una sua radicale diversità, o addirittura incommensurabilità, rispetto alle teorie che la vorrebbero già inclusa? Evidentemente occorre riferirsi ad una concezione accreditata dei fondamenti della scienza. Siccome per molti studiosi la concezione più avanzata sarebbe proprio quella strutturalista, allora bisogna confrontarsi con questa concezione, tanto più che essa pretende di aver «spiegato» anche la teoria chimica con un suo schema interpretativo. Credo che lo sforzo di studiare e discutere questa concezione sia utile; perché i confronti fanno sempre crescere, tanto più quando si tiene conto delle direzioni di lavoro che nella filosofia della scienza ricevono molti consensi.

Però questa concezione si presenta nella maniera meno attraente possibile per un chimico, perché il suo studio presenta varie difficoltà. Essa considera le teorie traducendole in apposite assiomatiche, il che è inusuale per i chimici. Queste assiomatiche si basano sulla teoria degli insiemi, una matematica che non ha ragione di essere usata in chimica. In esse hanno un ruolo cruciale dei temi un po' specialistici di filosofia della scienza. Inoltre il suo programma è posto come onnicomprensivo su tutta la scienza e quindi obbliga a studiare un insieme molto ampio di teorie, dalle classiche alle moderne. Per di più il percorso ventennale dello strutturalismo presenta più versioni, a causa delle critiche ricevute. Tutto ciò rende faticosa la sua comprensione da parte anche dei non chimici, tanto da portare lo studioso e lo storico comune a limitarsi ad averne una conoscenza solo approssimativa o a ritagliare a priori una piccola parte della numerosa bibliografia sull'argomento.

Nel seguito, ponendomi al livello di una prima introduzione mi sforzerò di rendere più semplice possibile la presentazione della concezione strutturalista e la discussione del suo rapporto con la chimica.

<sup>4</sup> Classica è rimasta la valutazione data da A. COMTE, *Cours de Philosophie Positive*, Soc. Positiviste, Paris (vol. 5), 1982.

<sup>5</sup> Così la chimica è presentata da ogni libro di chimica quantistica.

## 2. Storia e sintesi dello strutturalismo

In letteratura esiste già un inquadramento storico dello strutturalismo. Per comodità del lettore lo sintetizzo nella tabella 1.

Piuttosto occorre particolare attenzione per acquisire una descrizione sintetica della concezione strutturalista di una teoria.

«Stegmüller spiega che la moderna filosofia della scienza ha davanti a sé un dilemma: ci è necessaria una ricostruzione razionale delle teorie scientifiche, ma questa sembra tuttora impossibile. Di solito la filosofia della scienza considera le teorie scientifiche come insiemi o sistemi di affermazioni; e assume che le nostre riflessioni filosofiche debbano concentrare lo studio sulle relazioni logiche tra gli elementi di quegli insiemi. Ma questa rappresentazione di una teoria mediante le sue affermazioni presenta difficoltà insormontabili ed è del tutto inadeguata per spiegare la dinamica temporale delle teorie scientifiche nel periodo moderno. Suppes ha proposto di sostituire questo approccio metamatematico e micrologico con quello matematico», (Kochelmans 1987, p. 136) e, più precisamente, con quello della matematica ritenuta la più avanzata, la teoria degli insiemi.

L'idea base degli strutturalisti può essere riformulata in termini intuitivi ed attraenti come il tentativo di schematizzare «le teorie scientifiche per come esse vengono presentate agli studenti e da essi sono poi utilizzate» (Kuhn 1975, p. 292);<sup>6</sup> cioè: la sostanza dei libri di testo, la pratica didattica e la pratica delle applicazioni.

«L'unità fondamentale dell'architettura (risultante) è il concetto di *elemento-teoria*, che rappresenta una teoria scientifica in un senso locale e parziale (ad es. la meccanica della particella classica, cioè essenzialmente la sola seconda legge di Newton). Ogni elemento-teoria comprende una parte teorica, che è detta il *nucleo (K) della teoria* (cioè la struttura concettuale e le leggi fondamentali della teoria); e una parte che rappresenta i fenomeni ai quali si sa di poter applicare la teoria, detta il *dominio delle applicazioni (I)*.

La parte teorica (*K*) comprende grosso modo quello che di solito viene chiamato «la teoria» (ma, come vedremo, è più complesso di essa). La seconda parte (*I*) rappresenta l'idea di considerare come sua parte organica certe applicazioni della teoria» (Rantala 1991, p. 298-9). Così Kuhn (1976, p. 292) spiega le applicazioni: «Nel caso della meccanica classica le applicazioni possono essere i problemi del moto planetario, dei pendoli, della caduta libera, delle leve e delle bilance, ecc. (C'è bisogno di sottolineare che apprendere una teoria significa apprenderne una serie opportuna di applicazioni; e che aver capito una teoria suggerisce la comprensione di altre teorie?)».

<sup>6</sup> È probabile che proprio questo aspetto abbia convinto Kuhn (1975) ad aderire al programma strutturalista. Vedasi anche Sneed (1979), pp. 10-14.



TAB. 1 - *Storia dello strutturalismo* (Niilinuoto, 1980).

- 1879 *Frege* (poi *Peano* e *Russell*): interpretare la matematica con le sole formule matematiche e logiche!
- 1920 ~ *Hilbert*: metamatematica come matematica sulla matematica. Assiomatizzare tutta la matematica!
- 1920 ~ *Neopositivisti logici* (*Carnap*, *Neurath*, *Hempel*): assiomatizzare ogni teoria empirica con la logica, aggiungendo delle regole di corrispondenza con la realtà empirica!
- al 1970: a) Tardo positivisti in crisi (*Hempel*, *Braithwhite*);  
b) neo-logicisti (*Hintikka*) sui fondamenti della matematica;  
c) assiomatici mediante un predicato (della teoria degli insiemi), che dà le applicazioni della teoria. *Mc Kinsey*, *Sugar* e *Suppes* (1953): meccanica della particella; *Adams* (1959): meccanica dei corpi rigidi;  
d) teorici dei complessi di teorie: il modello di rete globalistica (*Quine*), il paradigma (*Kuhn*), il sistema concettuale (*Toulmin*), il programma di ricerca (*Lakatos*), il dominio scientifico (*Shapere*), la tradizione scientifica (*Laudan*);  
e) scettici dell'assiomatica.
- 1971 *Sneed* distingue in modo originale i termini teorici di una teoria; distingue tra nucleo formale della teoria e applicazioni (= modelli); suggerisce i vincoli delle applicazioni.
- 1973 *Stegmüller* lancia il programma strutturalista.
- 1975 *Kuhn* aderisce.

Teorici principali: *Sneed*, *Stegmüller*, *Balzer*, *Moulines*.

*Slogan*: «Assiomatizzare è definire un predicato di teoria degli insiemi [il quale racchiude tutta la teoria degli insiemi e le sue applicazioni e] che afferma che almeno un modello  $M_{pp}$  della teoria appartiene alle applicazioni  $I$  della teoria stessa».

Poi dopo, «gli elementi-teoria sono considerati in collegamento con altri elementi-teoria, invece che individualmente. Il loro collegamento è dato non dalle applicazioni, che sono separate tra loro, ma dai legamenti interteoretici: essi collegano gli elementi-teoria in modo da formare *reti di teorie*. Per esempio, una rete di questo tipo dovrebbe rappresentare la meccanica classica della particella intesa in un senso ampio» (Pearce 1977, p. 352). Allora una intera teoria è rappresentata come «un aggregato di teorie-elementi interconnesse tra loro, ma

tutte con la stessa struttura» (Balzer *et al.* 1987, p. 167). Se ad es. alla legge di Newton aggiungiamo la legge di Hooke (che comporta non nuove leggi, ma solo nuovi vincoli e nuovi legami), si ottiene un legame tra due teorie-elementi, che viene detto una *specializzazione*. Ci sono anche altre relazioni tra teorie-elementi, ad es. la *riduzione* di una teoria ad un'altra.

Infine i rapporti tra reti di teorie diverse sono chiamati rapporti intrateoretici. Componendo alberi di teorie si possono ottenere *teorie-complessi* e *teorie-globalità*. Con queste reti di teorie si possono interpretare le storiografie della scienza, qui dette metateorie, di Kuhn e di Lakatos. Cioè la concezione strutturalista si propone di ricostruire più che la storia della scienza, una dinamica di passaggi tra una teoria e l'altra attraverso relazioni di riduzione, generalizzazione o unificazione. Ma molto spesso occorrono in più la relazione di approssimazione tra teorie e la relazione di caso limite, perché spesso le altre relazioni esatte non sono valide. Con tutto ciò si è programmato di ricostruire formalmente le relazioni tra tutte le teorie fisiche; ed essendo queste datate nella storia, ricostruire la dinamica di tutta la storia della fisica.

Ora introduciamo dei concetti che ci faranno precisare questa sintesi molto generale con un minimo di specificazioni.

Il nucleo  $K$  di una teoria-elemento contiene varie sottostrutture. Per prima «l'insieme dei modelli potenziali  $M_p$  che rappresenta lo schema concettuale della teoria,  $M$  è l'insieme (sottinsieme di  $M_p$ ) dei modelli che rappresentano i sistemi effettivi» (Rantala 1991, p. 300). Però questo insieme  $M_p$  non può essere confrontato direttamente con la realtà empirica al fine di una verifica, perché contiene dei termini teorici [ad es. in meccanica: la forza dinamica, la massa, il concetto di atomo nel 1800] che non trovano corrispondenza diretta con la realtà stessa e quindi renderebbero circolare la verifica suddetta. Allora si considera « $M_{pp}$  l'insieme di tutti i possibili modelli parziali (un sottinsieme di  $M_p$ ) che rappresenta le 'leggi' [empiriche] di  $T$ » (Pearce 1977, p. 352). Quindi  $M_{pp}$  rappresenta tutta la struttura di  $T$ , ma non la sua parte teorica astratta; grossolanamente: quella empirica. Fino a Sneed, «*termine teorico*» era un termine non osservabile direttamente. Con Sneed la definizione è stata relativizzata alla teoria-elemento, cioè senza far più riferimento alla osservabilità generica. Più precisamente *un termine è teorico* quando la sua verifica richiede lo stesso modello teorico al quale appartiene. Poi Gaedhe (1983) ha notato che la definizione di questi termini deve considerarli insieme.<sup>7</sup> (Ma comunque, i termini in questione sono in gran parte gli stessi secondo le diverse definizioni).

Commenta Kuhn (1975, p. 291): «Primo, gran parte della istruzione scienti-

<sup>7</sup> DIEDERICH, «The development of structuralism», *Erkenntnis*, 30 (1989) 363-386 è una analisi critica del problema filosofico sollevato dallo strutturalismo (termini teorici) come pure dei suoi risultati. Lo indico specificamente perché a quella tematica, troppo complessa per la natura di questo articolo, dedicherò poco spazio.

fica, o almeno quella della fisica, è l'insegnamento ad uno studente su come passare dai modelli potenziali parziali ai modelli parziali. È per questo che ci sono i laboratori e, alla fine di ogni capitolo del libro di testo, i problemi. Capita spesso che uno studente sappia risolvere i problemi che sono presentati con equazioni, ma non sappia ricavare le equazioni necessarie per i problemi che sorgono in laboratorio o espressi a parole; costui non ha il talento di compiere il passaggio suddetto. Secondo, e quasi come corollario, un criterio col quale si possono distinguere i grandi scienziati da quelli mediocri è quello della immaginazione creativa necessaria per trovare un  $M_p$  che corrisponda a un  $M_{pp}$  non usuale (ad esempio una membrana vibrante o una corda vibrante, prima che queste diventassero applicazioni normali della meccanica di Newton). Terzo, siccome non si è fatta attenzione a come si esegue questo compito, allora per anni non si è capita la natura del problema di quale sia il significato dei termini teorici».

Introduciamo inoltre la *funzione r*. Essa è la funzione che in ogni modello  $x \in M_p$  cancella la componente corrispondente ai termini teorici in  $T$ . «Formalmente l'insieme  $M_{pp}$  è definito come  $r[M_p]$ ; i suoi elementi sono pensabili come le applicazioni potenziali della teoria; quindi l'insieme  $I$  delle applicazioni è una sottocollezione di  $M_{pp}$ » (Pearce 1982, p. 390).

C'è poi il concetto di *legame interteoretico*. Ad es., la meccanica della particella ha bisogno della geometria analitica e del tempo, che le vengono dati dalla cinematica, che li ha già formalizzati; cosicché le due teorie restano così collegate.

Infine la presentazione di  $C$ , l'insieme dei *vincoli*. Questo concetto è un po' più difficile da spiegare e non è essenziale al seguito. Basti un esempio: se applichiamo la teoria della gravitazione al sistema Terra-Luna e poi al sistema Terra-Sole, la massa della Terra è vincolata ad essere la stessa in ambedue i casi. In questo modo, quelli che di solito vengono visti come gli assiomi della teoria, ora sono diventati delle condizioni definitorie del predicato  $T$ , quello che applica la teoria  $K$  ad una situazione concreta di  $I$ .

Non definisco le tantissime relazioni interteoretiche inventate dagli strutturalisti; occorrerebbe uno studio specifico e per il seguito non ci serviranno.

Allora, possiamo dire che  $T \equiv \langle K, I \rangle$ . E «applicando questo predicato ad una situazione concreta  $c_i$  (indicata con un nome o una notazione specifica) in cui le funzioni non teoriche [formule delle leggi] sono sostituite da elementi precisi  $f_j$ , otteniamo « $c_i$  è una  $T$ », e diciamo che essa descrive la  $i$ -esima applicazione di  $T$ . Se  $c_i$  è una particolare situazione che contiene Giove, allora  $f$  è la posizione, le  $f_j$  sono le posizioni del primo, secondo, ...  $j$ -esimo elemento della situazione, compresa la posizione di Giove» (Feyerabend 1977, p. 352).

Il tutto cioè porta alla fine ad affermare che  $I \in A(E)$ , dove  $I$  è l'insieme dei modelli ed  $E$  è una opportuna espansione del nucleo della teoria con in più i vincoli ed  $A$  è la funzione che dà le applicazioni di  $E$ .

Nella Tab. 2 dò una sintesi anche grafica di tutto lo schema interpretativo degli strutturalisti.

TAB. 2 - Rappresentazione della concezione strutturalistica.

TEORIA - ELEMENTO

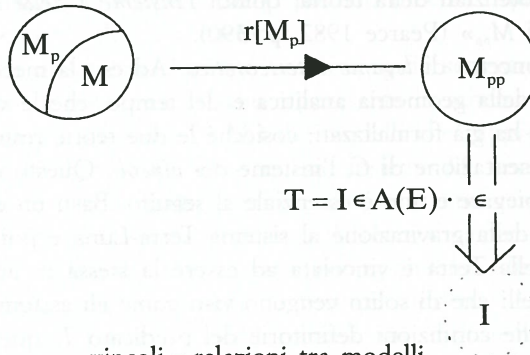
Una teoria-elemento (primi costrutti teorici riferibili autonomamente alle applicazioni: meccanica della particella, legge di Hooke, legge del pendolo, gravitazione) è  $T \equiv \langle K, I \rangle$ .

$K$  = nucleo

$I$  = dominio delle applicazioni

N.B. Le applicazioni sono descritte dalla teoria e ne fanno parte integrante!

- (K)  $M_p$  = modelli possibili dello schema concettuale della teoria.  
 $M$  = modelli effettivi anche delle leggi della teoria.  
 $M_{pp}$  = Modelli possibili parziali (senza termini teorici; rappresentano il contenuto empirico della teoria).
- (I) applicazioni intenzionali (non completamente formalizzabili)  $\subseteq M_{pp}$



PRETESA EMPIRICA DI UNA TEORIA: c'è un predicato per cui si afferma che un modello  $x$  di  $M_{pp}$  appartiene alle applicazioni  $I$ .

Lo studente studia casi teorici, cioè  $M_{pp}$ , e ci fa esercizi per giungere a  $M_p$ .

Lo scienziato creativo trova un  $M_p$  sulla base di una struttura non teorica  $M_{pp}$ .

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

RAPPORTI INTRATEORIE: dinamica delle teorie (non incommensurabili).

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

### 3. La questione della riduzione e della incommensurabilità di due teorie

Tra tutte le relazioni possibili tra teorie-elementi o tra complessi teorici in genere, quella di *incommensurabilità* è stata considerata da molti un banco di prova della concezione strutturalista delle teorie scientifiche; sia perché questo concetto era già famoso come il concetto centrale delle teorie di Feyerabend e di Kuhn; e quindi la concezione strutturalista doveva verificarsi su di essa; sia perché gli strutturalisti tendono a collegare sempre più teorie tra loro, mentre l'eventuale validità della incommensurabilità impedirebbe così tanti collegamenti.

Nell'accezione letterale (e anche in quelle poco precise di Feyerabend e Kuhn) la incommensurabilità di due teorie significa «la mancanza di metri di misura a comune» tra di esse; il che però non implicherebbe la incomunicabilità e la intraducibilità. I pochi esempi storici dati dai due autori non hanno chiarito molto bene il concetto. Gli strutturalisti, da parte loro, sono passati attraverso diverse definizioni di incommensurabilità; comunque, lo hanno fatto partendo sempre dal concetto positivo di riducibilità di una teoria all'altra.

Vediamo allora il concetto di *riduzione*. Questo era stato definito già da altri in varie maniere, ma soprattutto come deducibilità delle affermazioni (leggi) della prima teoria da quelle della seconda. Invece gli strutturalisti hanno proposto la seguente definizione (che viene riportata qui in termini intuitivi, mentre invece essa viene espressa formalmente nella teoria degli insiemi e non si lascia spazio ad altri linguaggi): una teoria-elemento  $T$  è ridotta alla teoria-elemento  $T^*$  se ogni applicazione di  $T$  è collegata ad una applicazione di  $T^*$  e se c'è una funzione che traduce i modelli della prima in quelli della seconda e inoltre si possono derivare, compatibilmente con questa funzione, le leggi dell'una nell'altra, come pure i vincoli, i collegamenti, la struttura concettuale. Come si vede, la funzione non determina tutto, perché anche il confronto delle applicazioni è essenziale, e in più lo è tutto l'apparato assiomatico di vincoli, ecc. Con questo concetto gli strutturalisti hanno considerato ridotte varie teorie; ad es. la cinematica classica o la meccanica dei corpi rigidi alla meccanica classica.

L'idea originaria di Stegmüller (1975, p. 195) era quella di spiegare così tutti i casi di incommensurabilità suggeriti da Kuhn: «Una "vera rivoluzione scientifica", che comporta progresso scientifico, consiste in una teoria  $T$  che viene soppiantata dalla teoria  $T'$  quando: 1)  $T$  e  $T'$  sono incommensurabili, 2)  $T$  è riducibile a  $T'$  ma non viceversa». Cioè, Stegmüller nel suo formalismo di teoria degli insiemi ha voluto spiegare l'incommensurabilità non come assenza di relazione logica tra le totalità delle affermazioni delle due teorie, ma come riducibilità unidirezionale di una dall'altra; questo comporta, in particolare nella storia della scienza, che non ci sono quei salti di razionalità di tipo Gestaltico che sono stati indicati da Kuhn.

Questa definizione però si è rivelata il punto più criticato, in particolare da

Kuhn (1976), Feyerabend (1979),<sup>8</sup> Tuomela (1979, p. 220), Pearce (1982, p. 392),<sup>9</sup> da Costa (*op. cit.*, p. 672). Non ne dò un resoconto perché in parte esso si trova nell'articolo di Alai e poi, nel par. 6, riprenderò qualche critica.

#### 4. I problemi dati dalla termodinamica

Già dagli esempi del paragrafo precedente il lettore si sarà accorto dell'attenzione particolare degli strutturalisti alla meccanica e all'astronomia, che è quanto di più distante ci sia concettualmente dalla chimica e dalle successive teorie fisiche.

Se anche può loro restare la speranza di ricostruire un quadro soddisfacente attorno alla meccanica, sicuramente però lo schema strutturalista si è trovato in difficoltà con una teoria fisica classica molto importante, la termodinamica. Ecco che cosa ne dice Balzer nel 1982 (si tenga presente che la relazione interteoretica di «teorizzazione» è definita da Balzer come il passaggio da una teoria  $T$  ad una teoria  $T^+$  in quanto a  $T$  sono stati aggiunti altri concetti ed anche degli assiomi di natura teorica che legano i nuovi concetti agli assiomi di  $T$ ):

«Come terzo esempio consideriamo la semplice termodinamica dell'equilibrio (THERM). Secondo Moulines (1975) THERM tratta eventi astratti: gli «stati» dei sistemi termodinamici. Una struttura non teoretica di THERM consiste di un insieme di questi stati assieme ai concetti di volume e pressione, «ricavati» dalla meccanica e il concetto di mole dalla stechiometria. Lo sviluppo o il cambiamento di queste strutture non teoriche è spiegato con i concetti teorici di energia ed entropia (v. Moulines 1975). Intuitivamente la relazione tra C-MECH e THERM sembra anche essa quella di teorizzazione: basta aggiungere le moli come pure le leggi e i concetti specifici della termodinamica a quelli della meccanica. Ma guardando meglio la relazione suddetta, la cosa non è così semplice. Nello schema concettuale della C-MECH (Mc Kinsey *et al.* 1953) la pressione non può essere definita in una maniera diretta e generale. Lo possiamo fare solo all'interno della meccanica del continuo, che così diventa il legame tra le due teorie e la cui teorizzazione dà THERM. Ma neanche questa relazione è abbastanza adeguata perché il concetto di mole non può venire dalla meccanica e in più non è un vero concetto teorico di THERM. Per fare meglio occorre introdurre una seconda teoria di base, la stechiometria, cosicché THERM è una «teorizzazione congiunta» di C-MECH e stechiometria. Ma siccome ancora non c'è in letteratura una ricostruzione strutturalista della stechiometria eliminerò

<sup>8</sup> Feyerabend (1979) 363 e ss. dichiara che la sua e quella di Kuhn sono solo incommensurabilità tra concetti e non tra mondi interi o tra metodi; ma si oppone a Stegmüller che pretende di aver superato proprio questa prima incommensurabilità.

<sup>9</sup> A questi risponde Balzer (1985) 255-267 e poi, su questa base, Stegmüller (1986).

questa teoria come anche il concetto di teorizzazione congiunta» (Balzer 1982, p. 260-261).

Comunque, successivamente (1987) gli strutturalisti hanno preteso di aver superato le difficoltà assiomatizzando la termodinamica. Non mi ci dilungo perché ciò richiederebbe troppo spazio.

### 5. Come viene formalizzata la chimica

Vediamo piuttosto come sia stata tenuta in considerazione la chimica. Noto che in tutta la letteratura strutturalista quasi mai la chimica viene considerata. Entra in gioco solo come stechiometria e solo recentemente come tabella di Mendeleieff; oppure nella critica di Kuhn. Questi obietta che dal punto di vista della nuova teoria lavoisieriana tutti i precedenti nomi delle sostanze vengono cambiati, per cui gli strutturalisti dovrebbero precisare ulteriormente la relazione tra  $M_{pp}$  ed  $M_{pp}'$ , che altrimenti è insufficiente. In realtà la chimica ha rappresentato una grave difficoltà per gli strutturalisti.

Moulines (1979, p. 430-431), che ricostruisce la storia della meccanica da Newton a Laplace (riformulando in parte lo schema teorico) concede alla coesione chimica una fugace presenza nella teoria di Newton; ma già con il periodo euleriano della meccanica, essa scompare, per poi non essere più citata.

Poi è stato Kamlah (1984) a iniziare una ricostruzione della chimica a partire dalla teoria del flogisto. Successivamente gli strutturalisti più autorevoli hanno formalizzato la stechiometria di Dalton (Balzer, Moulines, Sneed, *Erkenntnis* 1987). Dei problemi sono sottolineati e affrontati in un lavoro, di poco successivo, di Lauth (1989). Infine, anche la tabella di Mendeleieff è stata formalizzata (Hettema e Kuipers, 1988). Ed è di questa che voglio parlare un po' diffusamente, sia come esempio concreto della assiomatizzazione strutturalista, sia come indicazione dei suoi limiti di fondo.

Per semplificare l'esposizione ho sintetizzato gli aspetti principali nella tabella 3. Poi mi limiterò ad alcuni commenti.

Si postulano  $E$ ,  $m$ ,  $\sim$  e  $z$  come da tabella (si noti che  $\sim$  esprime di più che la valenza chimica). Un modello potenziale  $x$  della tavola periodica è definito come la quadrupla lì indicata. Va chiarito che  $m$  è un termine sperimentale perché viene fornito dalla legge dei gas, mentre invece  $z$  non può che essere un termine teorico (così come lo è stato per la chimica dell'800). Le tre proprietà elencate sono naturali. Si formalizza la Tabella periodica sia alla maniera originale di Mendeleieff (naive periodic Law) sia alla maniera moderna, che è più adeguata ma anche meno semplice.

Tutto questo schema può avere una sola applicazione, la serie di elementi ben nota (senza nemmeno tener conto di isotopi et similia; che non darebbero certamente altre applicazioni, ma casomai delle complicazioni per lo schema

TAB. 3 - La tavola di Mendeleieff strutturalista.

<p><math>E</math> = insieme di elementi chimici (fissato) <math>\{e\}</math>  <math>m</math> = funzione massa atomica <math>f(e) = m \in R^+</math>  <math>\sim</math> = relazione di similitudine chimica tra due elementi <math>e</math> ed <math>e'</math>. Classe di equivalenza rispetto a <math>\sim</math>: gruppo chimico  <math>z</math> = funzione numero atomico di <math>e</math>  <math>x</math> = modello potenziale della tavola periodica (<math>x \in M_p(PT)</math>) (PT sta per «Periodic Table»).</p>	<p><math>x = \langle E, m, \sim, z \rangle</math>  <math>m</math> è sperimentale mediante <math>PV = nRT</math>; <math>z</math> è un termine teorico</p>
<p>1) <math>m(e) &lt; m(e') \leftrightarrow z(e) &lt; z(e')</math></p>	<p>monotonia</p>
<p>2) no posti vuoti</p>	<p>surgezione</p>
<p>3) <math>z(e) = z(e') \Leftrightarrow e = e'</math></p>	<p>iniezione</p>
<p><b>Naive Periodic Law (Mendeleieff):</b> <math>e \sim e' \Leftrightarrow  z(e) - z(e')  = 0 \pmod{8}</math></p>	
<p><b>Sophisticated Periodic Law:</b></p>	
<p>i) <math>(e \sim e') \ \&amp; \ (z(e) &lt; z(e')) \Rightarrow \exists n: z(e') - z(e) = 2n</math>  <math>\vee \exists e'': (e \sim e'') \ \&amp; \ (e'' \sim e') \ \&amp; \ (z(e) &lt; z(e'') &lt; z(e'))</math> (periodi: 2,8,18,32, ecc.)</p>	
<p>2) <math>\forall e \exists e' \exists n: (e \sim e') \ \&amp; \ (z(e') - z(e) = 2n^2) \vee \sim \exists e' : (e \sim e') \ \&amp; \ (z(e) &lt; z(e'))</math>  <math>\vee \sim \exists e' : (e \sim e') \ \&amp; \ (z(e) &gt; z(e'))</math></p>	
<p>Applicazione intenzionale: solo una, la serie di <math>E</math>.  La pretesa empirica della teoria è che l'applicazione <math>I \equiv \langle E, m_e, \sim_e \rangle</math> con in più il termine teorico <math>z_e</math>, è un modello <math>\in M(PT)</math>.</p>	

dato). Questa applicazione deve essere descritta, secondo i canoni dello strutturalismo, come un modello potenziale parziale (che cioè non ha termini teorici)

$$M_{pp}(PT) = r [M_p(PT)]$$

La *pretesa descrittiva* della teoria così formalizzata è che c'è una funzione misurabile (indipendentemente dalla teoria)  $m_E$  e una  $\sim_E$  tale che

$$\langle E, m_E, \sim_E \rangle \equiv_{df} s_E \in M_{pp}(PT)$$

dove  $s_E$  è una descrizione.

La *pretesa empirica* è che  $S_E$  può essere accresciuta da una funzione  $z_E$  tale che  $(s_E, z_E)$ , è un modello (potenziale  $\in M_p(PT)$  ed anche un modello)  $\in M(PT)$ .



## 6. *Analisi critica dell'impostazione strutturalista*

Si può criticare la concezione strutturalista *dall'esterno*. Ad esempio, si può osservare che in teoria degli insiemi (al più) si può tradurre solo l'ossatura oggettiva delle formule matematiche di una teoria fisica; ma ogni fisico si rifiuta di restringere la teoria a quella ossatura, se non come strumento di esplorazione parzializzante. In altri termini ci si può chiedere come si possa distinguere nettamente la semantica dalla sintassi della teoria, la quale ultima è l'unica ad essere formalizzata. Ciò non fa sperare che gli strutturalisti possano ottenere risultati decisivi nella interpretazione delle teorie scientifiche.

Inoltre perché scegliere come rappresentativi della teoria  $K$  ed  $I$ ? Dalla Chiara e Toraldo di Francia scelgono altre strutture.<sup>10</sup>

Ma queste critiche potrebbero risultare superficiali; altre critiche invece sono *interne*, cioè accettano a priori l'impostazione strutturalista, ma la portano alle estreme conseguenze.

Che significato è da attribuire al fatto che gli strutturalisti rinunciano alla assiomatica tradizionale e passano ad una loro «assiomatica»? Questa è artificiosa perché gli assiomi ora sono limitazioni di un predicato, il quale fa convergere tutta la teoria sul problema della sua applicabilità. Da molto tempo Beth<sup>11</sup> ha avvertito che il modello di scienza apodittica prima e della teoria assiomatica poi hanno costituito un condizionamento della nostra capacità di costruire una teoria scientifica. Egli, come tanti altri che hanno percepito lo stesso problema, non ha saputo vedere una reale alternativa, ma solo una lunga tensione storica a trovarla. In questa stessa tensione io interpreto la «assiomatica alla Suppes», ripresa dagli strutturalisti: cioè, come una maniera di accettare, a causa del teorema di Goedel, il fatto che una teoria assiomatica è essenzialmente insufficiente nel rappresentare una teoria scientifica; e quindi cercare di uscire dalla assiomatica classica, al costo di costruire un ideale di organizzazione ibrido. *Questo ideale è ibrido per tre ragioni.*

1) per lo strano ruolo degli assiomi (o principi, che, contrariamente ad ogni tradizione, qui non sono più principi);

2) perché volendo assiomatizzare, poi si appoggia pesantemente sul concetto di modello, che è un'entità globalistica che si riferisce a tutto l'insieme della teoria (mentre invece una assiomatica ricava localmente nuove deduzioni, lungo un percorso che è a priori infinito e quindi incontenibile dalla nostra ragione);

3) ma soprattutto perché è chiaro che il sistema risultante è basato su un problema generale e cruciale (quello della verificabilità-applicabilità); problema

<sup>10</sup> M. DALLA CHIARA, G. TORALDO DI FRANCIA, *Le teorie fisiche*, Boringhieri, Torino 1981.

<sup>11</sup> W.E. BETH, *Foundations of Mathematics*, Harper, New York, 1959, cap. I, 2 (purtroppo tagliato dalla edizione italiana).

che non ha senso in una assiomatica pura. E non ha un senso pregnante nemmeno in ogni teoria scientifica. Perché tra le teorie scientifiche molte sono già fondate su un problema generale e cruciale: la meccanica del principio dei lavori virtuali, la termodinamica di Sadi Carnot, la teoria della computabilità, ecc.; e soprattutto la chimica classica, la quale è certamente fondata su un problema, quello della divisibilità al finito della materia. Quest'ultimo è un problema generale e cruciale che è ben più specifico del problema generico della verificabilità posto dalla «assiomatica» degli strutturalisti. I quali, con il loro approccio che preconstituisce rigidamente e univocamente il problema della teoria, debbono necessariamente annullare il problema specifico della teoria. Infatti, in particolare, debbono porre l'insieme degli elementi come già concluso. Con ciò essi svuotano di interesse epistemologico la chimica, irrigidendo la teoria in un quadro di meri risultati empirici di un metodo che è del tutto scomparso.

In altri termini, nella chimica, che non può essere ridotta alla sola stechiometria, la tavola di Mendeleieff è di importanza teorica cruciale, perché esprime un teorema di completezza (o di universalità della teoria rispetto al campo dei fenomeni considerato): infatti due elementi sono stati scoperti proprio perché la tavola aveva due posti vuoti. Il fatto che essa venga ridotta dagli strutturalisti a una funzione su un numero a priori finito di elementi, significa toglierle ogni valore previsionale e quindi ogni teoreticità.

Questa incapacità degli strutturalisti di dar conto della organizzazione basata su un problema, nonostante il loro aver abbandonato la assiomatica pura, ha un'ulteriore conseguenza negativa, già avvicinata dalla critica di coloro che hanno obiettato al *tipo di logica* da loro utilizzata.

Incominciamo da Pearce (1982) e Rantala (1991), i quali osservano che ciò che è vero in una logica del primo ordine (cioè senza quantificatori sui predicati) può non essere vero in una logica del secondo ordine; in particolare ciò che è incommensurabile secondo Stegmüller nella prima logica, nella seconda non lo è più; e allora le teorie considerate si fondono tra loro. Stegmüller ha rifiutato l'obiezione argomentando filosoficamente. Comunque ancor più incisiva è la critica di Costa che obietta che la meccanica quantistica richiede la logica non classica, la quale certamente non rientra nello schema degli strutturalisti. Secondo me anche altre teorie fisiche usano la logica non classica,<sup>12</sup> e quindi quel problema si pone in generale, non solo per la particolare teoria della meccanica quantistica. In particolare si pone per la chimica classica, che ha sempre fatto uso di frasi tipiche della logica non classica.<sup>13</sup>

<sup>12</sup> A. DRAGO, «An effective definition of incommensurability», in C. Cellucci et al. (eds.): *Temî e prospettive della logica e della filosofia della scienza contemporanee*, CLUEB, Bologna 1988, vol. II, 117-120.

<sup>13</sup> A. DRAGO, «History of the relationship Chemistry-Mathematics», *Fres. J. Anal. Chem.*,

Inoltre noto che dal 1967 la matematica costruttiva ha saputo ripetere gran parte del corpo delle conoscenze matematiche, pur avendo escluso l'uso dell'*infinito in atto* implicito in tante definizioni (ad es. quelle classiche di numero reale) e assiomi (ad es. quello di Zermelo) della matematica classica, e quindi della teoria degli insiemi. Anche nella teoria elementare degli insiemi il predicato di appartenenza  $\in$  può sconfinare nell'infinito in atto;<sup>14</sup> perciò il predicato base degli strutturalisti è molto impegnativo, perché la distinzione tra i due tipi di infinito può cambiare radicalmente i fondamenti della teoria degli insiemi. In più, la teoria più considerata dagli strutturalisti, la meccanica newtoniana, non solo usa dei concetti che includono l'infinito in atto, come lo spazio e il tempo assoluti, l'idea di corpo perfettamente duro, l'inerzia come moto perpetuo; ma soprattutto ha equazioni differenziali che hanno soluzioni fisiche in maniera differente a seconda del tipo di matematica che si usa. Forze discontinue (impulsi) e illimitate (valore infinito della forza centrale nel centro del campo) danno luogo a problemi di indecidibilità che rendono insuperabile la differenza tra meccanica con matematica classica o con matematica costruttiva.<sup>15</sup> E chiaramente il formalismo degli strutturalisti non sa distinguere un tipo di infinito dall'altro.

Infine gli strutturalisti si dimostrano lontani dalla comprensione della chimica per un altro motivo ancora. Occorre tener presente che da venti anni questa teoria ha trovato una matematica avanzata che la rappresenta. Dal tempo del lavoro di Barut del 1976, vari studi hanno precisato il gruppo di simmetrie che rappresenta tutti gli elementi e la loro periodicità.<sup>16</sup> Una volta che la chimica fosse rappresentata da un gruppo di simmetria, come potrebbero gli strutturalisti rappresentarla evitando l'incommensurabilità con la precedente rappresentazione?

### 7. Una proposta di riformulazione dello strutturalismo

Su un punto credo di essere d'accordo con gli strutturalisti: la storia della scienza e la filosofia della scienza devono superare la maniera soggettiva di studiare la scienza, cioè mediante concetti e metodi solamente intuitivi. Ho espresso questa tesi come risultato di uno studio su tutte le categorie storiografiche finora presentate.<sup>17</sup>

337 (1990) 220-224; «Atomism and the reasoning by non-classical analysis», *Proc. Conf. Proust*, Segovia 1992 (in stampa).

<sup>14</sup> A. MOSTOWSKY, *Thirty years of foundational studies*, Oxford 1960.

<sup>15</sup> A. DRAGO, «Relevance of constructive mathematics to theoretical physics», in E. Agazzi et al. (eds.): *Logica e filosofia della scienza oggi*, CLUEB, Bologna 1986, pt. II, 267-272 (riassunto in *J. Symb. Logic*, 52 (1987) 316).

<sup>16</sup> A. DRAGO, A. PIROLO, «Simmetrie in chimica: una rifondazione?», in G.B. Marino (ed.): *Atti V Conv. Storia e Fondam. Chimica, Acc. Sci. XL*, Roma 1994, 127-138.

<sup>17</sup> A. DRAGO, «Una caratterizzazione strutturale delle storiografie della scienza», in A. Rossi

Ma come procedere con un atteggiamento «strutturale» sui fondamenti della scienza? Qui indicherò alcuni punti sulla base della esperienza teorica della chimica, considerata come decisiva nella storia della scienza teorica.

1) Innanzitutto lasciar cadere il privilegio dato alla teoria degli insiemi; la quale, se non è «una malattia» dei matematici, così come diceva Poincaré, comunque è solamente una particolare teoria della matematica tutta, purtroppo finalizzata a considerare solo l'infinito in atto, che in chimica non ha ragion d'essere.

2) Comunque, è giusto prendere in considerazione solo le teorie scientifiche che sono matematizzate. Ma sia ben chiaro che di fondamenti della matematica ce ne sono almeno due, quelli classici che includono l'infinito in atto e quelli costruttivisti che lo escludono, così come ci ha insegnato l'esperienza storica della chimica che si è ristretta a quasi solamente i numeri interi (senza per questo perdere in generalità o in universalità) e così come ci ha insegnato la termodinamica, che per questa scelta è stata sempre considerata sottosviluppata dai filosofi della scienza che avevano in mente le equazioni differenziali con gli infinitesimi in atto. E tra i due tipi di fondamenti c'è incommensurabilità. Di conseguenza, la rete strutturalista delle teorie viene inevitabilmente spezzata in più reti distinte (senza più bisogno di sofisticare all'inverosimile, come fanno oggi gli strutturalisti, le relazioni interteoretiche che vorrebbero assorbire ogni distanza interteoretica). Non per questo la risultante dinamica della scienza è meno interessante; anzi, presenta un pluralismo e una conflittualità interteoretica che sono tutte da esplorare; il che darà finalmente conto della storia strutturale della chimica, senza più ridurla ad altre teorie maggiormente sofisticate nella matematica.

3) L'idea dell'assiomatica di Suppes e degli strutturalisti ha un pregio, quello di finalizzare tutta la teoria assiomatizzata ad una predicato, così come è stata finalizzata sin dall'origine la teoria chimica: «Non è vero che la materia è divisibile all'infinito». Ma mentre il predicato degli strutturalisti è generico e in definitiva banale («la teoria è sperimentabile»), quello della chimica (e della termodinamica di S. Carnot e della teoria delle parallele di Lobacevsky) è specifico per la particolare teoria che si sta considerando; e per di più è una frase doppiamente negata che segue la logica intuizionista ( $--A \neq A$ ). Ma allora non abbiamo più una organizzazione che possiamo chiamare assiomatica, ancorché essa resta deduttiva in ampie parti; perché da una doppia negazione non è possibile derivare alcunché, se non teoremi per assurdo (così come fa la termodinamica). Allora bisogna riformulare l'ideale della organizzazione della teoria, non più come assiomatica, ma così come la teoria chimica che si organizzò sin dal tempo di Lavoisier, in quella forma ideale che ho chiamato problematica (o

basata su un problema), proprio riflettendo sulla teoria chimica come suo miglior esempio.<sup>18</sup>

4) I termini teorici non sono definiti chiaramente; lo si vede anche in Balzer *et al.* (1987, p. 52-53); ad es. il concetto di forza viene dichiarato teorico in meccanica (e molti avrebbero da controbattere), ma poi scompare nel caso della teoria di Lagrange qui esso ha perso il suo carattere metafisico di forza-causa e quindi dovrebbe essere dichiarato non teorico. Le modifiche suggerite da Gaedhe, se portate alle estreme conseguenze, risultano in un «mostro» (Diederich 1989, p. 373). In effetti, quando si usano i modelli, occorrerebbe ricordare che una teoria dà luogo anche ai modelli non standard. Questi, secondo lo studio di L. Carnot sull'analisi infinitesimale,<sup>19</sup> nascono con delle aggiunte al sistema originario; queste aggiunte sono «esseri di ragione» (cioè termini teorici) o no a seconda che si segua il metodo analitico (cioè l'ideale assiomatico) o il metodo sintetico (cioè l'ideale di organizzazione problematica, che è finalizzata a trovare un metodo che risolve un problema universale). Ad es. nella tabella di Mendeleieff l'aggiunta consisterebbe nell'aumentare di uno l'atomo di idrogeno, come sistema originario. L'aggiunta è un termine teorico quando la si consideri come regola di periodicità astratta, da applicare agli elementi; è invece un termine non teorico quando la si consideri come massa atomica da aumentare, così come faceva Mendeleieff.

<sup>18</sup> A. DRAGO, «La chimica classica come esempio di teoria organizzata in un problema centrale», in F. Calascibetta, E. Torracca (ed.): *Atti II Congr. Naz. St. Fond. Chimica*, Acc. Naz. Sci. XL, V, 12, Roma 1987, 315-326.

<sup>19</sup> L. CARNOT, «Note» in *Réflexions sur la métaphysique du calcul infinitésimal*, Courcier 1813, 217-252.

VALERIA MOSINI (\*)

## Chemistry and Its Interpretation (\*\*)

**Riassunto** - La questione riguardante l'interpretazione delle teorie scientifiche è stata recentemente collegata a quella dell'unità della scienza. In questo articolo discuto la validità di tale collegamento, per quanto riguarda la chimica e, più in particolare, la teoria della risonanza.

### *Introduction*

The interpretation of scientific theories is at the heart of the controversy between realists and antirealists. The realist holds that science establishes an objective relation between the *explanandum* and the *explanans*. This claim is grounded on the view that the explanatory and predictive power of mature scientific theories ensure that these are true or approximately true, otherwise their success would be due to a mere coincidence or a to a 'miracle' (see, for instance, Worrall: 1989). By contrast, the antirealist holds that the relation between the *explanandum* and the *explanans* that science establishes is not an objective one, but represents an internal, functional link of logical, conceptual, or conventional character. This claim is grounded on a theory of knowledge according to which we can establish relations among perceptions, and yet these relations do not allow us to make definite claims on the world: "Outside these relations there is no reality knowable" (Poincaré: 1952, p. xxiv). As to the ontological status of the entities which appear in scientific theories, the realist holds that unobservable entities are ontologically on a par with observable entities, and that all terms which appear in mature scientific theories, no matter whether denoting observable or unobservable entities, are referential. The antirealist, in fact, holds that only those scientific sentences are meaningful that refer to observable entities and that existence claims

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

(\*\*) Presented at the VI National Meeting «Storia e Fondamenti della Chimica» (Cagliari, 4-7 october 1995).

for theoretical entities are illegitimate. Theoretical entities are just models, often far remote from the objects of the real world they purportedly represent, and scientific theories are true of the models, not of the objects in the real world. In other words, antirealism is the view that: "Theories can be used to relate and systematize observation statements and to derive some sets of observation statements (predictions) from other sets (data); but no question of the truth or reference of the theories themselves arises" (Edwards: 1972, p. 407).

The question concerning the interpretation of scientific theories has been recently connected to the question of reduction and unity of science (Rosenberg: 1995). Discussing the relationship between biology and physics, Rosenberg suggests that, beneath the level of generality of the theory of natural selection, biology is an instrumental discipline. The instrumental character of biology is testimony to the irreducibility of biology to physics, (which, so Rosenberg holds, is interpreted realistically) and hence, to the disunity of science, even though: "(T)here are neither differences in the epistemologies of the disciplines, nor differences in their subject matters, nor emergent differences in the levels at which their phenomena are organized" (Rosenberg: *op. cit.*, p. 14).

Given the obvious connections between chemistry and physics and between chemistry and biology, it is interesting to investigate the controversy between realism and antirealism in chemistry. Chemistry is usually regarded as a phenomenological discipline which describes events whose explanation is to be sought in physics' laws. The interpretation of chemistry is a wide question; this paper is a first attempt to address it by discussing the interpretation of the theory of resonance. Vermeeren (1986) claimed that no realist interpretation for the resonance structures is possible and hence that: "(T)he requirement of a realistic interpretation of theories at all times, as defended by a number of philosophers, is untenable" (Vermeeren: *op. cit.*, p. 273). Contrary to Vermeeren's position, I claim here that the theory of resonance was interpreted realistically by its proponents. Yet my final conclusion will not be that the fact that a realist interpretation is possible for the theory of resonance supports scientific realism against antirealism. In fact, my conclusion will be that the theory of resonance differs in no respect from the other scientific theories for which both the realist and the antirealist interpretations have been given, and that the grounds to assess which interpretation is tenable for the theory of resonance are the same those used to assess which interpretation is tenable for any other scientific theory. In other words, I urge that, as far as the interpretation of scientific theories is concerned, chemistry differs in no respect from physics.

*The theory of resonance and its interpretation*

The theory of resonance relates to the question of the nature of the chemical bond, usually defined as the sharing of two electrons between two atoms (Lewis: 1916 and Langmuir: 1919). The establishment of Lewis and Langmuir theory of the chemical bond on a quantum mechanical basis is due to Heitler and London (1927) who put forward the valence-bond theory. In the case of heteroatomic molecules, this theory was not totally satisfactory. For one thing, it led to cases of apparent shared valence, so that it seemed conceivable that the covalent bond could also consist in the sharing of one or three electrons (Sidgwick: 1927). For another thing, it created ambiguity as to what extent the bond in question was as to be regarded as covalent or valence-bond ionic. In other words, it appeared that more than one structure was required to describe all the properties of some compounds. At this stage the theory of resonance was put forward (see, for instance, Slater: 1931, and Pauling: 1931), which assumes that the structure of the compound is represented by an intermediate structure between two or more possible alternative valence-bond structures.

Vermeeren's claim (*op. cit.*) that the resonance structures could only be interpreted antirealistically is based on a distinction between theoretical entities introduced by Shapere (1969). On Shapere's account, one thing is to assert that a given theoretical entity exists, another thing is to attribute it certain properties which make the mathematical treatment of the problem under consideration possible. In the first case, the theoretical entity is given a realist interpretation, and is introduced through an existence term. In the second case, the theoretical entity is given an antirealist interpretation, and is introduced through an idealization term.<sup>1</sup>

Vermeeren's starting point in discussing the interpretation of the theory of resonance is Butlerov's principle (1879), which states that each chemical compound should be represented through one molecular formula. On Vermeeren's account, the theory of resonance violates Butlerov's principle and gives a purely instrumentalist interpretation of the resonance structures, viewed as idealizations. Vermeeren's second argument for his claim concerning the antirealist interpretation of the valence-bond structures was an analogous claim made in Soviet Union in the 1950s. According to the final resolution of the Conference on the theories of the

<sup>1</sup> Needless to say, if Vermeeren was right, classical mechanics and relativity theory, which make use of idealization terms like point masses and rigid bodies, could only represent marginal areas of scientific research. This is because For instance, classical mechanics describes bodies as mass points, and yet, the localization of a gravitational mass in a dimensionless point would result in an infinite gravitational potential that classical mechanics rules out. And the theory of relativity is based on the kinematics of rigid bodies, defined as bodies through which any force applied would be transmitted instantaneously, *i.e.* with infinite velocity. But the assumption of infinite velocity overtly violates one of the main tenets of the theory of relativity, that the velocity of all bodies is finite, and lower than the velocity of light.



chemical structure organized in Moscow in 1950, the theory of resonance makes use of ideal, fictitious, structures, seemingly suggesting that the 'real' structure of some chemical compounds is inconceivable. For the Soviet chemists, the theory of resonance represented an expression of the idealistic philosophy which rates the usefulness of a theory more than its plausibility.

### *Restating the resonance controversy*

To discuss whether the introduction of the theory of resonance determined a definite shift towards antirealism in chemistry, as Vermeeren claimed, and whether the theory was a product of the idealist philosophy, as the Soviet chemists claimed, it is better to recall the terms in which the theory was actually put forward.

The concept of a system resonating between two or more structures originates in quantum mechanics. If  $\phi_1$  and  $\phi_2$  are possible wavefunctions for a system in the same energy state, any linear combination of  $\phi_1$  and  $\phi_2$  is a possible wavefunction for the system in the same state, and the system is said to 'resonate' between  $\phi_1$  and  $\phi_2$ . Notably, if the state is a stationary state, the wavefunction is obtained by solving the stationary Schrödinger equation, and is thus time independent. This means that the concept of resonance has no analogy with that of mechanical oscillation, in which the system is assumed to spend time in different situations. In the case of molecules, the theory of resonance assumes that the actual structure of a compound is not represented by any of the valence-bond structures conceivable, but results from a combination of them, the 'resonance structures'.<sup>2</sup>

It is true that considerations of convenience played a part in putting forward the theory of resonance, because: "By using valence-bond structures as the basis for discussion, with the aid of the concept of resonance, we are able to account for the properties of the molecule in terms of those of other molecules in a straightforward and simple way. It is for this practical reason that we find it convenient to speak of the resonance of molecules among several electronic structures" (Pauling: 1960, p. 186). Pauling also acknowledged that: "There is an element of arbitrariness in the use of the concept of resonance, introduced by the choice of the initial structures as the basis for discussion of the normal state of a system. (But all substances) *can be fitted* into a scheme of classical valence theory by the consideration of resonance among two or more such structures" (Pauling: 1960, p. 11, my emphasis).

The fact that convenience enters Pauling's considerations by no means imply

<sup>2</sup> Interestingly enough, the theory of resonance did not just play a crucial role in respect to the structure of a number of compounds, but also influenced nuclear physics. It was Wheeler who suggested that, pursuing the analogy between nuclear and molecular structures, any state of a nucleus should be regarded as a superposition of all possible nucleon clusters, and that the nucleus should be attributed a 'resonating group structure' (Wheeler: 1937).

that Pauling claimed that the valence-bond structures should be interpreted antirealistically. By contrast, Pauling meant something totally different, namely that the valence-bond structures could be used to describe the structure of compounds, despite the limits and flaws of the valence-bond theory.

Far from considering the real structure of some compounds beyond human reach, the theory of resonance was strongly concerned with the question of the real structure, as the following passages show: "The theory of resonance considered it possible for the *true* state of a molecule to be not identical with that represented by any single classical valence-bond structure, but to be *intermediate* between those represented by two or more different valence-bond structures" (Wheland: 1944, p. 2, my emphasis) and: "The two explanations constitute two unperturbed states, from which the *true* one is to be found by linear combination, so that the *real* situation is intermediate between the two" (Slater: op. cit., p. 487, my emphasis). For Wheland and Slater, the valence-bond structures were much more than fictitious structures of a compound whose real structure remained unknown: they were 'legitimate starting points' to try and get as close as possible to the real structure of the compound. Pauling gave a different interpretation of resonance, though not an antirealist one. In his (1960) book, he maintained that the question concerning the reality of the resonance structures originates in the difficulty to perform an experiment which would distinguish among the different structures, the difficulty being given by the fact that chemical methods which give information on bond type (Mills and Nixon: 1930) require that a reaction takes place, and reaction rates greatly exceed the rate of ordinary electronic resonance. The fact that Pauling mentioned an ideal experiment which would distinguish between the different resonance structures, suggests that he viewed the resonance structures as tautomers.

Clearly, Pauling's view of resonance structures differs from the standard view of resonance, defended by Slater and Wheland, that the real structure of the compound is intermediate between the resonance structures. At any rate, neither view is inclined towards antirealism. As to the standard view, it holds that the theory of resonance aims at getting 'as close as possible' to the real structure, where the limiting proviso, 'as close as possible', refers to the representation style available. As to Pauling's view, it locates itself within the framework of scientific realism because regarding the resonance structures as tautomers means attributing them physical reality.

### *Scientific Realism and Dialectical Materialism*

Before the controversy on the theory of resonance started, the theory had been well received in Soviet Union, to the point that it appeared in a book (Syrkin and Diatkina: 1946) which was to become the textbook adopted in the best Universities of the Country. The publication of the book followed Syrkin and Diatkina's

translation into Russian of Pauling's *The nature of the chemical bond* and Wheland's *The theory of resonance and its applications to organic chemistry*. Around the end of the Forties, the concept of resonance started to be viewed as being characterized by a strong implication with idealism, which in Soviet Union was identified with Mach's philosophy: "The theory of resonance may serve as one example of the Machist theoretic-perceptual tendencies of bourgeois scientists, which are hostile to the Marxist world view and which lead them to pseudoscientific conclusions concerning the solution of concrete physical and chemical problems". (Tatevskii et al.: 1949, quoted in Graham: op. cit., p. 303).<sup>3</sup> It was at the 1950 Conference that the opposition to the theory of resonance became the official standpoint of the Soviet chemists: on that occasion no-one (not even Syrkin or Diatkina) defended the theory, blaming their previous superficial interpretation responsible for its acceptance. As a matter of fact, it is the interpretation of the theory of resonance given at the Conference which originated in a total misunderstanding. This is because it assumed that the theory of resonance used the resonance structures as explanatory devices, at the same time denying their existence. Clearly, this was not the gist of either interpretations of the theory (nor Pauling's or Slater and Wheland's).

Recall that, in the Thirties, Soviet Union had officially denounced quantum mechanics and relativity theory on idealistic charges, and that the rejection of the theory of resonance in the Fifties paved the way to the rejection of genetics, linguistics, and psychoanalysis. The reason for this is that, under Stalin, science, as anything else, was strongly politicized in Soviet Union and enjoyed very little freedom: the rejection of much of 20<sup>th</sup> century science on alleged idealistic charges was prompted by political reasons, and represented one among several: "Attempts to apply dialectical materialism to every kind of activity, from portrait painting to fishing. They produced a great deal of utter nonsense" (Haldane: 1939, p. 45). Thus it would be wrong to attribute the position of the Soviet scientists in the Stalin era to philosophical considerations intended to defend dialectical materialism. This is a complex doctrine and hosts highly diversified positions, none of which is similar to the extremely naive version of scientific realism defended at the 1950 Conference. Engels (1954), for instance, believed that human knowledge approaches the truth, but only through an asymptotic process. And Plekhanov claimed that: "Our sensations are sort of hieroglyphs informing us what is happening in reality. These hieroglyphs are not similar to those events conveyed by them. But they can completely truthfully convey both the events themselves and-and this is important-also those relationships existing between them" (Plekhanov: 1956, quoted in: Graham: op. cit., p. 41). Thus Plekhanov believed in a strict correspondence

<sup>3</sup> Interestingly enough, Mach's philosophy had been very influential in Soviet Union, especially because of the work of Bogdanov (alias Malinovskii). But, as early as 1908, Lenin set himself to the task of stopping the spread of Mach's philosophy by publishing *Materialism and Empiriocriticism*.

between external events and human sensations, but not in scientific theories providing faithful mappings of the world.

As far as the theory of resonance is concerned, it was not incompatible with dialectical materialism, as the final resolution of the 1950 Conference wanted, if an eminent dialectical materialist (though of the Western front) defined it as: "(A) brilliant example of dialectical thinking, of the refusal to admit that two alternatives (two contributing structures) which are put before you are necessarily quite exclusive" (Haldane: *op. cit.*, p. 101).

### *Conclusions*

There is no doubt that the theory of resonance represented a challenge to the Lewis-Langmuir theory of the chemical bond by proving it inadequate to account for the properties of a great number of compounds through a single structure. Thus what actually violated Butlerov's principle was not the theory of resonance but the Lewis-Langmuir theory itself. However, Butlerov's principle was established before the valence-bond theory was put forward, thus it could not possibly imply that each compound should be attributed one *valence-bond formula*. Moreover, most importantly, the extent to which the molecular formulas actually represent the structure of the compounds depends upon the system of representation, which is theory dependent and subject to change. Rather than a violation of Butlerov principle, the theory of resonance represented an attempt to bridge the gap between the need to satisfy the principle and the limits to representation imposed by the pictorial style available. It resulted in a step forward in the direction of providing a better understanding of the nature of the chemical bond and of the extent to which this can be pictorially represented: in 1931 Huckel vindicated Butlerov's principle by describing all the properties of benzene through *one* structure, which followed the representation style of the molecular-orbital theory.

The valence-bond theory and the molecular-orbital theory are based on mutually incompatible assumptions: the former attributes the bonding electrons to localized atomic orbitals, the latter to orbitals which extend over the whole molecule. The competition between the two theories promoted a re-thinking of the concept of chemical bond: despite the fact that this is currently described as the sharing of two electrons between two atoms, the conclusion emerged that: "From its very nature, a bond is a statement about two electrons, so that if the behaviour of these two electrons is significantly dependent upon, or correlated with, other electrons, our idea of a bond separate from, and independent of, other bonds must be modified. In the beautiful density diagrams of today the simple bond has got lost" (Coulson: 1970, p. 287). Nonetheless, the Lewis-Langmuir model of the chemical bond has not totally disappeared from the chemists' vocabulary, and the valence-bond theory is still used both for computational and, more often, for

teaching purposes. The reason for this is that the values of molecular parameters calculated according to the valence-bond theory are in striking agreement<sup>4</sup> with those calculated according to the molecular-orbital theory: "So long as the treatments are restricted to the ground states of the molecules, the two calculations lead to results of approximately equal accuracy, or inaccuracy" (Wheland: 1955, p. 655).

Is the survival of the valence-bond theory, and of the pictorial style corresponding to the Lewis-Langmuir model of the chemical bond, evidence that chemistry is an intrinsically antirealist discipline? Endorsing this view would be tantamount to claiming that the fact that Newtonian mechanics is still used (in a given range), because of its simplicity and accuracy, and despite its making use of the concepts of force, mass, energy, space, and time, that relativity theory has discredited, makes physics an intrinsically antirealist discipline. This consideration undermines the view that irreducibility and disunity of science can, *faute de mieux*, be attributed to a different interpretation for chemistry and for physics.

<sup>4</sup> This fact is further evidence in favour of the Duhem-Quine thesis concerning the underdetermination of theories by data.

REFERENCES

- BUTLEROV A.M. (1879), «The Present Day Significance of the Chemical Structure», in: B.A. Kazanskii ed., *Centenary of the Theory of the Chemical Structure*, p. 85-102, Progress Publishers, Moscow 1961.
- COULSON C.A., «Recent Developments in Valence Bond Theory», in: *Pure and Applied Chemistry*, 24, 257-287, 1970.
- EDWARDS P., *The Encyclopaedia of Philosophy*, Macmillan, New York 1972.
- ENGELS F., *The Dialectics of Nature*, Progress Publishers, Moscow 1954.
- GRAHAM L., *Science and Philosophy in the Soviet Union*, Penguin Books, London 1973.
- HALDANE J.B.S., *The Marxist Philosophy and the Sciences*, Allen & Unwin, New York 1939.
- HEITLER W. and LONDON F., «Wechselwirkung neutraler Atome und homoopolare Bindung nach der Quantenmechanik», in: *Zeitschrift fur Physik*, 44, 455-472, 1927.
- HUECKEL E., «Quantentheoretische Beitrage zum Benzolproblem», in: *Zeitschrift fur Physik*, 70, 204-286, 1931.
- LANGMUIR I., «The Arrangement of Electrons in Atoms and Molecules», in: *Journal of the American Chemical Society*, 41, 274-292, 1919.
- LEWIS G.N., «The Atom and the Molecule», in: *Journal of the American Chemical Society*, 42, 762-785, 1916.
- MILLS W.H. and NIXON I.G., *Journal of the American Chemical Society*, 2510, 1930.
- PARTINGTON J.R., *A Short History of Chemistry*, London 1948.
- PAULING L., «The Nature of the Chemical Bond I and II», in: *Journal of the American Chemical Society*, 53, 1367 and 3225, 1931.
- PAULING L., *The Nature of the Chemical Bond*, Cornell University Press, Ithaca, New York 1960.
- PAULING L. and WHELAND G.W., «The Nature of the Chemical Bond. V.», in: *Journal of Chemical Physics*, 1, 362-74, 1933.
- POINCARÉ H., *Science and Hypothesis*, Dover, New York 1952.
- ROSENBERG A., *Instrumental Biology or The Disunity of Science*, University of Chicago Press, Chicago 1994.
- SHAPER D., «Notes Towards a Post-positivistic Interpretation of Science», in: P. Achinstein and S. Barker (eds.), *The Legacy of Logical Positivism*, John Hopkins, Baltimora, 115-160, 1969.
- SIDGWICK N.V., *The Electronic Theory of Valence*, Oxford University Press, Oxford 1927.
- SLATER J.C., «Directed Valence in Polyatomic Molecules», in: *Physical Review*, 37, 480-489, 1931.
- SYRGIN Ia. K. and DIATKINA M.E., *The Structure of Molecules and the Chemical Bond*, New York 1950.
- VERMEEREN H., «Controversies and Existence Claims in Chemistry: the Theory of Resonance», in: *Synthese*, 69, 273-290, 1986.
- WHELAND G.W., *The Theory of Resonance, its Applications to Organic Chemistry*, J. Wiley and Sons, New York 1944.
- WHELAND G.W., *Resonance in Organic Chemistry*, J. Wiley and Sons, New York 1955.
- WORRALL J., «Structural Realism: the Best of Both Worlds?», in: *Dialectica*, 43, 99-124, 1989.

PAOLA CARUSI (\*)

## Il rapporto giabiriano 1:3:5:8 e l'*Introductio arithmetica* di Nicomaco di Gerasa (\*\*)

### The 1:3:5:8 Jabirian Ratio and the *Introductio Arithmetica* by Nicomachus of Gerasa.

**Summary** - In the alchemical *corpus* attributed to Ġābir ibn Ḥayyān, particularly in the *Kitāb al-ahğār 'alā ra'y Balînās* [*Book of stones (written) according to Apollonius of Tiana*] there is a theory which asserts that the four natures, heat, cold, humidity and dryness are contained in the composition of all bodies in the ratio 1:3:5:8. The underlying reasoning in the choice of precisely this ratio is to date unknown and certain explanations proposed by scholars seem unsatisfactory for various motives. This work suggests a hypothesis which, if verified, would sit well with the recognized Platonic-Pythagoric inspiration of alchemic philosophy: that the origin of this ratio may be related to the Pythagorean theory of proportions, and with a diagram of the 'doubles and sesquialters' applicable to the Platonic psychogonia contained in book II of the *Introductio Arithmetica* by Nicomachus of Gerasa (I-II century A.D.).

Nel trattato alchemico *Kitāb al-ahğār*<sup>1</sup>, composto, come recita lo stesso titolo completo, *'alā ra'y Balînās* (secondo l'opinione di Apollonio di Tiana), Ġābir ibn Ḥayyān espone la sua teoria della composizione quantitativa dei corpi. L'esposizione, che contiene anche, a mo' di esempio, il calcolo della composizione dei sette metalli, e che rappresenta un momento centrale nel vastissimo *corpus giabirianum*, si fonda su un certo numero di punti:

— ogni corpo è composto di quattro elementi, fuoco aria acqua e terra, risolvibili in quattro nature, calda umida fredda secca;

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

(\*\*) Relazione presentata al VI Convegno Nazionale di «Storia e Fondamenti della Chimica» (Cagliari, 4-7 ottobre 1995).

<sup>1</sup> Ġābir ibn Ḥayyān. *Essai sur l'histoire des idées scientifiques dans l'Islām. I. Textes choisis édités par P. Kraus*, Paris Le Caire 1935, pp. 126-205.

— ogni corpo ha due composizioni, una esterna (esteriore), che determina l'aspetto fisico del corpo, ed una interiore, opposta o meglio complementare all'esteriore; se si considerano i diversi corpi, che sono ovviamente di diverso aspetto, si osserva che le due composizioni esteriore ed interiore sono diverse tra loro;

— qualunque sia il corpo che si prende in considerazione, nella composizione totale del corpo le nature devono trovarsi in ogni caso nel rapporto 1:3:5:8; la composizione totale di ogni corpo sarà dunque invariabilmente uguale a 17, o a  $n$  volte 17 (ciò significa che tutti i corpi, pur differendo esteriormente l'uno dall'altro, sono nella loro completezza, in un certo senso, la stessa cosa);

— le assegnazioni dei contenuti in nature sono realizzate sulla base di due informazioni di partenza: l'esame esteriore del metallo (un metallo colorato, come l'oro o il rame, sarà ad esempio più caldo di uno pallido come l'argento), e i valori numerici delle lettere che compongono il suo nome.

Sarà bene mostrare rapidamente un piccolo esempio di calcolo, scelto tra quelli che è stato possibile ricostruire<sup>2</sup> [fig. 1].

Come si vede, se si considerano le lettere che compongono il suo nome, il ferro è esteriormente un metallo freddo e umido; ed anche il suo aspetto esteriore, il suo colore spento, conferma la sua freddezza. Le due nature calore e secchezza, che nella composizione esteriore del ferro non sono presenti, si ritrovano entrambe nella sua composizione interiore: e le quantità con cui esse partecipano a tale composizione sono date dalla differenza tra le quantità per così dire 'teoriche' (ordinate secondo il rapporto 1:3:5:8) e le quantità presenti nella composizione esteriore.

Stabilita la composizione interiore ed esteriore del ferro, con un calcolo dello stesso tipo può essere ricavata la composizione degli altri metalli; ed è interessante notare che per l'oro i rapporti tra le nature sono 5 (1:3:5:8) e la composizione totale non è pari a 17, ma a  $5 \times 17$  [la sequenza è dunque  $n$  (1:3:5:8)].

Questo è quanto si ricava dal testo giabiriano; a partire da questo punto ha inizio il gioco delle interpretazioni. Il primo studioso che si occupa della questione, e che suggerisce per primo una direzione alle ricerche, è lo stesso P. Kraus, editore del testo arabo, nel suo libro<sup>3</sup> interamente dedicato al pensiero

<sup>2</sup> P. KRAUS, *op. cit.*<sup>1</sup>, p. 190. Come è stato osservato già da E.J. HOLMYARD, *Storia dell'alchimia*, Firenze 1972<sup>2</sup> (I ediz., *Alchemy*, Harmondsworth 1957), p. 79, a proposito del piombo, e come ho potuto io stessa constatare in ripetuti tentativi, in alcuni casi i calcoli riportati nel testo giabiriano sembrano essere errati; ma è probabile che in alcune parti il testo arabo sia corrotto.

<sup>3</sup> P. KRAUS, *Jâbir ibn Ḥayyân. Contribution à l'histoire des idées scientifiques dans l'Islâm. Jâbir et la science grecque*, Le Caire 1942 (rist. Paris 1986).



**Composizione esteriore del ferro (ḥadīd)**

ḥ	1/2 dirham	umidità
d	3 dirham 1/2	umidità
y (i)	2 dirham 1 qirât	freddezza

**Composizioni interiore ed esteriore del ferro**

esteriore	interiore	totale	qualità
-----	1 dirham 1 dâniq	1 dirham 1 dâniq	calore
2 dirham 1 qirât	1 dirham 2 dâniq 1/2	3 dirham 3 dâniq	freddezza
4 dirham	1 dirham 5 dâniq	5 dirham 5 dâniq	umidità
-----	9 dirham 2 dâniq	9 dirham 2 dâniq (8 dirham 8 dâniq)	secchezza
		17 dirham 17 dâniq	

1 dirham = 6 dâniq = 12 qirât

Fig. 1

di Ġâbir pubblicato nel 1942. La matematica giabiriana — scrive Kraus — è sicuramente di origine greca, pitagorica e platonica; ed il rapporto 1:3:5:8 deve avere qualcosa a che fare con la *tetraktys* pitagorica e con le serie platoniche del *Timeo*; non si comprende però come, a partire dai dati pitagorici e platonici, si possa giungere a comporre la sequenza data da Ġâbir. Nel corso degli anni '50, il problema è riesaminato più volte da H.E. Stapleton<sup>4</sup>, che in una

<sup>4</sup> H.E. STAPLETON, *The Antiquity of Alchemy*, in *Actes du VI<sup>e</sup> Congrès International d'Histoire des Sciences, Amsterdam 14-21 Août 1950*, II, Paris 1953, pp. 560-63; ID., *Probable Sources of the Numbers on which Jabirian Alchemy was Based*, «Bulletin of the British Society for the History of Science», 1 (1949-54), pp. 211-213; ID., *Probable Sources of the Numbers on which Jâbirian Alchemy was based*, «Archives Internationales d'Histoire des Sciences», VI (1953), pp. 44-59; ID., *The gnomon*, «Ambix», 6 (1957), pp. 1-9. Questi lavori di Stapleton presentano almeno due punti deboli: in primo luogo — questo è messo bene in rilievo anche nell'articolo di C.A. Wilson citato *infra*<sup>5</sup> — Stapleton applica al quadrato magico di Saturno

serie di contributi a congressi e di articoli pubblicati tra il 1950 ed il 1957 individua i quattro numeri 1 3 5 8 nel più piccolo quadrato magico a somma 45, che la tradizione alchemica attribuisce al piombo (Saturno); ma i suoi lavori, che pur sono utili a mantener vivo l'interesse sulla questione, si discostano troppo dal dibattito filosofico sul tema, per poter portare ad un qualche avanzamento nelle ricerche.

Il discorso filosofico sulla questione ricomincia nel 1988, anno in cui C.A. Wilson<sup>5</sup> riprende in esame il rapporto giabiriano ripartendo da Kraus, cioè dal *Timeo* e dalla *tetraktys*. Operando una sorta di combinazione tra la *tetraktys* pitagorica e la sequenza 1 2 5 8, che a suo dire può essere ricavata a partire dalla trattazione platonica dei solidi degli elementi (*Timeo* 53c-56d), l'autrice tenta di ricostruire il rapporto 1:3:5:8 come una versione 'tridimensionale' della *tetraktys*; ma il ragionamento, che appare in ogni caso un po' troppo laborioso, sembra contenere alcune inesattezze<sup>6</sup> che ne indeboliscono molto le conclusioni.

Quanto fin qui esposto è lo stato della questione alla fine degli anni '80; sarà bene a questo punto presentare un possibile ulteriore sviluppo. Nel corso di ricerche da me condotte a partire dal 1992, ricerche (tuttora in corso) di cui ho dato notizia nella mia relazione presentata a Perugia in occasione del V Convegno Nazionale di Fondamenti e Storia della Chimica<sup>7</sup>, ho avuto modo di esa-

una lettura 'gnomonica' che non sembra lecito applicare in presenza di numeri espressi in forma simbolica; e, inoltre, anche l'ipotesi dell'esistenza di una correlazione tra i quadrati magici attribuiti ai sette pianeti e le dimensioni dei piani sovrapposti della *ziqqurat* babilonese di Borsippa lascia a dire il vero un po' perplessi.

<sup>5</sup> C.A. WILSON, *Jabirian numbers, Pythagorean numbers and Plato's Timaeus*, «Ambix», 35 (1988), pp. 1-13.

<sup>6</sup> I. La sequenza di numeri 1 2 5 (8) che deriva, secondo Wilson, dalla trattazione platonica dei solidi degli elementi, è costruita in modo che ad ogni elemento corrisponde un solo e ben determinato numero; così il numero 5 (che Wilson deriva da 10, numero delle facce del dodecaedro) è associato all'acqua, etc.; mentre in Ġâbir i quattro numeri della sequenza 1 3 5 8, che rappresentano i rapporti secondo i quali le quattro nature sono presenti in ogni composto, non sono sempre associati ognuno ad una stessa natura (a seconda che un metallo sia 'caldo' o 'freddo', ad esempio, calore e freddezza saranno in rapporto 3:1 o viceversa). II. Le affermazioni di Platone sulla possibilità che un elemento si trasformi in un altro sono evidentemente fondate su considerazioni di carattere geometrico (due tetraedri di fuoco = un ottaedro di aria etc.); tutta la teoria alchemica di Ġâbir e del suo ispiratore Balînâs è invece fondata sui rapporti matematici secondo i quali le nature sono presenti nei composti. Da ultimo: nella sua ricostruzione della sequenza giabiriana, Wilson considera fuoco e acqua entrambi 'maschi': ma nella teoria alchemica in genere non è così, e fuoco e acqua sono due opposti che si devono congiungere tramite l'aria. *Miftâh al-hikma*, Biblioteca Apostolica Vaticana, Vat. Ar. 1485, f. 65r: «Due di queste nature, le due nature del fuoco e dell'aria, sono attive e maschi, e due, le due nature dell'acqua e della terra, sono passive e femmine: il fuoco è il maschio dell'acqua, e l'aria è il maschio della terra».

<sup>7</sup> P. CARUSI, *Filosofia alchemica e rappresentazione: il diagramma delle nature e la ruota*

minare il trattato alchemico arabo dal titolo *Miftâh al-hikma* (*La Chiave della Sapienza*), opera di un allievo di Balînâs (Apollonio di Tiana), lo stesso Balînâs ispiratore del giabiriano *Kitâb al-ahğâr*. La filosofia della natura che l'anonimo autore del *Miftâh* espone per esteso ha molti punti in comune con la filosofia che il *Kitâb al-ahğâr* dà per nota ed elabora: il cosmo è una struttura costituita da numeri, fondata sull'esistenza di qualità opposte o complementari, su una serie infinita di opposti tra i quali è sempre possibile inserire un termine medio; l'armonia del tutto è espressa tramite proporzioni numeriche; la struttura dei corpi è assimilata alla struttura del linguaggio umano, costituito anch'esso da sequenze di opposti, il suono e il non suono, o silenzio. Così si esprimono il *Miftâh* e il *Kitâb al-ahğâr*, due opere che la tradizione araba riconduce entrambe a Balînâs, e attraverso Balînâs, al neopitagorismo del I-II secolo A.D.

Sulla base di queste premesse, considerati i numerosi elementi pitagorici presenti nelle due opere, e considerati anche i tempi ed i luoghi in cui l'alchimia sviluppò inizialmente i suoi testi, si è pensato di ricercare l'origine dei numeri giabiriani più che in opere filosofiche di epoca classica, in opere scientifiche<sup>8</sup> di ispirazione pitagorica, prodotte intorno ai primi secoli della nostra era; opere molto note e dotate di grande diffusione, da cui gli alchimisti, tecnici sublimi, ma non filosofi per così dire, istituzionali, avrebbero potuto trarre ispirazione, e forse suggerimenti per la quantificazione di idee molto antiche.

Un'opera molto interessante per i nostri scopi sembra essere l'*Introductio arithmetica*<sup>9</sup> di Nicomaco di Gerasa, matematico neopitagorico di tendenze esoteriche, quasi contemporaneo di Apollonio di Tiana (I-II secolo A.D.). Compendio brillantissimo, anche se non esente da errori, di tutta l'aritmetica elabo-

della fortuna, «Rendiconti dell'Accademia Nazionale delle Scienze detta dei XL», serie V, vol. XVII, parte II, tomo II (1993), pp. 121-135 (Memorie di Scienze Fisiche e Naturali, 111).

<sup>8</sup> La distinzione che qui sembra essere proposta tra opere scientifiche ed opere filosofiche, applicata ad un'epoca molto lontana dall'epoca moderna, potrà forse sembrare strana a chi sia abituato a considerare inesistente qualsiasi differenziazione tra scienza e filosofia prima della rivoluzione scientifica. Pur concordando nelle linee generali con questa posizione, mi sembra qui opportuno fare due precisazioni: 1. a partire dal IV-III secolo a.C., in particolare, ma non solo, ad Alessandria d'Egitto, notevole è la produzione di opere di autori che dagli stessi contemporanei sono considerati scienziati, più che filosofi: tra questi Euclide, Apollonio di Perga, Eratostene, Archimede, Erofilo, Erasistrato, e più tardi Tolomeo, Erone, Diofanto, Pappo, e in una certa misura anche Nicomaco di Gerasa; 2. per una abitudine da lungo tempo consolidata, e anche a partire dalla convinzione di cui sopra, la maggior parte degli studiosi continua a ricercare l'origine di citazioni e di teorie non identificate di preferenza in testi filosofici 'puri' come il *Timeo* di Platone; viene così trascurata tutta una serie di opere, meno 'filosofiche' e più 'scientifiche', che potrebbero forse dare, se consultate, molti suggerimenti.

<sup>9</sup> NICOMACHUS OF GERASA, *Introduction to Arithmetic*, tr. ingl. M.L. D'Ooge, New York London 1926; NICOMACHE DE GERASE, *Introduction arithmétique*, intr., trad., notes et index par J. Bertier, Paris 1978.

rata dai pitagorici dalle origini al suo tempo, l'*Introductio* gode di una fortuna grandissima in tutto il mondo antico di lingua greca; e introdotta nella cultura araba da *Tābit ibn Qurra*<sup>10</sup>, di Ḥarrān, tra IX e X secolo, e nella cultura latina da Boezio<sup>11</sup>, continua ad esercitare la sua influenza fino a un'epoca moderna ormai molto avanzata.

Nel II libro della sua opera<sup>12</sup> Nicomaco presenta un diagramma definito 'dei numeri doppi ed emiolii derivati'<sup>13</sup> [fig. 2]. Il diagramma si presenta come un triangolo rettangolo. Sulle linee orizzontali sono visibili i numeri doppi originati a partire dal primo doppio, il numero 2; sull'ipotenusa del triangolo, sulle linee ad essa parallele, e su linee di inclinazione intermedia tra l'orizzontale e l'ipotenusa, sono visibili i numeri tripli (in particolare, sulla stessa ipotenusa, le potenze di 3), quadrupli, sestupli etc. Sulle linee verticali, e sulle linee di inclinazione intermedia tra verticale e orizzontale, ma di pendenza di segno opposto rispetto alle linee inclinate del primo gruppo, si susseguono: numeri emiolii [ $n$ ,  $n(1 + 1/2)$ ] (in particolare, sulle linee verticali che partono dalle potenze di 2 è possibile vedere tutti gli emiolii compresi tra la potenza di 2 considerata e la corrispondente potenza di 3), numeri epìtriti [ $n$ ,  $n(1 + 1/3)$ ], numeri epiogdi [ $n$ ,  $n(1 + 1/8)$ ], etc. Seguendo opportuni percorsi, diversi da caso a caso, sono poi rintracciabili nel diagramma sequenze di numeri che si trovano tra loro in tutti i diversi rapporti su cui è costruita la trattazione pitagorica delle proporzioni.

Veniamo ora al nostro problema. Se partendo dal numero 1, si raggiunge con un tratto di penna il numero 3, e si prosegue in linea retta verso il numero 8, si percorre la sequenza 1:3:5:8 (somma = 17); in essa tre numeri, 1, 3, 8, sono visibili, ed il quarto, il numero 5, è anch'esso ben presente, anche se non esplicitato. Se, partendo dal numero 3, si compie un percorso analogo su una linea parallela alla prima, la sequenza che si trova è 3:9:15:24, cioè 3 (1:3:5:8) (somma  $3 \times 17$ ), e così via, in tutta la tabella. Scelto un numero di partenza qualsiasi  $n$ ,

<sup>10</sup> IBN AL-QIFĪ, *Ta'riḥ al-ḥukamā'*, ed. J. Lippert, Leipzig 1903, pp. 117-118. *Tābit ibn Qurra's arabische Übersetzung der 'Αριθμητική Εισαγωγή des Nikomachos von Gerasa zum ersten mal herausgegeben*, ed. W. Kutsch, Beyrouth 1958.

<sup>11</sup> *Anicii Manlii Torquati Severini Boetii De Institutione Arithmetica libri duo*, ed. G. Friedlein, Lipsiae 1867, *Praefatio*, pp. 4-5: «Nam et ea, quae de numeris a Nicomacho diffusius disputata sunt, moderata brevitate collegi et quae transcurra velocius angustiore intellegentiae praestabant aditum mediocri adiectione reseravi, ut aliquando ad evidentiam rerum nostris etiam formulis ac descriptionibus uteremur». Si vedano anche: M.L. D'OUGE, *op. cit.*<sup>9</sup>, pp. 132-137; C. Leonardi e L. Minio-Paluello, voce *Boezio*, in *Dizionario Biografico degli Italiani* 11, Roma 1969.

<sup>12</sup> *Introd. arithm.*, II. 2-5 (tr. franc. *cit.*<sup>9</sup>, p. 96 sgg.).

<sup>13</sup> Un numero si dice epimorio di un altro numero  $n$  quando contiene questo numero tutto intero e una parte di esso; se è uguale a  $n(1 + 1/2)$ , è detto emiolio. Es.:  $3 = 2 + 1/2 \times 2$ ,  $6 = 4 + 1/2 \times 4$  etc. Il numero  $n$  è detto sub-emiolio.

---

1	2	4	8	16	32	64	128	256	<b>512</b>	<b>1024</b>	<b>2048</b>	4096	
									<b>384</b>	<b>768</b>	<b>1536</b>	<b>3072</b>	<b>6144</b>
									<b>576</b>	<b>1152</b>	<b>2304</b>	<b>4608</b>	<b>9216</b>
									<b>864</b>	<b>1728</b>	<b>3456</b>	<b>6912</b>	13824
									<b>1296</b>	<b>2592</b>	<b>5184</b>	<b>10368</b>	20736
									<b>1944</b>	<b>3888</b>	<b>7776</b>	15552	31104
									<b>2916</b>	<b>5832</b>	11664	23328	46656
									<b>4374</b>	<b>8748</b>	17496	34992	69984
									<b>6561</b>	13122	26244	52488	104976
									19683	39366	78732	157464	
										59049	118098	236196	
											177147	354294	
												531441	
													etc.

---

Fig. 2

altri tre numeri si dispongono in modo da ricostituire, con il primo, la sequenza  $n$  (1:3:5:8). Tutto questo ricorda molto da vicino la sequenza presentata nel *Kitâb al-abğâr*, dove ciò che si ripete nella composizione totale di tutti i metalli, non è il semplice rapporto 1:3:5:8, ma proprio il rapporto  $n$  (1:3:5:8), a somma  $n$  volte 17.

Confortata la nostra ipotesi dall'esame numerico del diagramma, anche altre considerazioni richiamano la nostra attenzione su di esso. Nell'esposizione del teorema che conduce alla presentazione del diagramma, Nicomaco, che ha ben presente il *Timeo* di Platone, fa riferimento al ben noto passo, già prima citato, della creazione dell'anima del mondo; aggiungendo che il suo teorema, e dunque il diagramma che lo rappresenta, può essere considerato come un utilissimo strumento di calcolo applicabile alla spiegazione del testo di Platone. Se si considera il diagramma sotto questo punto di vista, si può bene osservare che esso può essere considerato come la scrittura numerica di *Timeo* 35-36; e la cosa si fa più evidente se si espande il diagramma fino alla tredicesima colonna: a partire dal

numero 384 (primo numero per il quale il calcolo non richiede l'utilizzazione di frazioni), sono in esso presenti tutti i 36 termini che costituiscono la scala armonica dell'anima del mondo nel trattato sull'anima del mondo dello pseudo-Timeo di Locri<sup>14</sup>.

A conclusione di questo lavoro, sembra molto probabile che la sequenza giabiriana 1:3:5:8 possa essere di origine pitagorica, e in particolare nicomachea; e che il significato fisico e 'cosmogonico' ad essa attribuibile possa essere ricondotto non tanto al *Timeo* di Platone, quanto all'interpretazione pitagorica del *Timeo*, maturata all'interno di circoli pitagorici nei primi secoli della nostra era.

Al percorso che abbiamo cercato di ricostruire, può forse essere fatto corrispondere un percorso parallelo nell'Occidente latino. In un suo lavoro pubblicato nel 1980, J. Jolivet<sup>15</sup> richiama l'attenzione sul fatto che le *Regulae theologicae*<sup>16</sup> di Alano di Lilla sembrano essere costruite secondo uno schema 'geometrico': in particolare, le prime *regulae* che si deducono immediatamente l'una dall'altra nel testo di Alano sarebbero nell'ordine la prima/seconda, la terza, la quinta e l'ottava/nona<sup>17</sup>. Anche qui una struttura fatta di numeri, anche qui una sequenza 1 2 3 4 letta come 1 3 5 8. A differenza di quanto avviene con Ġâbir, le fonti matematiche utilizzate da Alano sono ben conosciute: dietro di lui c'è

<sup>14</sup> TIMÉE DE LOCRES, *De l'ame du monde*, ed. e tr. fr. M. l'Abbé Batteux, Paris 1768. TIMAEUS LOKROS, *De natura mundi et animae*, ed. e tr. ted. W. Marg, Leiden 1972. *Timaios Lokros. Über die Natur des Kosmos und der Seele*, komm. von M. Baltes, Leiden 1972.

<sup>15</sup> J. JOLIVET, *Remarques sur les Regulae Theologicae d'Alain de Lille*, in *Alain de Lille - Gautier de Châtillon - Jakemart Giélee et leur temps. Actes du colloque de Lille, octobre 1978*. Textes réunis par H. Roussel et F. Suard, Lille 1980, pp. 83-99. Rist. in *Philosophie médiévale arabe et latine. Recueil d'articles de Jean Jolivet*, Paris 1995, pp. 279-295.

<sup>16</sup> *Magister Alanus de Insulis Regulae caelestis iuris*, ed. N.M. Häring, «Archives d'histoire doctrinale et littéraire du Moyen Âge», XLVIII (1981), pp. 97-226.

<sup>17</sup> J. JOLIVET, *op. cit.*<sup>15</sup>, p. 290: «La première [règle], qui définit l'unité ou *monas* ('l'unité est ce par quoi toute chose est une') commande tout cet ensemble. D'elle se déduisent immédiatement quatre théorèmes: celui des degrés décroissants de l'unité, symbolisés par une topologie métaphysique et cosmologique à la fois (règle 2); celui de la réflexivité de l'unité d'où résulte la Trinité (règle 3); celui de l'unité comme seul principe et seule fin, *alpha* et *oméga* (règle 5); enfin celui de l'identité en Dieu du *quod est* et de l'*esse* (règle 8), c'est à dire de l'identité, dans tout énoncé qui concerne Dieu, de l'attribution selon l'inhérence et de l'attribution selon l'essence (règle 9, qui n'est qu'une autre formulation de la règle 8)». Se si considerano come una cosa sola le coppie 1-2 e 8-9, come Jolivet rappresenta nello schema che accompagna il suo testo, si può constatare che la sequenza apparentemente seguita da Alano è 1 3 5 8. Su questo argomento si veda anche: G.R. EVANS, *Alan of Lille. The frontiers of theology in the later twelfth century*, Cambridge 1983, Part I, n. 2; l'autore condivide l'opinione di Jolivet secondo la quale le *regulae* 3 5 e 8 scaturiscono direttamente dalla *regula* 1, e riconduce la struttura matematica delle *Regulae* alla teoria pitagorica del numero. Si osservi che, se la fonte di Alano è Nicomaco, lo schema secondo il quale sono costruite le *regulae* è matematico, non geometrico, come scrive Jolivet.

Boezio<sup>18</sup>, e dietro Boezio, ancora una volta, l'*Introductio arithmetica* di Nicomaco di Gerasa. Che la matematica alchemica di Ġābir e la matematica teologica di Alano siano da ricondurre alla stessa fonte pitagorica<sup>19</sup>?

<sup>18</sup> J. JOLIVET, *op. cit.*<sup>15</sup>, p. 285: «... l'autorité de base est ici Boèce et ses *Hebdomades*». La dipendenza delle *Regulae* dal *De hebdomadibus* di Boezio [BOEZIO, *Opuscoli teologici*, ed. e tr. it. E. Rapisarda, Catania 1960<sup>2</sup> (I ediz. 1947), pp. 24-31] è sottolineata anche in M.T. D'ALVERNÉ, *Alain de Lille et la Theologia*, in *L'homme devant Dieu, Mélanges offerts au Père Henri de Lubac*, II, Paris 1964, pp. 111-128. Tra le due opere si colloca, ed è importante per l'interpretazione, il commento al *De hebdomadibus* composto nella prima metà del XII secolo da Gilberto di Poitiers [*The commentary of Gilbert of Poitiers on Boethius' De hebdomadibus*, ed. N.M. Häring, «Traditio», 9 (1953)].

<sup>19</sup> Nelle sue *Regulae theologicae*, come è noto, Alano di Lilla utilizza un'opera ermetica: la *regula* 7 di Alano è la *regula* 2 del *Liber XXIV Philosophorum* attribuito a Ermete Trismegisto [C. BAEUMKER, *Das pseudo-hermetische Buch der vierundzwanzig Meister (Liber XXIV Philosophorum)*, «Beiträge zur Geschichte der Philosophie und Theologie des Mittelalters», XXV (1927), pp. 194-214]; questo fatto è osservato, già in epoca medioevale, da diversi autori, e Tommaso d'Aquino (*De veritate*, q.2, a.3,1) considera le *Regulae* di Alano come un commento al *Liber XXIV*. Per l'attenzione riservata da Alano alla tradizione ermetica, e forse anche per l'esistenza qui ipotizzata di altre fonti comuni, gli alchimisti latini citano talvolta Alano come uno dei loro; ed a lui sono attribuiti anche dei *Dicta*, ovviamente pseudoepigrafi, di contenuto alchemico [v. J. FERGUSON, *Bibliotheca Chemica*, vv. 2, London 1954 (I ediz. Glasgow 1906), I, p. 14].

PAOLA VASCONI (\*)

## Diffusione della chimica antiflogistica in Germania (\*\*)

**Summary** - Here is a description of the diffusion of the new chemistry in Germany. We speak about above all Friedrich Albrecht Carl Gren's ideas. It took place clearly the defeat of phlogistic theory, but German scholars maintained a prudential point of view: they consider an hypothesis the new theory of oxygen. Finally we speak about external reasons (political reasons) of the opposition, that French chemistry met with: topics is Georg Christoph Lichtenberg's opinion.

Si vuol mostrare come la nuova chimica prenda piede in Germania con difficoltà, e al tempo stesso la sua diffusione si leghi a una prospettiva metodologica che finirà per gettare le basi del punto di vista della scienza filosofica. Si porrà inoltre particolare attenzione alle figure di Christoph Girtanner e Friedrich Albrecht Carl Gren.

Attraverso questi e altri autori passa negli anni intorno al 1795 la diffusione dapprima della nuova terminologia, mutuata dai chimici francesi, e successivamente l'introduzione della nuova chimica in Germania. La nuova terminologia antiflogistica (e con essa la nuova teoria) viene introdotta in Germania negli anni successivi al 1792. Veicolo principale sono la traduzione del *Traité* di Lavoisier ad opera di Hermbstädt e il manuale dello stesso anno di Christoph Girtanner.<sup>1</sup>

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

(\*\*) Relazione presentata al VI Convegno Nazionale di «Storia e Fondamenti della Chimica» (Cagliari, 4-7 ottobre 1995).

<sup>1</sup> A.L. LAVOISIER, *System der antiphlogistischen Chemie aus dem Französischen übersetzt und mit Anmerkungen und Zusätzen versehen von S. Fr. Hermbstaedt*, Berlin 1792; CHRISTOPH GIRTANNER, *Anfangsgründe der antiphlogistischen Chemie*, Berlin, Unger, 1792. In precedenza va ricordato che Girtanner si era cimentato con la traduzione della *Méthode de nomenclature chimique* di Lavoisier, Fourcroy e De Morveau del 1787, tradotta nel 1791: ID., *Neue chemische Nomenclatur für die deutsche Sprache*, Berlin, Unger, 1791.



Il mutamento di equilibrio tra i sostenitori della teoria di Stahl del flogisto e coloro che aderiscono alla nuova chimica antiflogistica si gioca praticamente nell'arco di tre anni, tra il 1793 e il 1796. Per la diffusione della nuova chimica nell'ambiente tedesco va segnalato che spesso non ci si trova di fronte a una comunità di scienziati già riconducibile istituzionalmente alla disciplina della chimica, ma si tratta di farmacisti, esperti di mineralogia, e comunque intellettuali che avevano a che fare con la facoltà medica. Inoltre l'adesione alla nuova chimica presenta in Germania una sorta di spaccatura confessionale: è infatti la Germania protestante che è protagonista della conversione, centrata soprattutto sulle sedi universitarie di Halle, Göttingen e Berlino. Sigismund Friedrich Hermbstaedt (Erfurt, 1760; Berlin 1833), il traduttore del *Traité*, dal 1787 è dapprima libero docente di fisica, chimica e farmacia presso la facoltà medica di Berlino; diverrà poi collega di Martin Heinrich Klaproth (Wernigerode, 1743; Berlin 1817), farmacista di formazione, presso la scuola mineraria e solo successivamente presso la facoltà filosofica. Lorenz Crell (Helmstedt 1745; Göttingen 1816) lavora prima a Helmstedt, dove tra l'altro ha tra i suoi allievi Friedrich Gren, e quindi a Göttingen (fondatore di riviste scientifiche quali i *Chemische Annalen*), rimanendo sempre dalla parte dei seguaci di Stahl. Intorno alla figura di Friedrich Albrecht Carl Gren (Bernburg, 1760; Halle 1798) si gioca buona parte della polemica che vedrà il prevalere della scuola antiflogistica: l'attività di Gren si concentra a Halle, dove insegna chimica e fisica tra il 1787 e il 1798. Christoph Girtanner (Sankt Gallen 1760; Göttingen 1800), dopo aver frequentato i nuovi chimici tra Francia e Scozia (egli frequenta la comunità scientifica parigina e scozzese tra il 1785 e il 1787, tornando in Germania passando per Londra e l'Olanda), rimarrà sempre un battitore libero a Göttingen.

L'adesione dei chimici tedeschi alla rivoluzione di Lavoisier si gioca sull'esperimento della produzione di ossigeno dalla riduzione dell'ossido di mercurio. Dopo le conversioni alla nuova chimica che si susseguono tra il 1791 e il 1792, anche di esponenti illustri della filosofia della natura,<sup>2</sup> il confronto decisivo per l'introduzione della nuova teoria si giocò tra il marzo e l'aprile del 1793. Il 3 aprile del 1793 Hermbstädt e Klaproth ripeterono l'esperimento di riduzione per liberare ossigeno dall'ossido di mercurio, ottenendo nella Germania protestante «la seconda data di morte del flogisto». Dopo questa data il dibattito risolutivo che contrappose i due fronti si svolse tra il maggio e il novembre del 1793, come attesta una lettera di Lorenz Crell a Giovanni Fabbroni del 4 ottobre 1793, conservata a Philadelphia nella Library of the American Philosophical

<sup>2</sup> Da J.F. Blumenbach a Alexander von Humboldt: del loro cambiamento di idee si ha notizia per Blumenbach da una recensione sulla *Medicinische Bibliothek*, 3, n. 3 (1791), pp. 442-450, e per A. von Humboldt da una lettera a D.L.G. Karsten del 26 novembre 1791. Traccia del mutamento di idee di Martin Klaproth si ha nella prefazione alla traduzione di Hermbstädt del trattato di Lavoisier, *op. cit.*, vol. I, p. X.

Society.<sup>3</sup> Friedrich Albrecht Carl Gren in un certo senso è la pietra di paragone della diffusione della nuova chimica, visto che rappresenta fasi successive di maturazione della vecchia chimica in progressione verso la nuova. Gren espone infatti tre teorie flogistiche in successione. È nell'ultima versione della sua teoria flogistica che Gren finisce per aderire nella sostanza a una versione della chimica di Lavoisier che resta comunque una contaminazione parziale con la teoria flogistica. È del 12 dicembre 1793 la testimonianza della conversione di Gren, in una lettera di van Mons, dove Gren finiva per ammettere di sentirsi un traditore della verità, nel pensare di poter difendere ciò che in precedenza riteneva il fondamento della chimica.<sup>4</sup> Gren avrebbe adottato una teoria intermedia tra quelle proposte da Benjamin Richter e Johann Leonhardi. Fa parte di questa versione della contaminazione tra le due chimiche il permanere dell'uso del flogisto nella spiegazione della natura della luce. La teoria di Johann Gottfried Leonhardi (Leipzig, 1746; Dresden 1823), medico di corte della Sassonia, è infatti una teoria che riconosce con Lavoisier la necessità dell'aria per la combustione, rimane pur sempre l'idea di utilizzare il flogisto nella spiegazione ad esempio della respirazione animale. In modo analogo la teoria di Jeremias Benjamin Richter (Hirschberg-Slesia 1762; Berlin 1807), anche dopo l'adesione alla teoria di Lavoisier nel 1793 (ricavabile dalla seconda edizione di *Ueber die neuern Gegenstände der Chymie*, Breslau und Hirschberg, 1793), rimane una forma «edulcorata» di chimica antiflogistica, continuando ad ammettere un principio di combustibilità (*Brennstoff*), che si combina con l'ossigeno e formerebbe la luce. Richter, addottoratosi con Karl Gottfried Hagen nel 1789 a Königsberg, dopo il 1790 si impiegò nelle miniere della Slesia, e la sua adesione alla nuova chimica, per sua stessa ammissione, fu determinata dalle obiezioni opposte da Girtanner negli *Anfangsgründe der antiphlogistischen Chemie* alla teoria del flogisto.

Le difficoltà nell'aderire pienamente alla teoria del flogisto hanno effettivamente a che fare anche nel caso di Gren con gli aspetti più «fisici» della nuova teoria (in particolare con la teoria della luce). Già dal *Grundriss der Naturlehre* si ricava infatti una serie di riferimenti alla teoria della combustione, dove ci si riferisce alle teorie di Priestley e di Lavoisier.<sup>5</sup> Circa la conversione alla nuova chimica va sottolineata la discordanza tra il resoconto che vien dato da Partington e quello che vien dato in un classico ottocentesco sulla storia della chimica in Germania: si tratta di Georg W. A. Kahlbaum und August Hoffmann, *Die Einführung der Lavoisier'schen Theorie im besonderen in Deutschland. Über den Anteil Lavoisier's*

<sup>3</sup> Si dà notizia della lettera in K. HUFBAUER, *The formation of the German chemical community*, Berkeley, University of California Press, 1982, p. 124, nota 1.

<sup>4</sup> Cfr. «Journal der Physik», 1794 (VIII), p. 14.

<sup>5</sup> Cfr. FRIEDRICH A.C. GREN, *Grundriss der Naturlehre*, (hrsg. von K.W.G. Kästner), sechste, sehr vehrmehte und verbesserte Auflage, Halle, Hemmerde und Schwetschke, 1820 (1797<sup>3</sup>): cfr. il § 832 ss.

an der Feststellung der das Wasser zusammensetzenden Gase, Leipzig, Johann Ambrosius Barth 1897, questi autori tendono a proiettare un po' più avanti la conversione di Richter e Gren, fissandola al 1795 (e questa datazione è senz'altro non altrettanto sufficientemente argomentata di quella di Partington).<sup>6</sup>

«La scoperta del gas ossigeno, della sua scomparsa per combustione di tutti i corpi in generale, in particolare con l'ossidazione dei metalli, e la sua riproduzione dall'ossido di mercurio mediante semplice calcinazione, fa dubitare dell'esistenza di un elemento della combustione nei corpi combustibili e nei metalli, come sorgente del fuoco, e Lavoisier si attiene tanto a questi esperimenti e osservazioni, fatti già prima di lui da Scheele e Priestley, che a quelli preparati e eseguiti da lui, che richiedono di accettare un elemento infiammabile, di introdurre perciò di nuovo nella chimica forme di rappresentazione fondate, e di pervenire perciò a un nuovo sistema, che ha dunque ricevuto il nome di sistema antiflogistico». <sup>7</sup> Si è già accennato al carattere ibrido tra teoria flogicista e chimica antiflogicista per l'atteggiamento nei confronti della teoria della luce. La permanenza maggiore rispetto a altri contesti nazionali della tradizione flogistica consente peraltro di valutare con più attenzione il carattere ipotetico di certi aspetti della teoria di Lavoisier, quali la dottrina del calorico. La luce per Gren (come è già stato accennato) è un composto di flogisto e di calorico; anche l'origine chimica dei colori viene spiegata con la proporzione di calorico e di flogistico: la luce calda, la luce rossa, è quella che contiene più calorico, mentre la luce blu è quella dove prevale il flogisto. Il carattere ipotetico che viene il più delle volte attribuito alla nuova chimica serve probabilmente a spiegare l'inclinazione (fino alla svolta del secolo) per il compromesso tra le due chimiche. Non è un caso che parte delle obiezioni di Richter a Girtanner vertano sul carattere ugualmente ipotetico imputato tanto al flogisto che al calorico di Lavoisier. <sup>8</sup> Nell'introduzione al IV volume di un'altra opera di Gren non a caso si legge che in considerazione dell'equidistanza tra le due teorie viene compiuta

<sup>6</sup> Cfr. J.R. PARTINGTON, *A History of Chemistry*, vol. 3, New York, Mac Millan, 1962, v. pp. 616-619, 631-636.

<sup>7</sup> «Die Entdeckung des Oxygens, des Verschwindens desselben beym Verbrennen aller Körper überhaupt, besonders bey der Oxydirung der Metalle, und die Wiedererzeugung desselben aus dem Quecksilberoxyde durch bloßes Glühen, ließ zuerst an der Existenz eines Brennstoffes in verbrennlichen Körpern und Metallen, als Quelle des Feuers, zweifeln, und Lavoisier hielt sich sowohl durch diesen, schon von ihm von Scheele und Priestley gemachten, als durch andere von ihm angestellte Versuche und Beobachtungen berechtigt, die Annahme eines eigenen entzündlichen Grundstoffes aufzugeben, die darauf gegründeten Vorstellungsarten in der Chemie ganz zu verwerfen, und ein neues System zu errichten, welches deshalb den Namen des antiphlogistischen Systems erhalten hat»: il passo è ricavato da FRIEDRICH ALBRECHT CARL GREN, *Grundriß der Naturlehre*, cit., p. 516.

<sup>8</sup> Cfr. ELISABETH STRÖKER, *Theoriewandel in der Wissenschaftsgeschichte. Chemie im 18. Jahrhundert*, Frankfurt a.M., Klostermann, 1982, pp. 291-292.

una scelta per la nomenclatura che cerchi di essere il più possibile libera da una delle due ipotesi. Gren afferma esplicitamente in questa sezione del *Systematisches Handbuch der gesammten Chemie* (data alle stampe il 4 aprile del 1796), che la sua scelta non dipende dalla preferenza per nessuno dei due sistemi: così il carattere ipotetico per Gren, ancora nel 1796, investe entrambi i termini chiave delle due teorie. Così l'ossigeno in quanto vien detto elemento vitale è considerato come qualcosa che ha un fondamento reale, ma, dal momento in cui è nominato *Sauerstoff*, in quanto fonda un'ipotesi precisa sulla funzione di questo elemento (quella di costituire il radicale degli acidi) è un'ipotesi, in modo del tutto analogo a come rappresenta un'ipotesi il nome flogisto, o principio combustibile (*Brennstoff*), che d'altra parte nello spiegare con l'ausilio del calorico l'origine della luce colorata ha altrettanta realtà dell'ossigeno: «Si troverà il nome principio combustibile (flogisto) nella nomenclatura; ma mi si ascolti prima, e prima mi si scusi del fatto che abbia introdotto nomi ipotetici, e fatto lo stesso che rimprovero agli antiflogistici. La mia nomenclatura è per tutte le parti. Che una parte dica, che c'è un elemento X, mediante cui il calorico, che viene liberato e sviluppato nella combustione, ha la proprietà di eccitare l'organo della vista (che da sé il calorico non fa); che attraverso questo elemento diviene splendente ovvero materia della luce, ciò che in sé non è niente; [questo elemento] secondo le molteplici relazioni in cui si lega al calorico, produce le diverse forme di luce colorata. Chi l'ha contraddetto, chi può contraddirlo?».<sup>9</sup>

La tendenza a presentare le due forme di chimica come semplici ipotesi contrastanti, ma ugualmente degne di considerazione la si ritrova anche nel manuale di Girtanner; parlando dei diversi elementi, e in particolare nel capitolo dedicato alla materia della luce. Si legge infatti a p. 18 che le differenti opinioni presentate sugli elementi (nel caso specifico sulla materia della luce e sul calorico) sono ipotesi e devono essere considerate nient'altro che ipotesi.<sup>10</sup>

<sup>9</sup> Cfr. F.A.C. GREN, *Systematisches Handbuch der gesammten Chemie*, zweite, ganz umgearbeitete Auflage, Halle 1794-1796, 4 voll.: do la versione tedesca di un passo un po' più ampio di quello riportato nel testo: «Daß die *Lebensluft* eine eigenthümlichen Stoff zur Basis hat, ist Thatsache [...] Aber es ist nicht mehr Thatsache, daß das Radical der Säuren durch ihn erst sauer werde; das ist Folgerung aus einer Thatsache, ist Hypothese. [...] Er heiße also nicht *sauermachender Stoff*, *säureerzeugender Stoff*, nicht *Oxygenium*, *Oxygéne*; eben weil diese Namen eine Hypothese involviren. [...] Man wird den Namen *Brennstoff* (Phlogiston) in der Nomenclatur finden; aber man höre mich erst, ehe man mich beschuldigt, daß ich hypothetische Namen aufführte, und dasjenige selbst thäte, was ich an den Antiphlogistikern tadele. Meine Nomenclatur ist für alle Parteyen. Die eine Partey sagt, es giebt einen Stoff X, durch den der Wärmestoff, der beym Verbrennen frey und entwickelt wird, die Eigenschaft erhält, das Organ des Gesichts zu rühren, was er für sich nicht thut; durch den er leuchtend oder zur Lichtmaterie wird, was er an sich nicht ist; der nach den mannigfaltigen Verhältnissen, in welchen er mit dem Wärmestoff vereinigt ist, die verschiedenen Arten des farbigen Lichts zuwege bringt. Wer hat dies widerlegt, wer kann es widerlegen? (Si è citato dalla p. 10).

<sup>10</sup> CHRISTOPH GIRTANNER, *System der antiphlogistischen Chemie*, cit., p. 18. Rimane

L'atteggiamento di equidistanza è testimoniato dall'autentico artefice della diffusione della nuova chimica, attraverso l'aggiornamento di uno dei maggiori manuali in uso all'epoca, lo Johann Christian Polykarp Erxleben, ad opera di Georg Christoph Lichtenberg (1742-1799). Ne è testimonianza già la lettera di Lichtenberg a Girtanner del 24 febbraio 1792: «Un vero, filosofico avversario del sistema antiflogistico non è perciò dunque alcun difensore dogmatico del flogisto [...]. La nuova scienza chimica è un'opera eccellente, che rende il massimo onore all'intelletto umano. Ma è anche un mero edificio chimico, il progetto di un atrio nel tempio della dottrina della natura, che per sé solo è molto bello e comodo, ma che probabilmente deve essere molto cambiato, se si deve un giorno darle seguito. Io dico probabilmente, ma penso *certamente*».<sup>11</sup>

Nelle aggiunte di Lichtenberg alla sesta edizione che riguardano la nuova chimica (la prefazione datata primo ottobre 1794 e le appendici dedicate appunto a questo tema) il tono è comunque quello di una presentazione ancora delle diverse posizioni senza la piena adesione al nuovo punto di vista. Così a p. XXXVIII della prefazione si ritrovano espressioni a proposito del carattere ipotetico dell'ossigeno, come pure a p. 257 compare il riconoscimento degli esperimenti relativi all'ossido di mercurio.<sup>12</sup> Ma Lichtenberg rimarrà un seguace della parte flogistica. Non vanno d'altronde dimenticate le ragioni esterne alle difficoltà della diffusione della nuova chimica, che sono legate alle vicende politiche e storiche che opposero Germania e Francia alla fine del Settecento. Ne sono un esempio le affermazioni dello stesso Lichtenberg nella prefazione alla sesta edizione del manuale di Lichtenberg: «Il fatto che si è dato *all'inizio* un dubbio ascolto [...] alla nuova teoria fu per colpa del carattere della nazione, che ne ebbe il primato. La Francia non è la terra da cui il tedesco è abituato ad aspettarsi principi duraturi per le scienze. È abituato a considerarle illusioni di breve durata e a darne conto in tal modo. Questo si trova in questo popolo, dalla piccola alla grande cosa, nei loro orologi da taschino come nei loro sistemi di filosofia, ed è sicuramente carattere della nazione. Dov'è ora la fisica cartesiana, che trovava persino tra i Bernoulli i suoi difensori? Possono esserci delle

comunque il fatto che chiara è la scelta di campo da parte di Girtanner per la chimica di Lavoisier.

<sup>11</sup> «Ein wahrer, philosophischer Gegner des antiphlogistischen Systems ist deswegen noch kein dogmatischer Verteidiger des Phlogistons [...]. Die neuere französische Chemie ist ein vortreffliches Werk, das dem menschlichen Verstand die größte Ehre macht. Es ist aber bloß ein chemisches Gebäude, der Entwurf zu einer Halle im Tempel der Naturlehre, die für sich allein sehr schön und bequem ist, die aber vermutlich sehr wird verändert werden müssen, wenn sie sich an die übrigen dereinst anschließen soll. Ich sage vermutlich, ich glaube aber *gewiß*»: v. G.C. LICHTENBERG, *Schriften und Briefe*, Frankfurt a.M.-Leipzig, Insel, 1992, vol. 4, p. 684.

<sup>12</sup> J.C.P. ERXLEBEN, *Anfangsgründe der Naturlehre. Mit Zusätzen von G. C. Lichtenberg*, Göttingen, Johann Christian Dieterich, 1794<sup>6</sup>, in particolare le pp. XXI-XLV e 150-171.

eccezioni. Forse la chimica francese ne è una. [...] In questa opinione nazionale il tedesco non si faceva meno forte del trionfo infantile, di quello che si festeggiava a Parigi sul *flogisto*. Quello era *veramente francese*. La signora Lavoisier vestita come una sacerdotessa bruciava festosamente il flogisto in un'adunanza. Dopo di che non si può dire null'altro che, fosse stato *Newton* in condizioni di far bruciare i vortici *cartesiani* da sua moglie, se ne avesse avuta una, sarebbe stato impossibile per lui scrivere i suoi *principia*. Si vede che la scoperta stessa era inaspettata agli scopritori. Così trionfa ora il piccolo contro il grande, se è favorito dalla fortuna; colui che è propriamente grande rinuncia al trionfo, dove poteva arridergli rispetto a deboli accoliti». <sup>13</sup>

Con la svolta del secolo, le remore nei confronti della dottrina antiflogistica hanno termine. Conquistate alla nuova scienza le università di Berlino, Göttingen e Halle, sarà Jena l'ultimo centro della reazione flogistica. <sup>14</sup>

<sup>13</sup> I passi sono contenuti nel citato manuale di Erxleben (cfr. la nota 12), nella *Vorrede zur sechsten Auflage*, alle pp. XXII-XXIII: «Daß man die neue Lehre *anfangs* mit Zweifel [...] angehört hat, daran hatte der Character der Nation, von der sie herkam fürs erste mit einige Schuld. Frankreich ist nicht das Land, aus dem der Deutsche gewohnt ist bleibende *Grundsätze* für Wissenschaften zu erwarten. Blendendes von *kurzer Dauer* ist gewöhnlich, auf was er von daher rechnete und bisher zu rechnen Ursache hatte. Dieses findet sich bey diesem Volk vom kleinsten bis zum größten, in ihren Taschenuhren, wie in ihren Systemen der Philosophie und ist sicherlich Character der Nation. Wo ist jetzt die Cartesianische Physik, die sogar unter den *Bernoulli's* ihre Vertheidiger fand? Es mag Ausnahmen geben. Vielleicht ist die Französische eine. [...]. In dieser National-Meinung wurde der Deutsche nicht wenig durch den kindischen Triumph bestärkt, den man in Paris über das *Phlogiston* feyerte. Der war *ächt Französisch*. Madam *Lavoisier* als Priesterin angekleidet verbrannte feyerlich das *Phlogiston* in einer Versammlung. Hierbey läßt sich nichts weiter sagen als: Wäre *Newton* im Stande gewesen durch seine Frau, wenn er eine gehabt hätte, die *Cartesianischen* Wirbel verbrennen zu lassen: so hätte er unmöglich seine *principia* schreiben können. Man sieht der Fund selbst war den Erfindern unerwartet. So triumphirt nun der kleine gegen den Großen, wenn ihn das Glück begünstigt, der eigentliche Große überläßt den Triumph, wo er statt finden könnte dem schwächern Anhänger». Alle ragioni anche politiche che fecero rimanere una parziale incompienza da parte di Lichtenberg nei confronti della «chimica francese» accenna la Ströcker: cfr. *Id.*, *Theoriewandel*, cit., p. 296.

<sup>14</sup> Cfr. ANDREAS KLEINERT, *La diffusion des idées de Lavoisier dans le monde scientifique de langue allemande*, in *Il y a 200 ans Lavoisier. Actes du Colloque organisé à l'occasion de la mort d'Antoine Laurent Lavoisier, le 8 mai 1794*, (Paris et Blois 3-6 mai 1994), pp. 181-190; v. p. 188.

MARCO CIARDI (\*)

## Chimica e mineralogia in Lazzaro Spallanzani.

### Considerazioni preliminari (\*\*)

**Summary** - In the Eighteenth Century, many disciplines were not yet regarded as specific sciences. It is commonly believed that Spallanzani was one of the fathers of modern life sciences. However, Spallanzani gave fundamental contributions also in defining many different areas of experimental knowledge.

Tra la fine del Settecento e l'inizio dell'Ottocento il complesso universo delle cosiddette scienze sperimentali o baconiane<sup>1</sup> subì una profonda rivoluzione che portò alla costruzione e alla definizione di specifiche discipline. Chimica, mineralogia, meteorologia, elettrologia, biologia, iniziarono a strutturarsi in maniera tale da ridurre drasticamente la possibilità di essere utilizzate per giustificare immagini metafisiche della natura o teorie di tipo cosmogonico.<sup>2</sup> La

(\*) Università di Firenze.

(\*\*) Relazione presentata al VI Convegno Nazionale di «Storia e Fondamenti della Chimica» (Cagliari, 4-7 ottobre 1995).

<sup>1</sup> Sulla distinzione scienze classiche - scienze baconiane, cfr. T.S. KUHN, *Tradizioni matematiche e tradizioni sperimentali nello sviluppo delle scienze fisiche*, in ID., *La tensione essenziale* (1977), Torino, Einaudi, 1985, pp. 37-74; P. ROSSI, *Gli aristotelici e i moderni: le ipotesi e la natura*, in ID., *La scienza e la filosofia dei moderni*, Torino, Bollati Boringhieri, 1989, pp. 90-113; F. BEVILACQUA - A. FERRARESI, *La formazione scientifica di Giuseppe Belli e l'evoluzione della fisica europea nella prima metà dell'Ottocento*, in *La fisica a Pavia nelle opere di Giuseppe Belli*, a cura di G. Bellodi e E. Rovida, Pavia, Università degli Studi di Pavia, 1994, pp. 21-42.

<sup>2</sup> Per la chimica cfr. F. ABBRI, *Le terre, l'acqua, le arie. La rivoluzione chimica del Settecento*, Bologna, Il Mulino, 1984; D. KNIGHT, *Ideas in Chemistry. A History of the Science*, London, The Athlone Press, 1992; M. BERETTA, *The Enlightenment of Matter. The Definition of Chemistry from Agricola to Lavoisier*, Canton, Science History Publications, 1993. Per una diversa interpretazione si veda F.L. HOLMES, *La chimica nell'età dei Lumi*, in *Storia delle scienze*, diretta da P. Galluzzi. *Natura e vita: dall'antichità all'Illuminismo*, a cura di F. Abbri e R.G. Mazzolini, Banca Popolare di Milano, 1992, pp. 478-525 (il volume contiene ampie bibliografie).

maggior parte dei cultori di «storia naturale» non fu perciò coinvolta soltanto in dibattiti concernenti lo sviluppo di singole discipline, ma offrì contributi in molteplici ambiti di ricerca.

Lavoisier, ad esempio, è generalmente (e correttamente) riconosciuto come il padre della chimica moderna. Soltanto dopo la rivoluzione lavoisieriana, infatti, questo sapere assunse la configurazione di disciplina autonoma, non più subordinata alla medicina o alla botanica, dotata di linguaggio e caratteristiche del tutto personali, e capace di progredire rapidamente dal punto di vista dell'analisi quantitativa. Ma Lavoisier non si occupò esclusivamente di chimica, e contribuì allo sviluppo di altri campi del sapere come la fisiologia e la meteorologia, la mineralogia e la geologia; quest'ultima, del resto, fu una delle materie che più suscitò l'interesse dello scienziato francese agli inizi della sua attività.<sup>3</sup>

Le scienze della terra sembrano essere state anche l'ambito di ricerca cui intendeva applicarsi il giovane Spallanzani, che, dopo aver abbandonato lo studio della giurisprudenza alla Facoltà di Diritto dell'Università di Bologna, verso il 1753, si era dedicato allo studio della matematica, della geometria e della fisica, ottenendo il titolo di Dottore in Filosofia nel 1755.<sup>4</sup>

I contributi di Spallanzani appartenenti al periodo dell'insegnamento a Reggio Emilia (1757-1763) sembrano confermare un deciso interesse del giovane ricercatore per le scienze fisiche e l'astronomia, più che per le scienze della vita, interesse confermato dalle dissertazioni presentate tra il 1756 ed il 1762 all'Accademia degli Ipocondriaci (di cui Spallanzani fu socio dal marzo del 1755).<sup>5</sup> Fu Antonio Vallisneri junior, il primo maestro di Spallanzani, ad indirizzare l'allievo di Scandiano, intorno al 1760, verso le ricerche biologiche, fornendogli un preciso e chiaro programma di ricerca. In quegli anni Spallanzani aveva manifestato

<sup>3</sup> Cfr. R. RAPPAPORT, *Lavoisier's Geological Activities 1763-1792*, «Isis», 58, 1968, pp. 375-384; ID., *The Geological Atlas of Guettard, Lavoisier and Monet*, in *Toward a History of Geology*, a cura di C.J. Schneer, MIT Press, 1969, pp. 272-287; ID., *Lavoisier's Theory of the Earth*, «British Journal for the History of Science», 6, 1973, pp. 247-260; M. BERETTA, *A New Course in Chemistry. Lavoisier's First Chemical Paper*, Firenze, Olschki, 1994, pp. 13-22; G. GOHAU, *Lavoisier géologue*, in *Il y a 200 ans Lavoisier. Actes du Colloque* (Paris et Blois, 3-6 mai 1994), a cura di C. Demeulenaere-Douyère, Londres-Paris-New York, Technique & Documentation - Lavoisier, 1995, pp. 73-78.

<sup>4</sup> Per una biografia di Lazzaro Spallanzani si veda C. CASTELLANI, *Introduzione alle Opere*, Torino, UTET, 1978, pp. 9-46; P. DI PIETRO, *Lazzaro Spallanzani*, Modena Aedes Muratoriana. Fondamentale per la conoscenza dell'opera di Spallanzani è l'*Edizione Nazionale delle Opere di Lazzaro Spallanzani. Parte prima. Carteggi*, a cura di P. Di Pietro, Modena, Mucchi Editore, 1894-1990, 12 voll. (d'ora in poi indicata come CARTEGGI).

<sup>5</sup> Su questi lavori cfr. D. PRANDI, *Bibliografia delle opere di Lazzaro Spallanzani, delle traduzioni e degli scritti su di lui*, Firenze, Sansoni Antiquariato, 1951, pp. 19-25; P. DI PIETRO, *Lazzaro Spallanzani*, cit., p. 25; L. SPALLANZANI, *Dissertazione sopra i corpi marino-montani*, in *Corpi marino-montani e la salsa di Querzuola*, inediti trascritti e pubblicati da insegnanti e studenti del Liceo Scientifico Statale «L. Spallanzani» di Reggio Emilia, 1981, pp. 21-36.



l'intenzione di dedicarsi allo studio delle teorie della Terra, ed in particolare all'esame della controversia Leibniz-De Maillet; ma Vallisneri lo scoraggiò, probabilmente non ritenendolo ancora maturo per tale impegnativo compito.<sup>6</sup>

L'esordio scientifico ufficiale di Spallanzani, ovvero le *Lettere due Sopra un viaggio nell'Appennino Reggiano e al lago del Ventasso*, (indirizzate a Vallisneri e pubblicate nel 1762), conferma comunque il suo interesse per le scienze della terra, nonché la passione per i viaggi e le escursioni scientifiche, una passione che manifesterà nel corso di tutta la vita.<sup>7</sup> In particolare, Spallanzani affrontò la questione dell'«origine delle fontane», cioè delle sorgenti, appoggiando l'opinione di Antonio Vallisneri senior, secondo il quale le sorgenti montane avevano origine dai ghiacciai e dai depositi sotterranei riforniti dall'acqua piovana.<sup>8</sup>

Il 1765 è l'anno dell'esordio di Spallanzani nel settore degli studi riguardanti la generazione e l'origine della vita. Tuttavia il volume in cui fu pubblicato il celebre *Saggio di osservazioni microscopiche concernenti il sistema della generazione de' signori Needham e Buffon*, conteneva anche la dissertazione *De lapidibus ab aqua resilintibus*, (dedicata a Laura Bassi, la sua insegnante di Fisica Universale a Bologna) che riguardava il lancio ed il rimbalzo dei sassi sulla superficie dell'acqua.<sup>9</sup> Da questo momento comunque, com'è ben noto, durante un arco di tempo approssimativamente delimitabile tra il 1765 ed il 1781, data che «segna in un certo senso una svolta nella vita di Spallanzani»,<sup>10</sup> lo scienziato di Scandiano si dedicò (almeno apparentemente) a stu-

<sup>6</sup> Cfr. S. CONTARDI, *Vallisneri e Spallanzani*, in ID., *La rivincita dei «filosofi di carta». Saggio sulla filosofia naturale di Antonio Vallisneri junior*, Firenze, Olschki, 1994, pp. 41-85. Sulle teorie della Terra, P. ROSSI, *I segni del tempo*, Milano, Feltrinelli, 1979.

<sup>7</sup> L. SPALLANZANI, *Lettere due...*, «Nuova raccolta di opuscoli scientifici e filologici», 9, 1762, pp. 271-298. In precedenza Spallanzani aveva pubblicato delle *Riflessioni intorno alla traduzione dell'Iliade del Salvini*, Parma, 1760. La passione di Spallanzani nei confronti del mondo classico è testimoniata anche nel *Viaggio a Costantinopoli*. Sui viaggi scientifici nel Settecento si veda: S. COLLINI - A. VANNONI, *Viaggiare per conoscere: le istruzioni per viaggiatori tra Sette e Ottocento*, «Antologia Vieusseux», n.s., 1, n. 1, 1995, pp. 85-102; ID., *La Société d'histoire naturelle e il viaggio D'Entrecasteaux alla ricerca di La Pérouse: le istruzioni scientifiche per i viaggiatori*, «Nuncius», 10, 1995, pp. 257-291. Spallanzani era solito prepararsi delle personali istruzioni sulle «cose da farsi» durante i viaggi.

<sup>8</sup> Cfr. A. VALLISNERI, *Dell'origine delle fontane. Lezione accademica recitata nell'Accademia de' Ricovrati di Padova* (1715), in M. BALDINI, *Vallisneri e la scoperta dell'origine delle fontane perenni*, Brescia, La Scuola, 1981, pp. 53-92.

<sup>9</sup> L. SPALLANZANI, *Dissertazioni Due dell'Abate Spallanzani*, Modena, per gli eredi di Bartolomeo Soliani Stamp. Ducali, 1765. In alcune lettere del dicembre 1765 ad Alfonso Gianotti, Spallanzani discute di questo problema, sottolineando di aver studiato in proposito le opinioni di Nollet: «vi dirò che prima di distendere la dissertazione latina non lasciai di esaminare eziando questo meccanico filosofo» (CARTEGGI, V, pp. 75-80).

<sup>10</sup> W. BERNARDI, *Filosofia e scienze della vita. La generazione animale da Cartesio a Spallanzani*, Torino, Loescher, 1980, p. 32.

diare in modo assiduo i problemi concernenti la generazione e la fecondazione artificiale.<sup>11</sup>

Successivamente, invece, Spallanzani prese ad occuparsi di molteplici ambiti di ricerca, tornando ad avere un occhio di riguardo per le problematiche riguardanti le scienze della terra, e affrontando anche una lunga serie di viaggi. Nel 1784 Spallanzani pubblicò due lettere indirizzate a Charles Bonnet,<sup>12</sup> con le quali sembrava voler indicare che l'abbandono delle ricerche embriologiche era dovuto anche alla necessità di meglio conoscere ed approfondire altri settori della ricerca scientifica, per poi giungere alla elaborazione di un quadro più generale e complessivo.

Il 24 dicembre 1783 Spallanzani anticipava a Jean Senebier, che le lettere a Bonnet avrebbero costituito soltanto un «prodromo» delle «osservazioni, e scoperte recenti fatte sul mare, e su l'Alpi». Durante il 1780 Spallanzani si era recato a Genova, percorrendo tutta la riviera di Levante; nel 1781 era stato a Marsiglia; nel 1782 aveva effettuato osservazioni ed esperienze a Rimini, Chioggia e Rovigno; mentre nel luglio 1783, allo scopo di completare gli studi sulla fauna del Mediterraneo (un capitolo completamente inesplorato dell'attività del naturalista di Scandiano), aveva impiantato un laboratorio a Portovenere, allo scopo di realizzare una serie di analisi dell'ambiente biologico marino.<sup>13</sup>

Durante quest'ultimo viaggio Spallanzani, attraversando i territori della Lunigiana e della Garfagnana intraprese anche una serie di osservazioni mineralogiche e geologiche di queste zone, esaminando, ad esempio, i marmi e le cave delle Alpi Apuane. Nei resoconti di tali osservazioni, Spallanzani rimanda esplicitamente non solo ai primi viaggi del 1761, ma anche a quello effettuato nel 1772 (quindi in pieno «periodo embriologico») sulle Alpi Lombarde e sui Grigioni, un viaggio ricco di rilevazioni geologiche.<sup>14</sup>

<sup>11</sup> Per un'analisi complessiva delle problematiche concernenti le scienze della vita nel Settecento si veda, oltre all'antologia citata nella nota precedente, J. ROGER, *Les Sciences de la Vie dans la pensée française au XVIII siècle*, Paris, Colin, 1963; W. BERNARDI, *Le metafisiche dell'embrione. Scienze della vita e filosofia da Malpighi a Spallanzani*, Firenze, Olschki, 1986; G. BARSANTI, *La Scala, la Mappa, l'Albero. Immagini e classificazioni della natura fra Sei e Ottocento*, Firenze, Sansoni, 1992, ai quali si rimanda per ulteriori approfondimenti bibliografici.

<sup>12</sup> L. SPALLANZANI, *Lettera prima relativa a diverse produzioni marine al Sig. Carlo Bonnet scritta il giorno 15 gennaio 1784. Lettera seconda relativa a diversi oggetti fossili e montani al Sig. Carlo Bonnet scritta il giorno 12 febbraio 1784*, «Memorie di Matematica e Fisica della Società Italiana», 2, 1784, pp. 603-661; 861-899.

<sup>13</sup> L. SPALLANZANI, *Opere pubblicate sotto gli alti auspici della Reale Accademia d'Italia*, Milano, Hoepli, 1935, vol. IV, pp. 57-64; 65-93; 107-118; 119-343. I resoconti dei viaggi contenuti in questo volume (e di quello a Costantinopoli) sono trascrizioni effettuate sui manoscritti di Spallanzani conservati presso la Biblioteca Municipale «A. Panizzi» di Reggio Emilia. In proposito si veda il *Catalogo dei manoscritti di Lazzaro Spallanzani*, a cura di P. Manzini, Reggio Emilia, 1981.

<sup>14</sup> L. SPALLANZANI, *Opere*, cit., vol. IV, pp. 23-32.

«In tutto questo tempo», scriveva Spallanzani a Senebier, «non ho mai fatto altro, che osservare, e sperimentare; e di queste mie geniali occupazioni sono restato contentissimo, giacché mi è riuscito di mettere insieme i materiali per ventidue lettere, che si aggireranno sopra diversi soggetti, o nuovi, o prima non dovutamente discussi, dei tre Regni della natura». Spallanzani riteneva comunque di avere la possibilità di riunire insieme ancora molto materiale; «quest'opera prima di pubblicarla mi lusingo che sarà di molto accresciuta», aggiungeva lo scienziato di Scandiano.<sup>15</sup>

Il 24 novembre del 1784 scriveva a Senebier di essere alla prese con la realizzazione di un'opera cui forse avrebbe potuto «meglio competere il titolo di Storia Fisica del Mare, che a quella così intitolata dal celebre conte Marsigli». <sup>16</sup> Per questo motivo, nell'estate dello stesso anno, aveva continuato ad effettuare osservazioni nella laguna di Chioggia; durante le vacanze pasquali del 1785 tornò invece a Genova e sulla Riviera Ligure.<sup>17</sup> Ma nell'agosto successivo Spallanzani riuscì finalmente a partire per Costantinopoli, un viaggio che egli stava già progettando almeno fin dal 1781, e che per cause di varia natura era stato costretto a rimandare.<sup>18</sup> Come avrà modo di sottolineare in più di un'occasione, uno degli scopi principali dei suoi viaggi era quello di incrementare la collezione dell'«insigne museo di storia naturale della Regia nostra Università», ovvero l'Università di Pavia (dove dal 1769 insegnava Storia naturale); ma non secondaria era certo l'esigenza di avere sempre più elementi a disposizione per approfondire le conoscenza di tutti i settori della storia naturale, e scoprire «novità filosofiche».<sup>19</sup>

I resoconti del viaggio a Costantinopoli rappresentano un incredibile contenitore di analisi mineralogiche e geologiche della Tracia e della Bitinia, di sistematiche (e non certo casuali) osservazioni meteorologiche<sup>20</sup> e di nuove osservazioni sulla fauna marina. Per quanto riguarda la mineralogia Spallanzani, che sembrava avere come specifico punto di riferimento i lavori di Wallerius, eseguì in particolare una serie di osservazioni su diaspri e calcedoni, ipotizzando l'idea di formulare una teoria sui colori delle pietre.<sup>21</sup>

<sup>15</sup> CARTEGGI, VIII, p. 125 (lettera del 24 dicembre 1783).

<sup>16</sup> CARTEGGI, VIII, p. 146. Cfr. F. MARSIGLI, *Histoire physique de la mer*, Amsterdam, 1725.

<sup>17</sup> L. SPALLANZANI, *Opere*, cit., vol. IV, pp. 415-518; 519-528.

<sup>18</sup> L. SPALLANZANI, *Opere*, cit., vol. V, t. I.

<sup>19</sup> L. SPALLANZANI, *Lettera dissertoria sui pretesi polmoni nei pesci indirizzata a Carlo Bonnet, marzo 1782*, in ID., *Opere*, cit., IV, p. 94. Sui rapporti fra Spallanzani e le istituzioni, C. CASTELLANI, *Spallanzani e il potere*, in *Economia, istituzioni, cultura in Lombardia nell'età di Maria Teresa*, a cura di A. De Maddalena, E. Rotelli, G. Barbarisi, Bologna, Il Mulino, 1982, vol. II: *Cultura e Società*, pp. 491-502.

<sup>20</sup> Cfr. la corrispondenza (CARTEGGI, X, pp. 113-123) di Spallanzani con Toaldo, professore di Astronomia, Geografia e Meteorologia a Padova dal 1762. Su Toaldo, S. CASATI, *Giuseppe Toaldo: la Luna, il Saros e le Meteore*, «Nuncius», 5, n. 1, 1990, pp. 17-42.

<sup>21</sup> Cfr. P. DI PIETRO, *Lazzaro Spallanzani*, cit., pp. 151-152. Johan Gottschalk Wallerius

In più di una lettera Spallanzani manifestò l'intenzione di scrivere una grande opera che riassume in qualche modo i risultati di questo viaggio, sia in campo geologico che marino. Una serie di circostanze (tra le quali l'accusa di aver rubato materiale dal Museo di Pavia) gli impedirono tuttavia di realizzare questo progetto.<sup>22</sup> E mentre egli ebbe in seguito la possibilità di utilizzare le sue ricerche in campo geologico, non riuscì mai a concretizzare in un lavoro di ampio respiro la messe di dati raccolti sulla fauna marina. Così, quando venne a conoscenza che Giuseppe Olivi era in procinto di pubblicare una *Zoologia Adriatica*, Spallanzani espresse il suo risentimento in una lettera del dicembre 1791 indirizzata ad Alberto Fortis: «Io vi ripeto che tal novità mi ha sorpreso, non senza rincrescimento». Non perché, aggiungeva Spallanzani, «abbia mai aspirato ad un soggetto di tanta estensione», ma perché «cotesto dotto Signore si è applicato ad un ramo zoologico, che ha massimamente esercitato la mia industria e la mia diligenza».<sup>23</sup>

D'altra parte Spallanzani non pensava di avere terminato la raccolta di materiale nei vari settori della «storia naturale» con il viaggio a Costantinopoli, poiché riteneva di essere ancora carente in un particolare ambito di ricerca, quello della «Scienza vulcanica». Egli quindi progettò, nel 1788, una spedizione nelle Due Sicilie, che resta in assoluto il viaggio più celebre di Spallanzani.

Nel *Viaggio nelle due Sicilie* anche la chimica diventa protagonista. Anton Maria Vassalli Eandi, uno dei promotori della ricerca scientifica piemontese di fine secolo, scrisse a Spallanzani che il *Viaggio* rappresentava un «nuovo monumento dell'alto suo sapere anche in quella parte della scienza naturale, che pareva più lontana da' suoi studi favoriti, cioè nella chimica», e che «l'amico Giobert» ed altri, «si divorarono tosto quest'opera».<sup>24</sup> Dal canto suo Senebier disse invece di aver ritrovato nel *Viaggio* «l'Autheur des recherches sur la digestion et sur la génération», cioè del «plus grand naturaliste de l'Europe»,<sup>25</sup> e che «l'impression

sottolineò l'importanza dell'analisi chimica in mineralogia, proponendo la prima classificazione chimica dei minerali; cfr. J.G. WALLERIUS, *Minéralogie, ou description générale du regne minéral*, Paris, 1753, 2 voll. (prima edizione svedese 1747). Si veda F. ABBRI, *Le terre*, cit., pp. 55-62; M. BERETTA, *The Enlightenment*, cit., pp. 93-106. Sull'attività chimica e mineralogica di Spallanzani non ha mancato di fermare l'attenzione I. GUARESCHI nella sua *Storia della chimica in Italia dal 1750 al 1800*, Torino, 1910.

<sup>22</sup> Spallanzani riuscì a pubblicare soltanto: *Osservazioni fisiche istituite nell'isola di Citera oggidì detta Cerigo e indirizzate al Sig. Cavalier Lorgna*, «Memorie di Matematica e Fisica della Società Italiana», 3, 1786, pp. 439-464; *Osservazioni sopra alcune trombe di mare formatesi sull'Adriatico il dì 23 agosto 1785*, «Memorie di Matematica e Fisica della Società Italiana», 4, 1788, pp. 473-479. I lavori vennero ristampati negli «Opuscoli scelti sulle Scienze e sulle Arti tratti dagli Atti delle Accademie».

<sup>23</sup> CARTEGGI, IV, p. 428. Su Fortis si veda L. CIANCIO, *Autopsie della terra. Illuminismo e geologia in Alberto Fortis*, Firenze, Olschki, 1995.

<sup>24</sup> CARTEGGI, XI, p. 23 (lettera del 27 luglio 1794).

<sup>25</sup> CARTEGGI, VIII, p. 284 (lettera del 29 settembre 1792).

qu'il fera dans le public sera grande, on sera bien surpris de voir tout a la fois dans le meme moment le Naturaliste du premier ordre, le Chymiste ingenieux, le Zoologiste consommé et le Physicien excellent».<sup>26</sup>

Nell'introduzione al primo volume del *Viaggio*, Spallanzani sottolineava che, per l'esame dei prodotti vulcanici, non ci si poteva più affidare esclusivamente alle «osservazioni del viaggiatore litologo», ma era necessario chiamare «in aiuto gli artifici della chimica». La «chimica» a cui si riferisce Spallanzani è naturalmente quella di Lavoisier, una scienza cioè dotata di straordinarie capacità analitiche e di una chiaro e preciso linguaggio:

La Storia naturale dei Fossili è sì strettamente legata alla Chimica d'oggiorno, e i rapidi e prodigiosi avanzamenti dell'una camminano sì del pari, e sì concordemente con quelli dell'altra, che separar non possiamo la prima dalla seconda senza notevole danno di entrambe.<sup>27</sup>

Nei volumi che contengono il resoconto del viaggio alle Due Sicilie, pubblicati tra il 1792 ed il 1797, Spallanzani si schierò apertamente dalla parte della nuova chimica, adottandone la nomenclatura. Spallanzani aveva grande stima di Lavoisier e della sua opera. In una celebre lettera indirizzata allo scienziato francese nel 1791 (soltanto due anni dopo la pubblicazione del *Traité*), Spallanzani definiva Lavoisier «il primo chimico, che presentemente vanta l'Europa, quegli le cui dottrine sono universalmente seguite da tutti i buoni coltivatori di questa scienza», e lo informava che la «nuova nomenclatura in Chimica, e in Fisica è universalmente abbracciata dalla nostra Università».<sup>28</sup> In realtà, come ha già messo in evidenza Marco Beretta, «Spallanzani falsificava non poco la realtà dei fatti»;<sup>29</sup> basti pensare alle proposte di revisione della nomenclatura lavoisieriana che saranno proposte in quegli anni da Luigi Valentino Brugnatelli proprio a Pavia. Del resto, lo stesso Spallanzani si era consigliato con Senebier prima di utilizzare la nuova nomenclatura nella sua opera, decisione che comunque annunciava a Lavoisier nella stessa lettera del 1791: «e per riguardo a me ne vedrà Ella una pruova nel mio Viaggio alle Due Sicilie, in massima parte vulcanico, che di quì a un anno al più sarà pubblicato».<sup>30</sup>

Successivamente, è storia conosciuta, Spallanzani giocò un importante ruolo nella diffusione del pensiero chimico di Lavoisier. L'episodio più noto è rappresentato dalla pubblicazione dell'opera di chimica pneumatica *Chimico Esame*

<sup>26</sup> CARTEGGI, VIII, p. 299 (lettera del 21 settembre 1793).

<sup>27</sup> L. SPALLANZANI, *Opere*, cit., vol. V, t. II, p. 16.

<sup>28</sup> CARTEGGI, V, p. 291.

<sup>29</sup> M. BERETTA, *Gli scienziati italiani e la rivoluzione chimica*, «Nuncius», 4, n. 2, 1989, p. 132.

<sup>30</sup> CARTEGGI, V, p. 291. L. SPALLANZANI, *Viaggio nelle due Sicilie e in alcune parti dell'Appennino*, in ID., *Opere*, cit., vol. V, t. II. L'escursione all'Etna è stata recentemente ripubblicata: L. SPALLANZANI, *Viaggio all'Etna*, a cura di P. Gasparini, Napoli, CUEN, 1994.

degli esperimenti del Sig. Gottling, «con la quale scendeva apertamente in campo in difesa della teoria di Lavoisier».<sup>31</sup> A questo proposito Giovanni Antonio Giobert, uno dei maggiori promotori della nuova chimica di Lavoisier negli Stati Italiani, scrisse a Spallanzani ringraziandolo per il «doppio servizio alla scienza» reso con questo lavoro, «e insegnandoci nuovi fatti, e arrestando i tentativi di alcuni, che pentiti forse di aver troppo tardi conosciuta la nuova Chimica, vorrebbero vendicarsi con adottarne troppo presto un'altra».<sup>32</sup>

Ma l'interesse di Spallanzani nei confronti dell'opera di Lavoisier in generale, e del saper chimico in particolare, non poteva non risalire, viste le premesse, assai più indietro nel tempo. Era lo stesso Spallanzani a segnalare a Lavoisier, nella lettera del 1791, che «fin da quando Ella si compiacque di confermare la mia esilissima scoperta su la riproduzione della testa nelle lumache» (ciò accadde nel 1768) «cominciai a professarmele grato, e questa mia gratitudine è in me sempre cresciuta in ragione delle utilissime istruzioni, che ho tratte dalla lettura delle sue immortali opere».<sup>33</sup> Fra queste Spallanzani inseriva senz'altro quelle sulla respirazione e la fisiologia animale in generale. Tale interesse può essere dovuto comunque, oltre ai motivi esplicitamente segnalati da Spallanzani, anche a convergenze di ordine metodologico fra i due scienziati.

Spallanzani, come Lavoisier, espresse sempre un chiaro rifiuto nei confronti dei «sistemi» e delle teorie che si richiamavano alle filosofie degli antichi (in particolar modo Aristotele); rifiuto che lo indusse non solo ad allontanarsi dal maestro Vallisneri,<sup>34</sup> ma anche ad essere contrario, ad esempio, ai presupposti metafisici e teologici insiti nella posizione preformista del suo principale referente scientifico dopo la rottura con Vallisneri, ovvero Bonnet. Viceversa proprio dagli ambienti scientifici svizzeri spesso giungeva a Spallanzani il rimprovero di essere carente nel campo della metafisica. A questo proposito, in una lettera ormai famosa, Albrecht von Haller scriveva a Bonnet che le note di Spallanzani alla traduzione italiana della *Contemplation de la Nature* erano «un peu rares pour la partie métaphysique».<sup>35</sup>

<sup>31</sup> F. ABBRI, *Spallanzani e la diffusione delle teorie chimiche di Lavoisier in Italia*, in *Lazzaro Spallanzani e la biologia del Settecento*, a cura di G. Montalenti e P. Rossi, Firenze, Olschki, p. 124. Si veda anche M. BERETTA, *Gli scienziati*, cit., pp. 133-134.

<sup>32</sup> CARTEGGI, V, p. 86 (lettera dell'8 maggio 1797)

<sup>33</sup> CARTEGGI, V, p. 291. Nel 1768 Lavoisier scrisse delle *Observations sur les limaçons*, il cui resoconto venne pubblicato sulla rivista «*Avant-Courer*»; si veda W.A. SMEATON, *L'Avant-Courer. The Journal in which some of Lavoisier's earliest research was reported*, «*Annals of sciences*», 13, 1957, pp. 219-234; cfr. F. ABBRI, *Spallanzani e la diffusione*, cit. pp. 123-124.

<sup>34</sup> Cfr. S. CONTARDI, *op. cit.*

<sup>35</sup> P. DI PIETRO, *La méthode de Spallanzani à travers sa correspondance*, «*Dix-Huitième Siècle*», 23, 1991, p. 98; cfr. *Contemplazione della natura del Sig. Carlo Bonnet. Tradotta in Italiano e corredata di note, e curiose Osservazioni dall'Abate Spallanzani*, Modena, 1769-1770. Si veda anche P. DI PIETRO, *Rapporti tra Lazzaro Spallanzani e gli scienziati svizzeri*, in *Lazzaro Spallanzani e la biologia del Settecento*, cit., pp. 213-224.

Il rifiuto di Spallanzani di utilizzare ipotesi collegate ad istanze di natura metafisica o a sistemi «a priori» non modificabili coinvolgeva tuttavia anche altri campi della filosofia naturale, e proprio nel periodo in cui egli si stava occupando da vicino dei problemi collegati ai temi della generazione e della riproduzione.

Tra la fine del 1776 e l'inizio del 1777 Spallanzani discusse a lungo con Senebier sulla natura del flogisto. Come ha dimostrato Ferdinando Abbri, Senebier propose uno degli innumerevoli concetti di flogisto (che rappresentavano oggetti del tutto diversi fra loro) che popolarono il dibattito chimico del tardo Settecento.<sup>36</sup> Senebier riteneva che nelle dissoluzioni metalliche in acidi, «i metalli liberano flogisto, il quale, combinandosi con gli acidi, li volatilizza, li trasforma cioè in arie».<sup>37</sup>

In una importante lettera del 10 febbraio 1777 Spallanzani criticava l'uso del concetto di flogisto in generale, evidenziando come esso fosse oggetto di troppe, diverse ed ambigue interpretazioni da parte dei vari ricercatori, e metteva in dubbio le conclusioni raggiunte da Senebier. «Voi avrete sempre delle opposizioni», indicava Spallanzani al naturalista ginevrino, senza effettuare una «analisi rigorosa», e «le vostre conclusioni potranno al più *allicere sensum*, per parlare col Verulamio, ma non *cogere*». «Per altro», aggiungeva Spallanzani, «tornando per un momento alla natura del flogisto, a me sembra che esso sia ormai divenuto il Proteo della natura, paragonabile alla materia sottile del Cartesio. E dubito forte che il mal uso derivi dalle definizioni improprie che gli sono state date, e dai fenomeni, a cui non troppo si è voluto applicare».

Le parole di Spallanzani evidenziano come il dibattito chimico verso la fine degli anni '70 del XVIII secolo fosse assai complesso e legato ad argomentazioni estremamente variegate che, a suo avviso, non erano convincenti; per questa ragione, concludeva Spallanzani, «non ci veggio dentro che nebbie, che oscurità, le quali vorrei pure che da qualche fiaccola filosofica venissero se non tolte, almen dileguate».<sup>38</sup>

Abbandonando la metafisica ed i sistemi precostituiti, Spallanzani non intendeva comunque negare l'importanza del ruolo svolto nella ricerca scientifica da teorie, ipotesi, modelli di riferimento o analogie.<sup>39</sup> Spallanzani è stato in asso-

<sup>36</sup> Su questo tema si veda anche F. ABBRI, «Luft Och Eld»: *Carl Wilhelm Scheele e il pensiero chimico del Tardo Settecento*, «Archives Internationales d'Histoire des Sciences», 44, 1994, pp. 309-337.

<sup>37</sup> F. ABBRI, *Le terre*, cit., p. 360.

<sup>38</sup> A questo proposito Spallanzani aggiungeva: «Sarebbe egli sperabile che uscisse cotal fiaccola dal nuovo libro dell'abate Fontana?» Spallanzani si riferiva alle *Recherches physiques sur la nature de l'air nitreux et de l'air dephlogistiqué*, opera pubblicata da Felice Fontana nel 1776 a Parigi. Sull'importanza delle ricerche di Fontana in questo settore: F. ABBRI, *Science de l'air. Studi su Felice Fontana*, Cosenza, Brenner, 1991.

<sup>39</sup> Cfr. W. BERNARDI, *Modelli teorici e criteri di visibilità nella disputa settecentesca tra epi-*

luto uno fra i più straordinari sperimentatori della storia della scienza (pare ad esempio che per gli studi sulla respirazione abbia effettuato circa dodicimila esperimenti) e gli aspetti tecnici e sperimentali della sua attività sono certamente quelli che più risaltano agli occhi del lettore delle sue opere a stampa, nonché dei quaderni di laboratorio. Ma la sua attività non fu certo una passiva raccolta di dati. Come ha scritto lucidamente Walter Bernardi, «anche Spallanzani non sfugge ai condizionamenti di un orizzonte storico che continua a ritenere necessario, nonostante il rifiuto dell'*esprit de système*, un raccordo tra esperienza e teoria, tra l'osservazione e un complesso di referenti ideali che soli possono conferirle unità e significato, nonché adeguate garanzie epistemologiche».<sup>40</sup>

In una lettera del 15 marzo 1778 a Gherardo Rangone, Spallanzani sottolineava che per progredire nella ricerca non bastava «avere trovato de' fatti», ma era necessario essere dotati di «spirito filosofico per sapere analizzare questi fatti, ravvicinarli, paragonarli fra loro, dedurne le più dirette conseguenze».<sup>41</sup> Per applicare tale «spirito filosofico» Spallanzani necessitava di alcuni punti teorici di riferimento che si presentassero non come dogmi incontrovertibili, ma fossero strutturati come sistemi aperti, fondati su basi analitiche, suscettibili di essere modificati o, addirittura, abbandonati, se i dati sperimentali non avessero offerto prove convincenti a sostegno. Indubbiamente preformismo e nuova chimica possedevano queste peculiarità per Spallanzani, e non è certo un caso che «i preformisti erano infatti generalmente anche sostenitori della nuova chimica di Lavoisier».<sup>42</sup>

La teoria di Lavoisier non intendeva più parlare dell'esistenza di principi metafisici e qualitativi assunti come assiomi né della possibilità di determinare quali fossero le particelle ultime della materia (nelle quali comunque credeva), ma riteneva necessario indicare, come momento provvisorio della ricerca, soltanto quali erano le sostanze semplici determinabili sperimentalmente. Così «la preesistenza "invisibile" del germe», nelle parole di Bernardi, «si configurava sempre più come un velo gettato su una realtà inaccessibile all'uomo, per impedire alla ragione di immaginare "romanzi filosofici" sull'origine delle cose e costringerla a rimanere sull'unico terreno possibile per le sue capacità: quello dei fenomeni visibili dello sviluppo embrionale».<sup>43</sup>

*genisti e preformisti*, «Bollettino Filosofico dell'Università della Calabria», 7, sez. I, 1987, pp. 31-43. Sul ruolo di analogie, ipotesi e modelli nella scoperta scientifica, e sulle loro trasformazioni storiche, P. ROSSI, *Le similitudini, le analogie, le articolazioni della natura*, in ID., *I ragni e le formiche. Un'apologia della storia della scienza*, Bologna, Il Mulino, pp. 119-159.

<sup>40</sup> W. BERNARDI, *Per una riconsiderazione filosofica dell'Illuminismo italiano*, «Intersezioni», 7, 1987, p. 361.

<sup>41</sup> CARTEGGI, VII, pp. 24-26.

<sup>42</sup> W. BERNARDI, *Per una riconsiderazione*, cit., p. 366.

<sup>43</sup> W. BERNARDI, *Modelli*, cit., p. 42.



L'indagine analitica, dal complesso al semplice, poteva essere condotta, sia in campo embriologico che chimico, con lo strumento dell'analogia, che ormai aveva, secondo le indicazioni provenienti dalla filosofia di Condillac, e dai vari contributi offerti sul tema da d'Alembert (in particolare il *Discours préliminaire*), un semplice valore indicativo, ma non dimostrativo.<sup>44</sup>

Non c'è dubbio che Spallanzani sia stato in questo senso un grande scienziato analitico,<sup>45</sup> e non soltanto in campo embriologico. «Studio attualmente le materie vulcanizzate, come per l'addietro studiava gli animali», scriveva Spallanzani in una lettera a Leopoldo Caldani del 20 aprile 1789.<sup>46</sup> Ma in questo campo, e in particolare su questioni specifiche, quali l'analisi chimica delle lave, le ipotesi e le congetture sembravano diventare assolutamente indispensabili: «Qui», avrà modo di dire a Senebier in una lettera del 12 marzo 1790, «siamo in materie difficilissime, e ben diverse dalle osservazioni, e sperienze sugli animali. Qui il più delle volte giuochiamo tutti ad indovinarla, e volesse Iddio che la indovinassimo. A me sembra che in materia il miglior partito sia quello di pesare bene i gradi delle verosimiglianze e delle probabilità, e di non lasciarsi mai scappare di mano il prezioso filo della logica».<sup>47</sup>

Ecco quindi che il giudizio di Spallanzani sulle ricerche chimiche di Priestley diventa molto meno sorprendente, anzi, del tutto comprensibile: «lo trovo sempre uguale a se stesso. A me sembra fatto per osservare, e sperimentare, non già per far teorie sensate e dritte».<sup>48</sup>

L'implicito richiamo a Galilei e alla sua eredità non rappresenta certo un'eccezione nella cultura scientifica degli Stati italiani del '700. Ma nell'opera di Spallanzani a favore della scienza moderna si intrecciano varie e diverse posizioni filosofiche e programmi di ricerca. Da un empirismo di matrice lockiana (assai diffuso in quegli anni), rivisto e corretto alla luce dei precetti di Condillac (che non dimentichiamo fu a Parma tra il 1758 ed il 1767), e probabilmente anche di Bonnet, a una tradizione di sperimentalismo secondo la quale la costruzione dell'enciclopedia del sapere, prospettata a suo tempo da Bacone, poteva

<sup>44</sup> Cfr. W. TEGA, *Meccanicismo e scienze della vita nel tardo Settecento*, «Rivista di Filosofia», 62, 1971, pp. 155-176. Si anche W. TEGA, *L'«Encyclopédie» contro il sistema*, in ID., *Arbor Scientiarum. Enciclopedia e sistemi in Francia da Diderot a Comte*, Bologna, Il Mulino, 1984, pp. 13-111; P. GALLUZZI, *La storia della scienza dei 'philosophes'*, «Intersezioni», 9, 1989, pp. 415-433. Su questi temi mi permetto anche di rimandare al mio libro *L'atomo fantasma. Genesi storica dell'ipotesi di Avogadro*, Firenze, Olschki, 1995.

<sup>45</sup> Cfr. S. CONTARDI, *op. cit.*, p. 76.

<sup>46</sup> CARTEGGI, III, p. 255.

<sup>47</sup> CARTEGGI, VIII, p. 222.

<sup>48</sup> CARTEGGI, VIII, p. 332 (lettera del 28 ottobre 1794). È interessante notare come Needham, epigenista, rifiutò completamente l'uso delle analogie, cfr. W. TEGA, *Meccanicismo*, cit., p. 173.

essere portata avanti non soltanto attraverso una ordinata raccolta di fatti, ma anche con i ragionamenti e le ipotesi.

Ma il terreno filosofico sul quale si mosse Spallanzani e che si nasconde all'ombra delle sue ricerche è ancora tutto da mettere in luce.<sup>49</sup>

<sup>49</sup> Per un quadro degli studi sulla scienza italiana nell'età dell'Illuminismo, cfr. P. CASINI, *Illuminismo e scienze in Italia. Per un bilancio di dieci anni di storia della scienza sul secolo XVIII*, «Rivista di Filosofia», 82, n. 3, 1991, pp. 455-475; Id., *Biografia, Scienza e Illuminismo*, in *Le biografie scientifiche*, a cura di A. La Vergata, «Intersezioni», 15, n. 1, 1995, pp. 23-40.

RAFFAELLA SELIGARDI (\*)

## Uno «sgraziato Esopo»: alcune reazioni italiane alla teoria del calorico di Lavoisier (\*\*)

**Summary** - A fundamental role in the diffusion of the new Lavoisian chemistry was played by the reactions to his caloric theory. In spite of the hypothesis connotation given to this fluid, the caloric theory involved all others aspects of the Lavoisian innovations. All the scientists interested in chemistry had to face with this «hypothesis»: the problem, in fact, was not only to accept the existence of caloric, but to accept the physical and, most of all, chemical consequences this theory involved, and that Lavoisier systematised in the *Traité*.

The analysis of the works of scientists' Vincenzo Dandolo, Luigi Valentino Brugnattelli, Giovanni Antonio Giobert and Ermenegildo Pini works shows us the different perplexities and motivations that moved this authors not to accept acritically the the *Traité* content, but to face with it and propose, in some occasions, alternative models of theory interpretation.

### 1. Introduzione: la teoria del calorico di Lavoisier

La teoria del calorico di Lavoisier comincia a delinearsi nei suoi aspetti fondamentali già dal 1777. Nei primi mesi di questo anno, infatti, Lavoisier aveva iniziato una collaborazione con Pierre-Simon de Laplace (1749-1827) per compiere esperimenti sulla vaporizzazione dei fluidi.<sup>1</sup> In seguito a questi esperimenti Lavoisier si convinse che i gas sono composti da una sostanza che funge da «base», cioè l'elemento, combinata con la materia del fuoco; teoria, questa, che non abbandonò più e che generò, come vedremo, qualche perplessità. Un altro

(\*) CIS - Centro Internazionale per la Storia delle Università e della Scienza, Università di Bologna.

(\*\*) Relazione presentata al VI Convegno Nazionale di «Storia e Fondamenti della Chimica» (Cagliari, 4-7 ottobre 1995).

<sup>1</sup> H. GUERLAC, «Chemistry as a branch of physics: Laplace's collaboration with Lavoisier», in *Historical studies in the physical sciences*, vol. 7, 1976, p. 197.

risultato importante raggiunto dai due scienziati fu la constatazione che lo stato della materia dipende anche dalla pressione cui essa è soggetta.<sup>2</sup>

Nel *Mémoire sur la combustion en général*, letto all'Académie des Sciences il 12 novembre 1777 e pubblicato nel 1780, Lavoisier espone questi risultati ottenuti insieme a Laplace. Egli parla della «materia del fuoco», che agisce come dissolvente nei confronti dell'aria:

(...) l'aria è composta, secondo me, dalla materia del fuoco quale dissolvente, combinata con una sostanza che le serve da base e che in qualche modo la neutralizza: tutte le volte che si presenta a questa base una sostanza con la quale ha maggiore affinità, essa lascia il suo dissolvente e perciò la materia del fuoco riprende i suoi diritti, le sue proprietà e riappare ai nostri occhi con luce, fiamma e calore.<sup>3</sup>

Aggiunge che la materia del fuoco ha la «proprietà di porsi in equilibrio con tutti i corpi vicini»<sup>4</sup> e che lo stato in cui si trova la materia dipende

(...) soltanto dalla quantità più o meno grande di materia del fuoco da cui i corpi sono penetrati e con la quale sono combinati. La fluidità, la vaporizzazione, l'elasticità sono le proprietà caratteristiche della presenza del fuoco e di una grande abbondanza di fuoco; la solidità, la compattezza sono invece le prove della sua assenza.<sup>5</sup>

Tra il 1781 e il 1784 ebbe luogo una seconda collaborazione tra Lavoisier e Laplace, durante la quale venne messo a punto uno strumento fondamentale: il calorimetro a ghiaccio, che permise di misurare il calore specifico delle sostanze. I risultati degli esperimenti svolti in questo periodo furono esposti nel *Mémoire sur la chaleur*, letto all'Académie il 18 e il 25 giugno 1783 e pubblicato lo stesso anno. In questo *Mémoire* sono compresenti le due teorie rivali sul calorico: quella dei fisici, per cui il calorico è il risultato del moto delle particelle che compongono i corpi, e quella dei chimici, per cui il calorico è un fluido. Lavoisier e Laplace scrivono di non voler decidere tra le due teorie perché portano entrambe agli stessi risultati.<sup>6</sup>

Nelle *Réflexions sur le phlogistique*, lette all'Académie il 28 giugno e il 13 luglio 1785 e pubblicate nel 1786 Lavoisier parla ancora una volta del calorico:

(...) questo fluido si sistema, senza dubbio, tra le particelle dei corpi, le separa ed occupa lo spazio che sussiste tra di loro. Con un gran numero di fisici chiamo questo fluido, qualunque cosa esso sia, fluido igneo, materia del calore e del fuoco.

Io non nego che l'esistenza di questo fluido non sia, sino ad un certo punto, ipotetica; ma supponendo che si tratti di un'ipotesi, non rigorosamente provata, è la sola ipotesi alla quale devo far ricorso.<sup>7</sup>

<sup>2</sup> *Ibidem*, pp. 207-209.

<sup>3</sup> A.L. LAVOISIER, *Memorie scientifiche. Metodo e linguaggio della nuova chimica*, Theoria, Roma 1986, p. 77.

<sup>4</sup> *Ibidem*.

<sup>5</sup> *Ibidem*.

<sup>6</sup> H. GUERLAC, «Chemistry as a branch of physics ...», *cit.*, pp. 244-246.

<sup>7</sup> A.L. LAVOISIER, *Memorie scientifiche ...*, *cit.*, pp. 111-112.

Inoltre Lavoisier espone la teoria della vaporizzazione in modo più rigoroso e generale. I corpi sono soggetti a tre forze: quella repulsiva del calore, quella attrattiva delle loro particelle costituenti, e quella esercitata dal peso dell'atmosfera. In questa memoria definisce poi il calore libero, quello combinato, quello specifico e quello sensibile:

Chiamerò fuoco combinato, calore combinato la parte che è unita a un corpo in modo tale che non le può essere sottratta senza scomporlo; (...) Designerò con il nome di calore libero tutto il calore che non è impegnato in una combinazione. (...) chiamerò calore specifico la quantità di calore libero necessario per elevare la temperatura di un corpo qualsiasi di un certo numero di gradi.<sup>8</sup>

A proposito del calore sensibile, Lavoisier distingue tra calore e temperatura: il calore è un fluido, mentre la variazione di temperatura (il calore sensibile) «non annuncia dunque che uno spostamento della materia del calore»,<sup>9</sup> che viene percepito dai sensi. Infine distingue tra ignizione, infiammazione e detonazione come manifestazioni diverse del fenomeno della combustione.<sup>10</sup>

La prima parte del *Traité élémentaire de chimie*, pubblicato nel 1789, si apre con la descrizione dell'attività molecolare: Lavoisier ribadisce che le molecole sono tenute insieme dalla forza attrattiva, ma il calore ha la proprietà di farle allontanare. Per quanto riguarda la materia del calore, scrive Lavoisier, si tratta

(...) d'una sostanza reale e materiale, d'un sottilissimo fluido, che s'insinua per mezzo alle molecole di tutti i corpi, e che le allontana; e supponendosi ancora che l'esistenza di questo fluido sia una ipotesi, si vedrà poi, ch'essa spiega con ogni facilità i fenomeni della Natura.

Essendo questa sostanza, qualunque essa siasi, la causa del calore; o per usar altri termini, essendo la sensazione che noi chiamiamo calore, l'effetto dell'accumulazione di questa sostanza, questa non si può, in una lingua rigorosa, indicare col nome di calore, perché la stessa denominazione non può esprimere la causa e l'effetto. Questo appunto mi aveva determinato nella Memoria che pubblicai nel 1777<sup>11</sup> (*Raccolta dell'Accademia* pag. 420) ad indicarla sotto il nome di fluido *igneo*, e di materia del calore.

(...) noi non siamo obbligati a supporre, che il calorico sia una materia reale: basta (...) che questo sia una causa ripulsiva qualunque, che allontana le molecole della materia, e si possano quindi ravvisarne gli effetti in una maniera astratta e matematica.<sup>12</sup>

Egli poi descrive i tre stati in cui si può presentare la materia, ed i processi di riscaldamento e raffreddamento che determinano i passaggi dall'uno all'altro stato. Lavoisier distingue dunque il calorico dal calore come la causa dall'effetto;

<sup>8</sup> *Ibidem*, pp. 114-115.

<sup>9</sup> *Ibidem*, p. 116.

<sup>10</sup> *Ibidem*, p. 120.

<sup>11</sup> Si tratta del *Mémoire sur la combustion en général*.

<sup>12</sup> A.L. LAVOISIER, *Trattato elementare di chimica. Presentato in un ordine nuovo dietro le scoperte moderne; con figure. Recato dalla Francese nell'Italiana favella da Vincenzo Dandolo veneto*, Venezia 1792 (2° ed.), per i tipi di Antonio Zatta, pp. 41-43.

esso è il corpo più elastico esistente in natura, si può misurare, ma non è attingibile allo stato puro.

Inoltre espone il concetto di «capacità dei corpi per contenere la materia del calore»<sup>13</sup> e definisce il calorico nelle sue varie manifestazioni: libero, combinato, specifico, sensibile.<sup>14</sup>

## 2. Vincenzo Dandolo (1758-1819)

Vincenzo Dandolo è uno dei personaggi più importanti del panorama chimico italiano. Nato a Venezia, seguì i corsi di Marco Carburì all'università di Padova, e impiantò una farmacia nella sua città natale. La sua traduzione del *Traité*, oltre che di altre opere di membri della *côterie* antiflogistica, è importante in quanto corredata di note del Dandolo stesso, nelle quali egli espone critiche e commenti nei confronti della nuova teoria chimica.

L'approccio del Dandolo alla chimica del Lavoisier è attento e scrupoloso: egli evidenzia tutte le contraddizioni dello scienziato francese, e molte delle sue note sono di carattere fisico, soprattutto in merito alla teoria del calorico, che Dandolo da buon newtoniano fa fatica ad accettare. Già nella lettera «al lettore» che apre il *Trattato* infatti lamenta che

(...) la Chimica ha spesso bisogno della Fisica, ed io bramerei ardentemente che il nostro Autore fosse sì grande in questa, come lo è in quella.<sup>15</sup>

Come abbiamo visto, Lavoisier si cautela scrivendo che il calorico si può considerare solo un'ipotesi, ma Dandolo non ha nessun dubbio sull'esistenza di questo elemento.<sup>16</sup> Nel *Trattato* Lavoisier espone inoltre i limiti a cui è giunta la ricerca; tuttavia, secondo Dandolo, egli azzarda troppe congetture o trae conclusioni non coerenti. Vediamo alcuni esempi.

Come conseguenza della proprietà del calorico di allontanare i corpi, Lavoisier scrive:

Ma siccome noi siamo ben lungi dal poter ottenere un grado di freddo assoluto; e non conosciamo grado alcuno di raffreddamento che non si possa supporre capace di essere aumentato, ne risulta, che noi non siamo giunti ancora a ravvicinare, per quanto sarebbe possibile, le molecole d'alcun corpo, e che per conseguenza le molecole d'alcun corpo non si toccano in Natura (...).<sup>17</sup>

<sup>13</sup> *Ibidem*, pp. 62-63.

<sup>14</sup> *Ibidem*, pp. 66 ss.

<sup>15</sup> *Ibidem*, p. 2.

<sup>16</sup> Nella nota 33 al *Trattato* Dandolo scrive che questo fluido esiste perché quando un corpo si raffredda si vede un moto ondulatorio nell'aria che lo circonda: è il calorico che esce dal corpo per equilibrarsi coi fluidi circostanti.

<sup>17</sup> A.L. LAVOISIER, *Trattato ...*, cit., pp. 35-36.

Ma secondo Dandolo da ciò non segue che

dai freddi che noi conosciamo, esse non si tocchino in qualche punto, essendovi privazione *parziale* di calorico. Dunque resta ancora da provarsi dall'Autore che il calorico sia l'unica causa onde le molecole dei corpi non si possano toccare nemmeno in qualche punto.<sup>18</sup>

Il grosso problema di Dandolo è costituito dal tipo di interazione tra le due forze, attrattiva e repulsiva. In primo luogo, se quella repulsiva ha per causa il calorico, quella attrattiva ha causa ignota; dunque Lavoisier ammette due forze indipendenti l'una dall'altra, ipotesi che non è appoggiata né dai fenomeni né dall'«esatto raziocinio». Dandolo ammette solo l'attrazione e ipotizza che la repulsione stessa potrebbe essere un effetto dell'attrazione medesima, che agisce sotto circostanze ignote.<sup>19</sup> In secondo luogo, Lavoisier scrive che se prevale l'attrazione un corpo è solido, viceversa esso cessa di essere solido. Dandolo ribatte che in caso di equilibrio perfetto tra le forze il corpo non sarà né solido (lo stato solido comprende anche i corpi molli) né fluido (liquido o gassoso), ma questo non si dà, quindi la teoria di Lavoisier è «incoerente con le leggi della Natura».<sup>20</sup>

Infine, Lavoisier azzarda un'ipotesi:

Sembrerebbe forse più naturale il supporre, che le molecole del calorico s'atraggono più fra loro, che le molecole dei corpi, e che quelle non allontanino queste se non se per obbedire alla forza di attrazione che le obbliga a riunirsi.<sup>21</sup>

A questo punto Dandolo riassume le sue critiche in una lunga nota che riportiamo per esteso:

L'autore da principio (pag. 37) ha definito l'attrazione per l'unica forza che tenda a riunire fra loro le molecole dei corpi, le quali però non si possono giammai toccare in niun punto (pagg. 68, 69) per la forza ripulsiva ch'esercita perpetuamente il calorico disperso fra loro. Dunque la forza d'attrazione non opera che sulle molecole dei corpi e non su quelle del calorico. Ora poi egli suppone che la repulsione del calorico nasca dalla violenza con cui s'atraggono le sue molecole. Dunque per ammetter la forza repulsiva fra le molecole del calorico, egli ha bisogno di valersi della forza di attrazione precedentemente esclusa fra queste molecole. Dunque tanto la spiegazione della coesione dei corpi, quanto la forza ripulsiva del calorico non sono che mere ipotesi. Oltre di che la forza d'attrazione delle molecole del calorico tende ella allo stesso punto che la forza d'attrazione fra le molecole dei corpi? Se sì; dunque toccandosi le molecole del calorico per l'attrazione e divenendo nei contatti repulsive, anche le molecole dei corpi si debbono toccare e restare unite, poichè ne' loro contatti non sono secondo l'Autore repulsive. Se no; dunque la legge dell'attrazione delle molecole del calorico è di tendere a un punto diverso da quello a cui tendono le molecole dei corpi, il che introduce una nuova ipotesi nell'attrazione medesima. Quante ipotesi per sostenerne una sola!<sup>22</sup>

<sup>18</sup> *Ibidem*, nota 26.

<sup>19</sup> *Ibidem*, pp. 37-38 e nota 28.

<sup>20</sup> *Ibidem*, nota 30.

<sup>21</sup> *Ibidem*, p. 73.

<sup>22</sup> *Ibidem*, nota 66 (nota 62 della 1° edizione, 1791).

Le critiche del Dandolo muovono dal fatto che Lavoisier considera il calorico un fluido; ma se esso è un fluido, deve essere composto di materia, cioè di particelle. Come rendere conto allora del comportamento di queste particelle? La fisica di Lavoisier a questo proposito è molto debole e azzardata e Dandolo, puntualmente, lo fa notare.

Nel 1794 Dandolo scrisse i *Fondamenti della scienza chimico-fisica applicati alla formazione de' corpi ed ai fenomeni della natura*, opera che pubblicò nel 1795 a Venezia, sotto forma di dizionario. Per quanto riguarda il calorico egli è qui più vicino a Lavoisier, rispetto alle note del *Trattato*: questo fluido è una sostanza che agitandosi ci dà la sensazione di calore; tende sempre all'equilibrio; penetrando nei corpi ne allontana le molecole; non ha peso sensibile, per cui aumenta il volume dei corpi senza aumentarne il peso.<sup>23</sup>

Questo avvicinamento al pensiero dello scienziato francese è dovuto al fatto che il *Trattato* e i *Fondamenti* sono opere strutturalmente diverse e con diversi obiettivi. I *Fondamenti* sono un'opera di consultazione, un prontuario da tenere a portata di mano: essi dunque non devono dare adito a dubbi ma dare delle risposte. Il *Trattato*, invece, si presenta come un'opera che pretende di sistematizzare tutte le conoscenze raggiunte dalla scienza chimica al momento. In un'opera simile necessariamente sono compresi anche i limiti a cui la ricerca è arrivata, ma secondo Dandolo non si devono azzardare troppe congetture, e se si fanno ipotesi bisogna fondarle su basi accertate. Per il veneziano Lavoisier non rispetta la massima di «procedere dal noto all'ignoto» e così facendo si avventura su un terreno che non gli è congeniale.

### 3. Luigi Valentino Brugnatelli (1761-1818)

Brugnatelli studiò medicina a Pavia sotto la guida di Giovanni Antonio Scopoli e Lazzaro Spallanzani. Oltre che per la sua attività scientifica, egli è importante per la sua fervente attività editoriale. L'importanza dei periodici creati da Brugnatelli fu la loro funzione di teatro privilegiato nello svolgimento del dibattito sulla nuova chimica e sui suoi vari aspetti, soprattutto negli anni 1794-1795.

Il periodico di gran lunga più importante fu rappresentato dagli *Annali di chimica*, nati sul modello delle *Annales de Chimie* di Lavoisier, e dei *Chemische Annalen* di Lorenz Crell; questo periodico uscì in 22 volumi dal 1795 al 1805.

Inoltre Brugnatelli propose a sua volta una riforma della nomenclatura chimica perché riteneva insufficiente quella proposta dai francesi; tuttavia, nonostante egli pubblicasse tutte le sue opere usando la propria nomenclatura, essa

<sup>23</sup> V. DANDOLO, *Fondamenti della scienza chimico-fisica applicati alla formazione de' corpi ed ai fenomeni della natura*. Venezia, presso Antonio Curti, 1795, pp. 70-72.



non ebbe per niente successo fuori dall'Italia, e scarso successo in patria, per motivi che esulano da questa trattazione.

Nel 1794 Brugnatelli pubblicò sugli *Annali* una memoria sul calorico,<sup>24</sup> poi ristampata nel 1795 come quarto capitolo della sua opera *Elementi di chimica*.<sup>25</sup> Brugnatelli definisce il calorico come

(...) un fluido sottilissimo invisibile d'una elasticità estrema, sparso per tutto l'Universo, che penetra tutti i corpi con più o meno facilità, e tende continuamente a mettersi in equilibrio. I Fisici riguardano il calorico come un fluido senza peso; perché niuno strumento finora lo ha indicato.<sup>26</sup>

Esso viene ulteriormente distinto in:

- calorico *combinato chimicamente* ai corpi, cioè l'elemento calorico; questo è responsabile della formazione dei gas;
- calorico *latente*, responsabile della dilatazione dei corpi e della formazione dei fluidi non permanentemente elastici;
- calorico *specifico*, cioè quello che un dato corpo può contenere;
- calorico *libero*, quello che produce in noi la sensazione di calore.

Ai capitoli 11-13 tratta dei gas. L'ossigeno viene chiamato termossigeno, perché nella sua decomposizione si formano calorico e ossigeno.

Nel 1798 Brugnatelli pubblicò sugli *Annali delle Riflessioni intorno alle differenze che passano tra l'ossigeno, e il termossigeno*,<sup>27</sup> in cui cercò di chiarire meglio i presupposti che lo portarono a scegliere questo nuovo nome: «per *termossigeno* intendo la base dell'aria pura dell'atmosfera o *deflogisticata* degli antichi in stato concreto». <sup>28</sup> Questa base è composta a sua volta di ossigeno e di calorico in stato concreto.

Il calorico in stato concreto va distinto dal calorico che si impiega per portare la stessa base allo stato di gas: in questo caso si chiama

(...) *calorico irradiante* o fondente, mentre il calorico combinato all'ossigeno è calorico *concreto componente* la base dell'aria pura dell'atmosfera. Quando questa base è convertita in gas, lo chiamiamo *gas termossigeno* a motivo che nelle sue combinazioni può generare calorico e ossigeno astrazione fatta dal calorico fondente. Il calorico è pertanto rispetto al gas termossigeno ciò che l'acqua è relativamente ai sali cristallizzabili.<sup>29</sup>

Per capire meglio cosa significhi tutto ciò è bene ricordare che anche La-

<sup>24</sup> L.V. BRUGNATELLI, «Memoria sopra il calorico», in *Annali di chimica*, vol. 5, 1794, pp. 238-270.

<sup>25</sup> ID., *Elementi di Chimica appoggiati alle più recenti scoperte chimiche e farmaceutiche*, Pavia, presso Baldassarre Comino. Con privilegio, 1795.

<sup>26</sup> L.V. BRUGNATELLI, *Elementi di Chimica...*, cit., p. 47.

<sup>27</sup> *Annali di Chimica*, vol. 15, 1798, pp. 165-189.

<sup>28</sup> *Ibidem*, p. 166.

<sup>29</sup> *Ibidem*, pp. 166-167.

voisier intende i gas come composti 1) dalla base da cui prendono il nome, cioè l'elemento (per esempio ossigeno, idrogeno, ecc.), e 2) dal calorico, che viene inteso come elemento, per cui è in grado di unirsi chimicamente ai corpi. In altri termini: il calorico, unendosi alla base dell'elemento, lo porta allo stato gassoso.

Inoltre, secondo Brugnatelli, «l'ossigeno è un principio componente la base dell'aria pura dell'atmosfera priva affatto di calorico». Unito alle basi acidificabili forma gli ossici (acidi), mentre il termossigeno può formarli solo se perde calorico concreto; solo in questo caso fa le funzioni dell'ossigeno. Da qui è evidente che ossigeno e termossigeno sono due oggetti distinti. Il termossigeno è di nuova formazione quando nella calcinazione (ossidazione dei metalli) l'ossigeno si unisce al calorico per formare il termossigeno necessario alla combustione dei metalli; il termossigeno «bell'è formato» può essere in due stati: gassoso e concreto.

Questo tentativo di chiarificazione da parte di Brugnatelli complica ancora di più la sua teoria, perché ora l'elemento ossigeno si può trovare a tre livelli:

- ossigeno, come semplice base, non unito ad alcun tipo di calorico;
- termossigeno concreto, formato da ossigeno e calorico concreto;
- termossigeno gassoso, formato da termossigeno concreto e calorico fondente.

Brugnatelli seguì alla lettera il concetto lavoisieriano di «base» di un composto, ma esagerò nell'entusiasmo, perché assegnò anche al calorico la sua base; fu costretto così ad inventare altri tipi di calorico che unendosi alla base di esso giustificassero gli effetti di questo fluido. Per lui, come per molti altri scienziati, la teoria di Lavoisier era difettosa, e come molti altri scienziati si rendeva conto del nesso strettissimo che c'era tra nuova teoria e nuova nomenclatura: riformare questa significava dunque riformare quella.

Purtroppo Brugnatelli si appoggiò ad una teoria errata, cioè quella del termossigeno. Questa fu una scelta sbagliata, perché veniva meno al principio di economia: la teoria di Lavoisier spiegava tutto con due soli elementi, l'ossigeno ed il calorico; quella di Brugnatelli, con le sue distinzioni di uno stesso elemento in concreto, fondente, combinato, ecc., finiva per diventare estremamente complicata e difficile da giustificare.

#### 4. Giovanni Antonio Giobert (1761-1834)

Nativo della provincia di Asti, compì gli studi privatamente, con un precettore esperto in fisica, poi entrò come allievo in una farmacia di Asti e di qui nella farmacia Cauda di Torino, che lasciò verso il 1786 per dedicarsi solamente agli studi scientifici. Nel 1789 divenne membro dell'Accademia delle Scienze di Torino, e nel 1800 ebbe la cattedra di Chimica applicata alle Arti all'Università di quella città. Dal 1791 iniziò a pubblicare a Torino gli *Annali di economia rurale, civile e domestica*, sui quali egli stampava soprattutto memorie di chimica

agricola. La sua attività scientifica fu soprattutto sperimentale: analizzò le acque minerali e varie sostanze chimiche dal punto di vista della loro possibile applicazione industriale, soprattutto in tintoria.

La sua opera principale, in merito alla nuova chimica, è rappresentata dalla memoria *Examen chimique de la doctrine du phlogistique, et de la doctrine des pneumatistes par rapport à la nature de l'eau*,<sup>30</sup> letta all'Accademia delle Scienze di Torino il 18 marzo 1792, in cui prendeva le parti della nuova chimica dopo un attento esame dei fenomeni di scomposizione e ricomposizione dell'acqua.

Ma nel 1795 Giobert scrive<sup>31</sup> che si è un po' discostato dalla teoria dei *pneumatistes* per quanto riguarda l'acqua: essi infatti dicono che essa è composta dalla base del gas ossigeno + la base del gas idrogeno, mentre Giobert sostiene che essa è composta dal gas idrogeno + gas ossigeno. Nello stesso anno si legge in proposito sugli *Opuscoli scelti* questa pagina di Giobert:

Io mi sono scostato (...) dalla maniera con cui sogliono i Pneumatici esprimersi, non per altro, se non perché non posso persuadermi, che nella combustione dell'aria vitale e del gas idrogeno, per cui ne risulta dell'acqua, il calorico assoluto di queste arie venga dalla loro base ad essere separato completamente. E diffatti se ciò addivenisse, oltreché prendendo la somma del calorico assoluto dei due gas, ne dovrebbe risultare nella loro infiammazione un calor sensibile più considerevole assai di quello, che si osserva, ne verrebbe ancora per necessaria conseguenza, che l'acqua che si produce dovrebbe essere affatto priva di calorico assoluto: e noi sappiamo al contrario, che anche in istato di ghiaccio l'acqua contiene una quantità di calorico assoluto molto considerevole. Dalle quali circostanze mi è sembrato essere forza di ammettere, che sebbene la capacità dell'acqua non sia tale da assorbire tutto il calorico dell'aria vitale, e del gas idrogeno, da cui risulta, tuttavia non è altrimenti esatto dire che l'acqua sia un composto di ossigene, e di idrogeno spogliati affatto del loro calorico.<sup>32</sup>

Le critiche mosse da Giobert sono comuni a molti scienziati italiani. La loro importanza sta nel fatto che derivano da una attenta analisi sperimentale, nonostante la penuria di mezzi e apparati che Giobert aveva a disposizione.

## 5. Ermenegildo Pini (1739-1825)

Nato a Milano, a 17 anni entrò nell'ordine dei Barnabiti e nel 1760 si recò a Roma per studiare teologia. Nel 1766 Maria Teresa d'Austria lo chiamò a insegnare matematica alle Scuole Arcimboldiche di Milano, e quando istituì nel

<sup>30</sup> In *Mémoires de l'Académie Royale des Sciences de Turin*, 1793, pp. 299-342.

<sup>31</sup> G.A. GIOBERT, «Lettera del sig. Giobert al sig. Cavaliere Lorgna», in *Annali di Chimica*, vol. 5, 1794, pp. 224-247.

<sup>32</sup> «Appendice» al «Transunto della dissertazione del P. D. Ermenegildo Pini sulla natura dell'acqua», in *Opuscoli scelti sulle scienze e sulle arti*, vol. 17, 1794, pp. 400-401. Questa Appendice è presa da una lettera di Giobert a Anton Maria Lorgna (1735-1796), pubblicata a Torino, per Giacomo Fea, nel 1794.

1772 il museo e la cattedra di storia naturale lo volle come direttore e professore. Pini conservò questo incarico fino al 1812. Viaggiò attraverso l'Italia, la Francia, la Germania e la Svizzera, e raccolse numerosi materiali per il museo.

L'opera di Pini che qui esamineremo si intitola *Osservazioni sulla nuova teoria, e nomenclatura chimica come inammissibile in mineralogia*<sup>33</sup> (1792). Successivamente, Pini pubblicò anche un volumetto *Sulla metachimica, ossia sulla nuova teoria e nomenclatura chimica*,<sup>34</sup> sotto forma di lettera a Marco Carburi (1731-1808), per rispondere alle obiezioni che il veronese Giuseppe Tomaselli (1733-1818) aveva mosso alle sue *Osservazioni*.

Il problema di Pini è che non riesce ad accettare che da due corpi di una certa natura (aria) se ne possa ottenere uno di natura completamente diversa (acqua). I Metachimici, come Pini chiama i lavoisieriani, in analogia con ciò che è la metafisica rispetto alla fisica, risolvono il problema in termini di sottrazione di calorico, che fa cambiare di stato ai corpi, ma, poiché lo considerano imponderabile, vanificano l'uso della bilancia. E aggiunge che

(...) nel fissare l'idea del calorico non sono meno indeterminati di quel che fossero gli Stahliani nel determinare il flogisto.<sup>35</sup>

Nel secondo capitolo, intitolato *Come le esperienze, da cui deducesi la composizione, e la risoluzione dell'acqua, si spieghino, ritenendo l'acqua come semplice sostanza*, Pini elabora meglio questa concezione. Egli suppone due tipi di calorico, che definisce meglio più avanti: il *flogico* ed il *termio*, da cui si ha:

acqua + flogico  $\longleftrightarrow$  gas infiammabile

acqua + termio  $\longleftrightarrow$  aria vitale.

In questo modo l'acqua risulta essere un elemento semplice, e il calorico le fa solamente cambiare di stato, non di natura: il «gasso infiammabile o idrogeno» è acqua ridotta in bollicine piene di flogico e il «gasso vitale o ossigeno» è acqua ridotta in bollicine piene di termio. Essa rimane in stato gassoso finché la pellicola acqua delle bollicine resiste.

Secondo Pini questa teoria è più economica di quella dei Metachimici, perché implica solo il ritorno dell'acqua al suo stato naturale, mentre essi devono supporre due scomposizioni (di gas ossigeno in ossigeno e calorico, e di gas idrogeno in idrogeno e calorico), e una ricomposizione. Nei termini di questa teoria, che Pini mutuò da quella di Henry Cavendish, la scomposizione dell'ac-

<sup>33</sup> E. PINI, «Osservazioni sulla nuova teoria e nomenclatura chimica come inammissibile in mineralogia», in «Opuscoli di Ermenegildo Pini C. R. B.», inseriti nelle *Memorie di matematica e fisica della società italiana*, 1792, vol. 6, pp. 1-60.

<sup>34</sup> ID., *Sulla metachimica, ossia sulla nuova teoria e nomenclatura chimica*, Milano, ed. Giuseppe Marelli, 1793.

<sup>35</sup> E. PINI, «Osservazioni ...», *cit.*, p. 3.

qua mediante il passaggio attraverso una canna di ferro rovente è una scomposizione del ferro, che perde flogico, per cui attira una parte di acqua e aumenta di peso, mentre un'altra parte di acqua si unisce al flogico liberato dal ferro e diventa aria infiammabile. In breve,

acqua (semplice) + ferro (metallo + flogico) <—> calce di ferro (metallo + acqua) + aria infiammabile (acqua + flogico)

Il terzo capitolo è *Sull'Oxigene, ed Idrogene*, che per Pini sono nomi vuoti, sostanze immaginarie, cioè metachimiche: infatti, se si definisce l'ossigeno come gas ossigeno senza calorico, si deve anche determinare *quanto* calorico se ne è andato, ma questo è assai arduo, perché anche nel ghiaccio, che contiene acqua, gas idrogeno, e gas ossigeno, c'è del calorico.

Il quarto capitolo tratta *Del Calorico*, e Pini ne ipotizza un terzo stato fisico, oltre a quelli latente e libero: è il calorico *involutato*, cioè sotto forma delle bollicine di cui sopra. Il calorico si trova sotto tre forme riconoscibili: la luce, il fuoco e la materia elettrica; essi possono combinarsi tra loro. Il calorico è una sostanza atta a produrre calore sensibile: quando si manifesta con fiamma si chiama *flogisto*, distinto in *flogico* (se si infiamma per applicazione di fiamma viva o di scintilla elettrica) ed in *pirico* (se si infiamma senza le precedenti applicazioni); quando si manifesta senza fiamma si chiama *termio*, o calore non infiammabile. Pini aggiunge polemicamente:

La novità dei nomi da me introdotti unicamente per brevità di espressione non potrà fare difficoltà a chi nella Nomenclatura si è preso ogni licenza.<sup>36</sup>

E continua, citando il passo della *Méthode* in cui il flogisto è definito come un

(...) Protée, qui se présente sous toutes les formes, & qui échappe au raisonnement comme à l'expérience.<sup>37</sup>

Se questo è vero, allora il calorico è uno «sgraziato Esopo»,<sup>38</sup> perché la sua natura non è chiara nemmeno ai suoi inventori. Il flogisto, invece, è diventato chiaro e conoscibile, ora che lo si è distinto in varie specie.

## 6. Conclusione

A proposito dei chimici italiani Ferdinando Abbri afferma:

A prescindere da ciò che lo stesso Lavoisier considerava essenziale nella sua teoria, le varie comunità scientifiche privilegiarono aspetti diversi di tale teoria, selezionati sulla

<sup>36</sup> *Ibidem*, p. 37.

<sup>37</sup> L.B. GUYTON DE MORVEAU, A.L. LAVOISIER, C.L. BERTHOLLET, A.F. FOURCROY, *Méthode de nomenclature chimique*, Parigi, Cuchet, 1787, p. 308.

<sup>38</sup> E. PINI, «Osservazioni sulla nuova teoria...», *cit.*, p. 38.

base di radicate tradizioni di filosofia chimica (i concetti di calorico, di stato aeriforme dei corpi, di ossigeno, la sintesi dell'acqua, la nuova nomenclatura e la sua applicazione a tutti i settori di pertinenza della chimica furono alternativamente posti in primo piano nei vari contesti).<sup>39</sup>

Abbiamo preso in esame sia seguaci che oppositori della nuova chimica, ma la teoria del calorico non soddisfece né l'una né l'altra fazione. I punti di critica sono vari:

1) il calorico è un fluido, quindi è composto di particelle, quindi occorre uno studio approfondito della sua fisica. In questo campo, nonostante gli anni di lavoro con Laplace, Lavoisier è abbastanza debole e si rende conto di non fornire adeguate e sufficienti spiegazioni, ma può solo azzardare congetture. Questa critica è di ordine fisico, ed è mossa principalmente da Dandolo.

Le critiche di Giobert, Brugnatelli e Pini sono invece di ordine prettamente chimico:

2) il calorico è quella sostanza che porta le «basi» delle arie allo stato aeriforme. Che bisogno c'è di elaborare questa teoria, quando non è noto se sia possibile o meno in natura l'esistenza di un elemento senza calorico?

3) se il calorico è un elemento e quindi si combina chimicamente agli altri elementi, cosa accade quando non è combinato? Cosa accade, invece quando lo è, secondo la teoria delle «basi» dei gas? Si rischia di regredire all'infinito inventando sempre nuovi stati di calorico (combinato, fondente, ecc.) responsabili dello stato appena precedente.

4) con il calorimetro si può misurare una quantità di calore, tuttavia non lo si può pesare, e questo rende il calorico altrettanto problematico che il flogisto: non è possibile ottenerli allo stato puro e l'uso della bilancia è vanificato in entrambi i casi. Perché abbandonare una teoria difettosa per una altrettanto difettosa?

In definitiva, la teoria di Lavoisier non era tanto perfetta e coerente nei fatti quanto nei principi che la ispiravano. In Italia, generalmente, le critiche erano indirizzate alla nuova nomenclatura, ma sia i lavoisieriani che i seguaci delle teorie del flogisto si confrontarono soprattutto con i principi che alla nomenclatura facevano da base, proprio perché teoria e nomenclatura erano intimamente connesse e non si poteva accettare o rigettare l'una senza accettare o rigettare l'altra. Come altri scienziati europei, anche gli italiani furono molto attenti alle piccole e grandi imperfezioni del nuovo sistema di chimica: questo, infatti, si poneva in termini di rottura nei confronti del sistema flogistico con-

<sup>39</sup> F. ABBRI, «Tradizioni chimiche e meccanismi di difesa: G. A. Scopoli e la 'Chimie Nouvelle'», in *Archivio di Storia della Cultura*, anno IV, 1991, Morano editore, pp. 76-77.

solidato, e non poteva essere accettato acriticamente. Essendo una teoria neonata, la nuova chimica presentava inevitabilmente alcuni limiti, come la teoria dell'acidità e l'ipotesi del calorico, che potevano essere usate contro di essa. La teoria del flogisto non spiegava l'aumento di peso delle calci, ma quella di Lavoisier non spiegava il comportamento degli acidi ossigenati e comprendeva al suo interno un principio altrettanto ipotetico (il calorico).

In definitiva, se per gli oppositori di Lavoisier il calorico era un oggetto perlomeno inutile, se non addirittura favolistico (un «Esopo»), anche per coloro che accettavano la nuova chimica esso era descritto in modo insoddisfacente o, per dirla con Pini, «sgraziato».

#### BIBLIOGRAFIA

- «Appendice» al «Transunto della dissertazione del P. D. Ermenegildo Pini sulla natura dell'acqua», in *Opuscoli scelti sulle scienze e sulle arti*, vol. 17, 1794, pp. 400-401.
- ABBRI F., «Tradizioni chimiche e meccanismi di difesa: G. A. Scopoli e la 'Chimie Nouvelle'», in *Archivio di Storia della Cultura*, anno IV, 1991, Morano editore, pp. 75-92.
- «De utilitate chemiae in oeconomia reipublicae. La rivoluzione chimica nel Piemonte dell'antico regime», in *Studi storici. Rivista trimestrale dell'Istituto Gramsci*, fasc. 2, 1989, pp. 401-433.
- «Lavoisier e Dandolo. Le edizioni italiane del *Traité élémentaire de chimie*», in *Annali dell'Istituto di filosofia dell'Università di Firenze*, 1984, vol. 6, pp. 163-182.
- BERETTA M., «Luigi Valentino Brugnatelli e la chimica in Italia alla fine del '700», in *Storia in Lombardia*, 1988, fasc. 2, pp. 3-31.
- «Gli scienziati italiani e la rivoluzione chimica», in *Nuncius*, 1989, fasc. 2, pp. 119-145.
- BRUGNATELLI L.V., *Elementi di Chimica appoggiati alle più recenti scoperte chimiche e farmaceutiche*, Pavia, presso Baldassarre Comino. Con privilegio, 1795.
- «Memoria sopra il calorico», in *Annali di chimica*, vol. 5, 1794, pp. 238-270.
- DANDOLO V., *Fondamenti della scienza chimico-fisica applicati alla formazione de' corpi ed ai fenomeni della natura*. Venezia, presso Antonio Curti, 1795.
- GIOBERT G.A., «Examen chimique de la doctrine du phlogistique, et de la doctrine des pneumatistes par rapport à la nature de l'eau», in *Mémoires de l'Académie Royale des Sciences de Turin*, 1793, pp. 299-342.
- «Lettera del sig. Giobert al sig. Cavaliere Lorgna», in *Annali di chimica*, vol. 5, 1794, pp. 224-247.
- GUERLAC H., «Chemistry as a branch of physics: Laplace's collaboration with Lavoisier», in *Historical studies in the physical sciences*, vol. 7, 1976, pp. 193-276.
- GUYTON DE MORVEAU L.B., LAVOISIER A.L., BERTHOLLET C.L., FOURCROY A.F., *Méthode de nomenclature chimique*, Parigi, Cuchet, 1787.

- LAVOISIER A.L., *Memorie scientifiche. Metodo e linguaggio della nuova chimica*, a cura di F. Abbi, Theoria, Roma 1986.
- *Trattato elementare di chimica. Presentato in un ordine nuovo dietro le scoperte moderne; con figure. Recato dalla Francese nell'Italiana favella da Vincenzo Dandolo veneto*, Venezia, 1791<sup>1</sup>, 1792<sup>2</sup>, 1796<sup>3</sup>, per i tipi di Antonio Zatta.
- PEDROCCO G., «Scienziati piemontesi nell'evoluzione chimica settecentesca», in G.C. CALCAGNO, V. PALLOTTI, G. PEDROCCO, *Scienze e tecnologie in Europa nell'età moderna*, CLUEB, Bologna 1979, pp. 15-83.
- PINI E., «Osservazioni sulla nuova teoria e nomenclatura chimica come inammissibile in mineralogia», in *Memorie di matematica e fisica della società italiana*, vol. 6, 1792, pp. 1-60.
- TUGNOLI PATTARO S., *Dalla chimica del flogisto alle teorie lavoisieriane dell'ossidazione e del calore*, CLUEB, Bologna 1984.



ANGELO BASSANI (\*)

## L'impiego terapeutico delle acque minerali di Civillina e il contributo analitico di Girolamo Melandri-Contessi (\*\*)

**The medical use of the mineral water of Civillina and the analytical contributions  
of Girolamo Melandri Contessi.**

**Summary** - At the beginning of nineteenth century the discovery of this mineral water aroused interest in the medical milieu for its unusual properties. One of the eleven analysis made upon was executed by Girolamo Melandri (professor of chemistry at Padua University) who used a new analytical procedure following the suggestions made by J. Murray, a Scottish physician, in a first application of the stochiometric relations to the quantitative determination of water content.

Tra le numerose sorgenti minerali del distretto valdagnese presso Vicenza la più nota è certamente la fonte «Regia» o «Lelia» di Recoaro utilizzata fin dal tardo seicento ed efficacemente valorizzata durante la dominazione austriaca. Tra le fonti secondarie un rilievo notevole ebbe per parecchi anni quella di Civillina, omonima dell'altura dalle cui pendici fuorusciva. Il chimico veneziano Giovanni Bizio nel 1855 aveva rilevato tra i suoi componenti la presenza di arsenico e ciò aveva costituito un motivo di polemica tra i chimici della regione nell'ambito dell'Istituto veneto di scienze lettere ed arti.<sup>1</sup>

(\*) I.T.I.S. «E. Fermi», Venezia.

Laboratorio di Didattica delle Scienze - CIRED Università Ca' Foscari di Venezia.

(\*\*) Relazione presentata al VI Convegno Nazionale di «Storia e Fondamenti della Chimica» (Cagliari, 4-7 ottobre 1995).

<sup>1</sup> G. DALL'OLIO, *La scoperta dell'arsenico nell'acqua della fonte Civillina. Una disputa durata due anni (1855-1857)*, «Appunti - Vita della Valle dell'Agno», Marzo 1991, n° 3, pp. 35-40. A. BASSANI, *La chimica dell'800 nelle istituzioni. Il caso di Francesco Ragazzini (1/10/1799-17/8/1873)*, in corso di stampa nei «Quaderni per la Storia dell'Università di Padova».

Non era tuttavia la prima volta che quest'acqua richiamava l'attenzione degli studiosi veneti: fin dal 1818, all'inizio del suo impiego terapeutico, era stata oggetto di un dibattito ancor più ampio e vivace di quello ricordato.

L'interesse dell'amministrazione austriaca per le tematiche idrologiche, manifestatosi con numerosi interventi ad Abano e a Recoaro, costituì probabilmente un incentivo all'iniziativa di un mineralogista praticante, Giovanni Catullo, che si risolse a sfruttare tale vena d'acqua che si manifestava ricca in sostanze minerali e che prometteva di esser utilizzabile alla pari di altre più note.<sup>2</sup>

Animato da notevole spirito imprenditoriale lo scopritore, che aveva da tempo acquisito il diritto allo sfruttamento mineralogico dell'area,<sup>3</sup> si adoperò per ottenere l'autorizzazione di vendita sottoponendo alcuni campioni dell'acqua alla valutazione della commissione sanitaria di Venezia e corredando la sua istanza di attestati favorevoli di medici, chirurghi, farmacisti, parroci e pazienti della zona.<sup>4</sup> Il responso dei chimici veneziani, non avendo le condizioni dei campioni permesso un'analisi esauriente, fu solamente qualitativo: «solfato di ferro maggiore e minore in prevalenza; poche tracce di solfato di alluminio e di calce e di carbonato di calce; nessun indizio di sali di rame, acido carbonico, gas idrogeno». In attesa di indagini più approfondite tale saggio preliminare fu tuttavia sufficiente per rilasciare l'abilitazione al libero smercio dell'acqua minerale.<sup>5</sup>

Tale decisione mise il Catullo nella condizione di aprire una vera e propria campagna diretta a diffondere ed a tutelare il suo ritrovato anche perché, in presenza di un incipiente consumo locale, cominciavano a profilarsi i primi ostacoli: il comune di Recoaro infatti aveva presentato un ricorso contro l'iniziativa per il danno che poteva derivarne alle proprie fonti contestando in particolare il diritto per lo scopritore a disporre liberamente della sorgente in questione.<sup>6</sup> Pre-

<sup>2</sup> Sebbene spetti al Catullo l'iniziativa della messa in valore della fonte la scoperta è precedente al suo intervento (vi è chi tuttavia l'attribuisce proprio a lui già nel 1784; P. LIOY, *Guida alpina di Recoaro*, Vicenza, s.n.t., 1883, p. 118); essa era stata segnalata al geologo Giovanni Arduino proprio in quell'anno da un suo corrispondente, ma venne «ritrovata» più tardi dal nipote, Tommaso Antonio, e da un altro geologo; cfr. P. MARASCHINI, *Osservazioni litologiche sui contorni di Schio, Dipartimento del Bacchiglione*, «Giornale dell'Italiana Letteratura», 1810, 25, pp. 8-30; T.A. CATULLO, *Trattato sopra la costituzione geognostico-fisica dei terreni alluviali o postdiluviani delle Province Venete*, Padova, Sicca 1838, pp. 322-352. Per un breve periodo all'inizio dell'amministrazione francese Giovanni Catullo aveva avuto l'incarico di «ispettore montanistico del circondario»; A.S.V., (= Archivio di Stato di Venezia), *II Dominazione Austriaca, Governo*, 1824, b. LXIX, fasc. 2/1, 3/2/1824.

<sup>3</sup> A.S.V., *II Dominazione Austriaca, Governo*, 1819, b. LVI, fasc. 10, 7/1/1801.

<sup>4</sup> A.S.V., *II Dominazione Austriaca, Governo*, 1819, b. LVI, fasc. 10, 24/3/1818.

<sup>5</sup> L'autorizzazione gli venne rilasciata 27/4/1818 con decreto n° 10753; A.S.V., *II Dominazione Austriaca, Governo*, 1821, b. LXVIII, fasc. 9/25, 24/3/1818. Gli esami chimici vennero svolti dai farmacisti veneziani Domenico Galvani e Giuseppe Innocente; A.S.V., *II Dominazione Austriaca, Governo*, 1819, b. LVI, fasc. 10, 18/4/1818.

<sup>6</sup> A.S.V., *II Dominazione Austriaca, Governo*, 1819, b. LVI, fasc. 10, 26/5/1818. La pos-

sentò così tutta la documentazione comprovante i suoi diritti alle autorità locali di Schio che avevano nel frattempo redatto un regolamento provvisorio per l'impiego delle acque «catulliane», come, con acuto senso della comunicazione, erano state da lui tempestivamente denominate.<sup>7</sup>

Si adoperò inoltre per ottenere un'analisi completa per illustrare le caratteristiche dell'acqua affidandola al nipote Tommaso Antonio Catullo, docente presso il liceo di Verona, a Gaspare Brugnatelli, professore di chimica presso l'università di Pavia, ed a Girolamo Melandri, che occupava la medesima posizione a Padova; presentò poi al Viceré una supplica diretta ad ottenere — sotto forma di vitalizio — un premio per la sua scoperta oltre ad un prestito di 1200 fiorini per poter eseguire alcuni interventi diretti a migliorare l'esercizio della fonte.<sup>8</sup> Si procurò altresì ulteriori testimonianze dell'efficacia del nuovo mezzo terapeutico.

Da una di queste si ricava che Melandri «v'accorda il solfato di ferro minore, il solfato di calce, dubita dell'idrogeno solforato nega l'acido carbonico e tutti i muriati», mentre Tommaso Catullo «vi riscontra il solfato di ferro, di calce e di allumina, vi trova l'idrogeno solforato, estendendo la sua presumibilità alla coesistenza dell'acido carbonico».<sup>9</sup> Ad esiti sostanzialmente concordanti con quest'ultimo arriva Brugnatelli che fornisce allo scopritore i seguenti risultati:<sup>10</sup>

sibilità di tale concorrenza era già stata suggerita in passato: secondo il corrispondente di Arduino quell'acqua, «presa per bocca, supera quella di Recoaro poiché con la sola metà di dose è bastante per la sua forza e vigore, a produrre i medesimi ed anche migliori effetti, ed in tempo assai più breve»; T.A. CATULLO, *Trattato ...*, cit., p. 326. La legittimità delle concessioni in possesso del Catullo fu in seguito pienamente riconosciuta; A.S.V., *II Dominazione Austriaca, Governo, 1821*, b. LXVIII, fasc. 9/25, 30/8/1821.

<sup>7</sup> A.S.V., *II Dominazione Austriaca, Governo, 1819*, b. LVI, fasc. 10, 26/6 e 22/7/1818. In tale occasione egli acconsentì a fornire dei campioni per una nuova analisi ponendo però delle condizioni: «Siccome l'analisi di un'acqua minerale è un'operazione di chimica trascendente, ch'esige cognizioni superiori a quelle dell'ordinaria chimica egli sarà per riconoscere valide e concludenti se non quelle analisi che [...] saranno fatte da pubblici professori attuali di chimica ...»; A.S.V., *II Dominazione Austriaca, Governo, 1819*, b. LVI, fasc. 10, 13/7/1818. Tale richiesta derivava dalla incompletezza della prima analisi affidata ai chimici veneziani.

<sup>8</sup> A.S.V., *II Dominazione Austriaca, Governo, 1818*, b. XLV, fasc. 15, 6/8/1818.

<sup>9</sup> Dichiarazione del dott. B. Lucarda, zelante fautore di queste acque; A.S.V., *II Dominazione Austriaca, Governo, 1819*, b. LVI, fasc. 10, 20/6/1818.

<sup>10</sup> A.S.V., *II Dominazione Austriaca, Governo, 1820*, b. LIX, fasc. 24/2, 29/12/1820 e documento allegato. Il docente di Pavia sottolinea che si tratta di una composizione «approssimata». I valori sono espressi in grani (1 grano = 53 mg)/pinta di Parigi (1 litro); F. ALTAVILLA, G. SEGATO, G. FRACCHIA [T.A. CATULLO], *Risposta alle osservazioni medico-chimico mineralogiche sull'acqua minerale del Monte Civillina di C.G.P. inserite nel numero XLV della Biblioteca Italiana*, Verona, Ramanzini 1819, pp. 9-10.

ossisolfato di ferro	44
ossisolfato di magnesia	24
ossisolfato di calce	20
ossicarbonato di ferro	22
ossicarbonato di calce con un poco	
di ossicarbonato di magnesia	16
ossimuriato di soda e perdita	14
[totale residuo secco]	140

Tra le diverse considerazioni sull'acqua osserva che: «un eccesso di acido ossicarbonico tiene in soluzione i varj ossicarbonati».<sup>11</sup>

Così nel giro di qualche mese, eseguiti alcuni lavori di riassetto della fonte e di miglioramento della strada di accesso, l'imprenditore vicentino pubblicò un manifesto illustrativo della nuova acqua minerale «validissima nelle più pertinaci malattie di languore». Evitando ogni esplicito confronto con Recoaro, ma mettendo in evidenza la maggior conservabilità delle sue acque, egli riporta i dati ottenuti da Brugnatelli omettendo quelli di Melandri e ciò proprio in relazione alla discussa presenza di anidride carbonica.<sup>12</sup>

Successivamente il medico provinciale di Vicenza, richiesto di un parere per disposizione del governo di Venezia, contestò l'asserita somiglianza delle acque di Civillina con quelle di Recoaro: sulla base dei dati analitici disponibili affermò infatti con decisione che «il professor [Tommaso] Catullo per giovare alle speculazioni del Zio dubita dell'esistenza dell'acido carbonico». Esaminando poi una delle testimonianze prodotte a favore, e cioè proprio quella che Giovanni Catullo premeva perché fosse trasmessa alle autorità veneziane,<sup>13</sup> commenta ironicamente che l'autore «vede solamente nell'azione dei raggi solari gli elementi produttivi dei sali che entrano nelle sue acque, pretende che le sostanze non ferruginose, o gazoze che esistono nelle acque sieno argomenti di sconvenienza alla convenienza delle potenze che collimano alla formazione di un tutto utile in medicina, e ciò perché questi chimici principj convengono e disconvengono ad un tempo istesso tra di loro nel suo medico cervello. Ma più serio si fa il ragionamento quando dalla presenza del solfato di ferro vuole inferirne la necessità dell'acido carbonico libero; ritenendolo senza di questo insolubile»; a

<sup>11</sup> G. BRUGNATELLI, *Nuova acqua minerale*, «Giornale di Fisica, Chimica e Storia Naturale», 1818, 11, pp. 315-316. In questa nota a stampa, che riporta solo indicazioni non quantitative, l'autore usa ancora la particolare terminologia elaborata dal padre.

<sup>12</sup> *Circolare da spedirsi a tutti li Medici, Professori e Farmacisti del Regno. Approvata dall'I. R. Commissione sanitaria di Venezia; A.S.V., II Dominazione Austriaca, Governo, 1819, b. LVI, fasc. 10, 17/8/1818.* Il docente padovano sottolineò qualche anno dopo che «l'esposte risultanze generali non appagarono molto i desiderii e l'espettazione» del committente; cfr. G. MELANDRI, *Osservazioni chimiche ed analisi dell'acque minerali di Civillina*, «Memorie Scientifiche e Letterarie dell'Ateneo di Treviso», 1824, 3, pp. 241-250.

<sup>13</sup> A.S.V., *II Dominazione Austriaca, Governo, 1819, b. LVI, fasc. 10, 20/6 e 1/7/1818*; si tratta della dichiarazione di B. Lucarda, vedi nota 9.

ciò si contrappone decisamente il sanitario vicentino che conclude disconoscendo valenza terapeutica a quest'acqua, soprattutto a causa della variabilità della sua composizione.<sup>14</sup>

Queste obiezioni tuttavia non vennero rese pubbliche e Catullo continuò nella sua azione: oltre a presentare una ulteriore supplica al sovrano,<sup>15</sup> incaricò il nipote di redigere un opuscolo illustrativo della nuova sorgente per corredare di un fondamento scientifico le sue iniziative promozionali.

Uscito in forma anonima alla metà del 1819, esso veniva dedicato a Francesco Aglietti, membro del Governo austriaco in qualità di consigliere protomedico, salutato «quale promotore dell'uso salutare delle acque catulliane».<sup>16</sup> Il fascicolo veniva altresì sottoposto all'attenzione del Viceré con un'istanza diretta ad ottenere la protezione sovrana contro le pretese del comune di Recoaro e per l'esaudimento delle precedenti suppliche.<sup>17</sup> Infine esso venne presentato come documentazione a corredo della partecipazione della nuova acqua minerale all'annuale concorso ai premi d'industria, indetto in occasione del genetliaco dell'imperatore.<sup>18</sup>

<sup>14</sup> A.S.V., *II Dominazione Austriaca, Governo, 1819*, b. LVI, fasc. 10, 19/9/1818. In una successiva perizia su queste acque da lui condotta assieme a Pietro Curti, farmacista vicentino e a Giacomo Silvestri, già professore di storia naturale nel locale Liceo, si riscontra la presenza di «solfato di ferro [...] quasi in totalità allo stato di sale minore; probabilmente del carbonato di ferro in piccola quantità, calce combinata forse in totalità all'acido solforico, muriati in piccolissima dose; acido solforico libero, una sostanza organica; acido carbonico combinato». Differiscono da quelle di Recoaro «1. perché mancano di acido carbonico libero; 2. perché sono mineralizzate dal solfato e non dal sopracarbonato di ferro; 3. perché contengono maggior quantità di sali terrei in soluzione»; A.S.V., *II Dominazione Austriaca, Presidio, 1820-23*, b. XIX, fasc. 5/1, 3/11/1819. È da dire che alcuni anni prima lo studioso veronese Anton Maria Lorgna, che aveva studiato con cura i fenomeni presentati dall'acqua di Recoaro attribuiva un ruolo preciso all'anidride carbonica nel mantenere il ferro in soluzione e di analogo parere era anche un autore posteriore: «Le acque gazoze marziali, le quali sogliono contenere poco di metallo combinato coll'acido carbonico, sono ordinariamente limpide e trasparenti; ma se il gas acido carbonico si separa da esse, allora mancando al ferro il dissolvente precipita di un ossido oscuro a modo di ruggine di ferro e l'acqua scomposta non è più medicata, o lo è molto meno di quella che bevesi alla fonte»; cfr. rispettivamente A.M. LORGNA, *Osservazioni fisiche intorno all'acqua marziale di Recoaro*, Vicenza, Veronese 1780, p. 51, e P. SANGIORGIO, *La farmacia descritta secondo i moderni principj di Lavoisier ec.*, 5 voll., Milano, Stamperia e fonderia del genio 1804-1806, II, p. 66. La questione venne poi risolta da Melandri che attribuì la precipitazione all'azione dell'ossigeno atmosferico; cfr. A. BASSANI, *Il contributo di Girolamo Melandri-Contessi allo sviluppo degli studi idrologici veneti*, in corso di pubblicazione su «Physis - Rivista Internazionale di Storia della Scienza».

<sup>15</sup> A.S.V., *II Dominazione Austriaca, Governo, 1818*, b. XLV, fasc. 15, 14/10/1818.

<sup>16</sup> Ciò in quanto, nella sua veste ufficiale, aveva rilasciato la prima autorizzazione; sulla sua figura vedi *Dizionario Biografico degli Italiani*, Istituto della Enciclopedia Italiana, Roma 1960, I, p. 410.

<sup>17</sup> A.S.V., *II Dominazione Austriaca, Governo, 1821*, b. LXVIII, fasc. 9/25, 26/5/1819.

<sup>18</sup> A.S.V., *II Dominazione Austriaca, Governo, 1819*, b. XXVI, fasc. 35, 15/9/1819. Nessun

Dopo un paragrafo introduttivo diretto ad illustrare le caratteristiche geologiche dell'area circostante la fonte, l'autore riporta per esteso i suoi procedimenti analitici e, confermando la presenza di «gas acido carbonico libero», riassume come segue i suoi risultati:<sup>19</sup>

muriato di soda	3
materia resinosa	4
muriato di magnesia	6
solfo di magnesia	26
solfo di ferro	47
solfo di calce	16
carbonato di ferro	26
carbonato di magnesia	3
carbonato di calce	8
perdita	5
[totale residuo secco]	144

Completano il fascicolo alcune storie cliniche redatte da medici di Verona e Vicenza.<sup>20</sup>

Con tale pubblicazione la natura e le proprietà dell'acqua di Civillina uscirono dall'ambito burocratico per divenire il tema di una intensa polemica personale e scientifica. Nel giro di qualche mese apparve in una importante rivista del regno uno studio assai critico della nuova fonte minerale sia per quanto atteneva all'impiego terapeutico che per la valutazione chimica. Secondo le osservazioni dell'autore, Ciro Pollini, ex docente di botanica nel liceo di Verona e noto studioso, l'acidità di tali acque, permanente anche dopo l'ebollizione, era da attribuirsi all'acido solforico anziché al volatile acido carbonico, che risultava del tutto assente, facendo quindi dubitare della presenza di carbonati, ammessi dall'anonimo mineralogista. Nel complesso i risultati di quest'ultimo erano da considerarsi inaffidabili. Il dosaggio in ferro risultava molto alto e variabile. Le con-

riconoscimento peraltro risulta essergli stato assegnato; cfr. *Collezione degli Atti delle solenni distribuzioni de' Premi d'industria fatte in Milano e in Venezia*, 8 voll., Milano, Regia Stamperia 1824-1858, II, pp. 225-260.

<sup>19</sup> Come per l'analisi di Brugnatelli i valori sono espressi in grani/pinta di Parigi.

<sup>20</sup> *Memoria mineralogico-chimica sopra l'acqua minerale del Monte Civillina scoperta dal sig. G. Catullo*, Verona, Ramanzini 1819. L'utilità della pubblicazione venne riconosciuta senza riserve dalla censura veneziana; A.S.V., *Dipartimento di Censura*, 1815-1848, 1819, b. 21, foglio n. 88. Il repertorio di S. RUMOR, *Bibliografia storica della città e provincia di Vicenza*, Vicenza, tip. S. Giuseppe, 1916, p. 52, riporta la seguente indicazione: M.F. BERTI, *Memoria mineralogico-chimica sopra l'acqua di Civillina*, Verona, s.n.t., 1819, assente peraltro nel catalogo della Biblioteca Bertoliana di Vicenza. Viceversa nella Biblioteca Universitaria di Padova, alla voce G.B. Berti, corrisponde una scheda della pubblicazione in oggetto che però risulta essere quella di T.A. Catullo. L'equivoco è probabilmente dovuto al fatto che l'ultima testimonianza medica citata porta la firma Berti M.[edico] F.[isico], ritenuta indicazione dell'autore di tutto il fascicolo. Questo nominativo non compare mai nella documentazione studiata.

dizioni della sorgente erano poco adatte al consumo in quanto il liquido, anziché sgorgare da una fenditura della roccia come nel caso di Recoaro, si prelevava da una vasca nella quale veniva a raccogliersi l'acqua filtrata dalle pareti della cavità scavata nel fianco del monte.<sup>21</sup> In tale situazione si trattava dunque di acqua stagnante non propriamente minerale (soggetta a interagire con l'aria e a perdere eventuali gas disciolti). Infine, si osservava, in numerosi casi clinici si era dimostrata inefficace laddove il trattamento colle acque di Recoaro aveva conseguito le finalità terapeutiche. Tali acque, si concludeva, «debbonsi bandire dall'uso medico».<sup>22</sup>

A tale presa di posizione, rispose dapprima Brugnatelli, chiamato indirettamente in causa dalle citate obiezioni; nel sostenere la concomitanza tra i suoi risultati e quelli della memoria anonima, anche se ottenuti con metodi diversi, il docente pavese asseriva che dopo il gocciolamento si aveva una ossidazione con formazione di un solfato di ferro con eccesso di acido, causa dell'allontanamento dell'anidride carbonica che era comunque presente. La coesistenza tra le due sostanze era possibile come per esempio avveniva per le acque di Passy in Francia.<sup>23</sup>

Pollini replicò subito mantenendo con garbo, ma insieme con fermezza il proprio punto di vista. Sottolineava in particolare che l'analisi di Brugnatelli era stata condotta sul gemitivo delle pareti della galleria e non sull'acqua stagnante nella vasca come necessario essendo quella effettivamente usata. Chi ha fornito il campione, aggiungeva, cioè l'anonimo autore della prima analisi che «non ha avvertito il pubblico che l'acqua da lui analizzata è quella che cade a gocce e non quella stagnante, che è in commercio, si è meritata la taccia di storico infedele». Dopo aver illustrato il rischio di putrefazione per le acque stagnanti, l'au-

<sup>21</sup> Per una descrizione della situazione della fonte vedi G.A. PIRONA, *Cenni geognostici sul monte Civillina*, «Atti dell'I. R. Istituto Veneto di Scienze Lettere ed Arti», Serie III, 1856-1857, 10, pp. 1211-1218.

<sup>22</sup> C. POLLINI, *Osservazioni medico-chimiche sull'acqua minerale del Monte Civillina*, «Biblioteca Italiana», 1819, 15, pp. 369-380. Secondo i censori veneziani le critiche al nuovo ritrovato erano eccessive: «Volea [...] ragione che con riserbo venisse mossa contraddizione a questa scoperta e non mai con quel tuono assoluto, e quasi allarmante, con che la venne impugnata nella Biblioteca italiana»; A.S.V., *Dipartimento di Censura, 1815-1848*, 1820, b. 25, foglio n. 85.

<sup>23</sup> G. BRUGNATELLI, *Sull'acqua minerale del Monte Civillina*, «Giornale di Fisica, Chimica e Storia Naturale», 1819, 12, pp. 436-437. Il riferimento è a L.G. THÉNARD, *Trattato di chimica elementare teorica e pratica*, 5 voll., Firenze, Piatti 1818-19, IV, tabella allegata a p. 132. In precedenza il periodico pavese aveva riportato una recensione della *Memoria* di Catullo, redatta presumibilmente da Brugnatelli stesso; «Giornale di Fisica, Chimica e Storia Naturale» 1819, 12, pp. 271-273. In un'altra recensione, attribuibile al geologo padovano Nicolò Da Rio, ammessa la indubbia pericolosità di alcuni dei componenti delle acque in esame, si osserva che «se le storie mediche realmente comprovino la loro utilità conviene promuoverne l'uso, quantunque la buona chimica consigliasse di assolutamente prescriverlo»; «Giornale dell'Italiana Letteratura», 1819, 50, pp. 212-215.

tore osserva che il procedimento usato da Catullo lo ha indotto in errore sulla natura di un precipitato che non è carbonato di ferro bensì un ossido, chiamando a testimonianza, con indubbia malizia, le argomentazioni di Luigi Valentino Brugnatelli, riconosciuto come suo maestro, padre e predecessore di Gaspare nella cattedra di chimica di Pavia. Conclude quindi ribadendo l'assenza di acido carbonico e de suoi sali attribuendo l'acidità ad una «piccola quantità» di acido solforico.<sup>24</sup>

Poco dopo comparve uno scritto nel quale la discussione assunse un tono assai più acre acquisendo quel carattere di controversia tra letterati, assai frequente nel costume dell'epoca, nella quale l'oggetto della discussione costituiva spesso il pretesto di un polemica diretta a rivalersi di precedenti sgarbi o a ribadire la superiorità intellettuale dei contendenti. In tale opuscolo, comparso con la firma di ben tre autori, ma attribuibile a Tommaso Catullo, si ribadiva la validità della prima analisi demolendo integralmente i risultati di Pollini, che «lo fanno conoscere assai poco versato nella chimica» a causa dell'affermazione circa l'acido solforico, e nel confermare la presenza dell'anidride carbonica si attribuiva il diverso risultato da questi ottenuto all'uso di campioni vecchi; nessun rilievo veniva dato all'asserito equivoco carbonato/ossido.<sup>25</sup> Pollini reagì con un libello anonimo nel quale, oltre ad accusare di slealtà il suo antagonista per aver retrodatato a fini polemici al 1819 lo scritto uscito nel 1820, presentava la sua nuova analisi:

<sup>24</sup> C. POLLINI, *Risposta del dott. C. P. all'articolo del dott. G. Brugnatelli intorno all'acqua minerale del Monte Civillina*, «Biblioteca Italiana», 1819, 16, pp. 433-442.

<sup>25</sup> F. ALTAVILLA, G. SEGATO, G. FRACCHIA [T.A. CATULLO], *Risposta alle osservazioni ...*, cit. La paternità di questo scritto è stabilita da Pollini, vedi avanti n. 26. L'asprezza della polemica deve probabilmente farsi risalire ad una ruggine maturata tra i due autori qualche anno prima, quando, ambedue docenti presso il liceo veronese, era tra loro insorta una frizione a causa di un giudizio negativo da Pollini attribuito al Catullo allorché questi con uno pseudonimo aveva attaccato una pubblicazione del collega; cfr. C. POLLINI, *Viaggio al Lago di Garda e al Monte Baldo in cui si ragiona delle cose naturali di quei luoghi con aggiuntovi un cenno sulle curiosità del Bolca e degli altri monti veronesi*, Mainardi, Verona 1816; CENOMIO EUGANEO [I. BEVILACQUA-LAZISE], *Osservazioni intorno al viaggio al Lago di Garda, ed al Monte Baldo del dott. Ciro Pollini*, s.l. (ma Padova) s.n.t., 1817; ELEUTERIO BENACENSE [C. POLLINI], *Risposta alle osservazioni di Cinomio (sic) Euganeo intorno al viaggio al lago di Garda*, Timepoli (ma Padova), s.n.t., 1817. Ambedue i contendenti vennero attaccati per le medesime scorrettezze dal docente pavese G. MORETTI, *Lettera del professore G. M. all'autore delle osservazioni intorno al Lago di Garda e al Monte Baldo del dott. C. P.*, Pavia, Bizzoni 1817. Indicative dell'acredine che animava i protagonisti sono le considerazioni del censore di Venezia che, in merito allo scritto di Eleuterio Benacense, nel criticare i permessi di censura rilasciati da altri colleghi, rilevava che «un libro siccome questo non poteva in alcun modo lasciarsi correre, perché non solo in via scientifica è scritto con una virulenza ed un amaro indecente, ma è una personale diatriba ove i nomi di persone stimatissime ed impiegate sono sotto la sferza di un uomo irato.»; A.S.V., *Dipartimento di Censura, 1815-1848*, 1818, b. 17, foglio n. 50.



sostanza estrattiva	4
solfo di magnesio	20
solfo di calce	12
solfo di ferro maggiore e minore	128
aumento per ossidazione del ferro	8
perdita	8
[totale residuo secco]	180

Ribadiva quindi il precedente giudizio negativo sulle indagini del Catullo, in ordine alla validità dell'esame chimico e alle caratteristiche della sorgente come pure per l'utilizzo terapeutico.<sup>26</sup>

A questo si ribatté, con analoga asprezza, negando che si potesse parlare di acqua stagnante dato che la permanenza in vasca non superava le trenta ore mentre la temperatura rimaneva a 5 gradi contro i 16 esterni. Veniva inoltre presentata una controanalisi eseguita da un farmacista veronese, che confermava i risultati dei fautori dell'acqua di Civillina. Sulla discussa presenza dei carbonati si commentava: «Qui il nostro chimico si fa di bel nuovo conoscere alquanto adolescentulo nella scienza, mostrando egli d'ignorare che i carbonati hanno pur essi la proprietà di tingere in rosso la carta tinta in blu».<sup>27</sup>

La polemica sull'accertamento delle caratteristiche dell'acqua — proseguita con altri interventi<sup>28</sup> — investiva effettivamente aspetti di rilevante interesse: oltre al primario risvolto economico e quello relativo alla professionalità degli

<sup>26</sup> *Analisi dell'acqua minerale del Monte Civillina nella provincia vicentina*, [di PINILLO FILALETE, cioè C. POLLINI], Verona, Società tipografica 1820. L'attribuzione é ricavata da un successivo intervento di Pollini, vedi avanti n. 28. I valori sono espressi in grani/3 libbre mediche (1 libbra medica = 320 grammi).

<sup>27</sup> Questo «errore» era attribuito in particolare «all'imperizia dello speciale Giuseppe Monti», collaboratore di Pollini; F. ALTAVILLA [T.A. CATULLO], *Risposta alle ultime osservazioni del dott. Ciro Pollini all'articolo del dott. Gaspare Brugnatelli*, Venezia, Zerletti 1820. Secondo il nuovo analista (identificabile in Domenico Conti, cfr. n. 30), nell'acqua si riscontra: «presenza di un acido libero; [...] acido solforico o solfati; [...] una piccola quantità di muriati; [...] l'acqua minerale è ricchissima di ferro; [...] presenza di un sale calcare; [...] il ferro in parte è tenuto in dissoluzione dall'acido carbonico [...] e anche in parte combinato con l'acido solforico»; ivi, p. 15. Circa la presenza di acido carbonico viene chiamato a testimone Thénard, secondo il quale non vi è acqua minerale «che non contenga qualche piccola dose di acido carbonico»; L.G. THÉNARD, *Trattato...*, cit., p. 118. «Non deve recar meraviglia la vibratezza di questa risposta», osserva il censore veneziano, dati i toni delle precedenti critiche. Le controversie sono utili «e solo deve bramarsi, che nella mischia siano rispettati i personali riguardi. Fu perciò che in questa risposta ho cancellato parecchie espressioni, che avevano a scopo la persona del D. Pollini»; A.S.V., *Dipartimento di Censura, 1815-1848*, 1820, b. 25, foglio n. 85.

<sup>28</sup> *Lettera dell'autore dell'analisi dell'acqua minerale del Monte Civillina all'autore delle due risposte al dott. Pollini su tale argomento* [di PINILLO FILALETE] Verona, Bisesti s.d., ma 1820. Pollini qui riafferma i suoi sospetti circa la presenza di rame, probabile a suo dire per le caratteristiche del terreno.

studiosi coinvolti, vi era una importante questione sanitaria in quanto all'epoca i componenti minerali erano connessi con scelte terapeutiche ben determinate; in particolare l'anidride carbonica ed il ferro disciolti erano ritenuti efficaci in numerose malattie. Non va taciuto inoltre che anche le stesse autorità venivano in qualche modo coinvolte come aspramente rilevava Pollini in una delle sue ultime repliche: nello sfidare l'anonimo mineralogista ad un pubblico confronto analitico egli sottolineava che un rifiuto da parte di quest'ultimo lo avrebbe qualificato come «un impostore, che per un privato interesse [aveva] preso a gabbo il rispettabile magistrato a cui [aveva] dedicato l'analisi, e [aveva] ingannato il Pubblico». <sup>29</sup>

Quest'ultimo opuscolo, che apriva un varco a critiche verso le autorità, indusse il Catullo a chiedere, in un lungo articolato esposto, un drastico intervento censorio contro «la maligna penna di prezzolato scrittore, di certo cioè Dottore Ciro Pollini, i quali tutti ispregiando i riguardi del dovere e della decenza con libelli satirici d'ignominiosa tempra, si fece imperitamente ad analizzare le acque medesime e ad offuscarne il merito». In particolare, richiamandosi all'autorizzazione già ottenuta ed alle analisi di Brugatelli a Pavia, di Curti a Vicenza e Conti a Verona, chiedeva il sequestro dell'opuscolo ed una serie di provvedimenti contro il Pollini, l'affidamento di nuove analisi ad «una delle Regie Università della Monarchia fuori del Regno Lombardo-Veneto» ed interventi dell'amministrazione a sostegno della sperimentazione e della regolamentazione del nuovo farmaco.

Non ottenne tuttavia soddisfazione in quanto, si argomentava, ciò «sarebbe far contro a quelle libertà di discussione, che singolarmente nelle cose di scienze e arti vuolsi anzi favorire appunto perché dall'agitazione di varj pareri su di uno stesso soggetto scaturisce la verità, e quindi la migliore rettificazione e perfezione delle cose». <sup>30</sup>

Oltre agli interventi presso l'amministrazione Catullo continuava la sua iniziativa commerciale. Si accordò con un farmacista milanese per estendere lo smercio dell'acqua di Civillina anche nelle provincie lombarde, ma il Governo di Milano, prima di concedere la prevista autorizzazione, si rivolse all'amministrazione veneziana per informazioni ed in particolare per conoscere l'eventuale parere della locale facoltà medica. <sup>31</sup>

<sup>29</sup> PINILLO FILALETE [C. POLLINI], *Lettera del dott. P. F., autore dell'analisi dell'acqua minerale del Monte Civillina al sig. prof. T. A. Catullo autore della memoria mineralogico-chimica dell'acqua stessa*, Trento, Monauni 1820. In questa occasione Pollini investì pubblicamente il suo antagonista dell'accusa di perseguire con le sue argomentazioni scientifiche «l'interesse onde l'acque del proprietario signor Giovanni Catullo [suo] zio avessero un'abbondante spaccio».

<sup>30</sup> A.S.V., *Il Dominazione Austriaca, Governo, 1820*, b. LIX, fasc. 24/2, 29/12/1820 e sup-plica allegata.

<sup>31</sup> A.S.V., *Il Dominazione Austriaca, Governo, 1821*, b. LXVIII, fasc. 9/14, 22/5/1821 e 13/10/1821.

Così, a tre anni circa dai primi impieghi di quest'acqua, i docenti padovani ebbero l'incarico di «prendere in particolare esame ed estendere il [loro] parere sù principj e sugli effetti delle acque minerali di Civillina, nonché sulle discipline, che convenisse stabilire definitivamente per regolare l'uso e la vendita ...». <sup>32</sup> «Per ottenere siffatti oggetti — si rispondeva — egli è chiaro due esser i mezzi, l'uno a priori coll'analisi chimica, l'altro a posteriori con la clinica osservazione e questi due mezzi convenientemente associati scambievolmente si sostengono e si fortificano, l'analisi dirigendo l'osservazione e l'osservazione provocando la perfezione dell'analisi». Dall'esame delle carte inviate, si aggiungeva, non era possibile ricavare un giudizio preciso: pur ammettendo una certa efficacia «in alcune affezioni di lassezza o di languore» la scarsezza e la disomogeneità delle informazioni e l'incostanza dei risultati richiedevano che «le predette acque [fossero] amministrate con molta cautela» solo dai medici. Non si mancava poi di segnalare che l'analisi chimica «si [stava] già con somma diligenza eseguendo dal sig. prof. Melandri». <sup>33</sup> Quanto infine ad una specifica richiesta del Catullo circa un foglio pubblicitario da lui predisposto, si osservava che «una solenne autorizzazione per parte della Medica Facoltà alla stampa di tale forma di manifesto era un apporre il sigillo d'approvazione all'arbitrio e alla ciarlataneria. Rimettere l'amministrazione di un rimedio che per la sua energia e per l'osservata incostanza de' suoi effetti esigge una grande sagacità e circospezione, all'azzardo del volgare arbitrio, e del cieco empirismo, sembra cosa molto pericolosa nello stesso tempo che illegale». <sup>34</sup>

Il governo di Milano, informato di questa valutazione, negò lo spaccio dell'acqua in Lombardia in attesa di risultati definitivi. <sup>35</sup>

La preannunciata relazione venne presentata circa otto mesi dopo. In essa Melandri ricorda che le acque di Civillina erano state «soggetto di quistione appo alcuni dotti, tanto relativamente alle loro virtù medicinali, quanto rispettivamente alla Chimica composizione. Io non vorrò entrare punto né poco nella disamina di siffatte questioni, le quali molte volte non hanno solo la verità per mossa, e per guida, ma vi si associa pure e l'interesse privato, e l'amor proprio, e particolari rancori, ed infine sono esse per una o per l'altra parte sostenute e difese sopra falsi fondamenti». Suo scopo è invece rispondere esaurientemente alle due problematiche poste. Sulla base delle sue attività di ricerca e dei suoi risultati, su cui ritorneremo, le sue conclusioni sono:

<sup>32</sup> Ibidem, 9/6/1821.

<sup>33</sup> Ibidem, 19/8/1821.

<sup>34</sup> Il proprietario della fonte chiedeva di poter pubblicare un dépliant illustrativo che esordiva: «Prodigiose sono le guarigioni ottenutesi dall'uso interno delle acque minerali del Monte Civillina». A.S.V., *Il Dominazione Austriaca, Governo, 1821*, b. LXVIII, fasc. 9/15, 20/8/1821.

<sup>35</sup> Ibidem, fasc. 9/14, 13/10/1821.

1) che l'acqua Catulliana [...] è un'acqua come volgarmente si appella vetriolica e non contiene né acido carbonico né sali marini,<sup>36</sup> ma solamente un poco di solfato di calce, una piccolissima quantità di solfato di magnesia, e per la maggior parte solfato di ferro minore, e solfato di ferro maggiore.

2) che non può contenere né acido carbonico, né carbonati, perché essa è abitualmente acida di acido solforico libero, o debolmente combinato al perossido di ferro; essendovi il deutosolfato di ferro che necessariamente è acidulo di sua natura.<sup>37</sup>

3) che considerando alla natura di una tal acqua minerale, ed alla sua posizione, o è meglio dire, alla costruzione della sua fonte, tale acqua deve necessariamente variare infinitamente, in modo da non potere assegnar un limite ai cangiamenti che deve provare [a causa della] maggiore ossigenazione del protosolfato di ferro per l'ossigeno atmosferico presente [...].

4) che la quantità complessiva del solfato di ferro contenuto nelle acque catulliane, è abbondante più che nelle acque minerali ferruginose conosciute [...].

5) che in conseguenza l'uso che far si può di quest'acqua minerale in medicina deve esser limitato nelle dosi, quanto lo è l'uso del vetriolo, e di più ancora avuto riguardo alla presenza del deutosolfato di ferro [...].

6) che avuto riguardo alla mutabilità a cui spontaneamente va soggetta quest'acqua minerale, ed all'incerta e forse sospetta energia del deutosolfato di ferro che si va generando è più prudente consiglio di sopprimere quest'acqua dando un qualche ristoro all'infelice scopritore di essa, di quello di continuare a tollerarla, col rischio di vedere qualche tristo effetto dall'incauto uso di essa».

Alla prevedibile obiezione relativa ai risultati positivi già ottenuti egli risponde nei testi di medicina «non trovarsi medicamento per quanto bizzarro, ed arrischiato esso sia, del quale non si contino effetti salutari, ed anche prodigi si raccontino da' partigiani suoi». Se poi, conclude, si volesse comunque permetterne l'uso non si dovrà mai consentire «che venghi usata senza medica ordinazione».<sup>38</sup>

Il lavoro di Melandri, ed in particolare le sue valutazioni assai restrittive sull'impiego dell'acqua, venne preso in seria considerazione dall'amministrazione veneziana che si fece tramite della sua diffusione. Le sue conclusioni non lasciavano infatti dubbi sulla cautela con cui trattare le acque di Civillina e d'altra parte la loro ormai ampia notorietà imponeva alle autorità una particolare circospezione. Prima di pronunciarsi definitivamente si vollero dunque raccogliere altri elementi e consultare in ampia misura la comunità scientifica veneta.

<sup>36</sup> Nella successiva pubblicazione egli osserva che l'intorbidamento conseguente all'aggiunta di nitrato d'argento, che di norma indica la presenza di cloruri («sali marini») è dovuto all'azione del «protossido di ferro, il quale è la cagione sostanziale che fa precipitare l'argento allo stato metallico»; G. MELANDRI, *Osservazioni ...*, cit., p. 245.

<sup>37</sup> Su tale importante questione egli in seguito dirà che essendo «fuori di dubbio la presenza d'un sale acido, e massimamente del persolfato di ferro nell'acqua di Civillina, era inutile di ricercare in essa la presenza dei carbonati terrosi, sali impossibili ad esistere in sifatte combinazioni. Similmente l'acido carbonico non potrà mai essere in un'acqua di tal fatta stagnante al libero contatto dell'aria...»; G. MELANDRI, *Osservazioni ...*, cit., p. 245.

<sup>38</sup> *Relazione del Professor Melandri sulle Acque Catuliane*, A.S.V., *II Dominazione Austriaca*, Governo, 1822, b. LXXIII, fasc. 2/2, 18/5/1822.

I medici provinciali di tutta la regione ricevettero l'istruzione di redigere resoconti sugli impieghi sanitari dell'acqua con particolare attenzione alle zone più interessate di Verona e Vicenza. Agli atenei di Venezia e Treviso venne chiesto di istituire una commissione per la redazione di un parere complessivo sulla convenienza e sulla potenzialità terapeutica da confrontare con la valutazione già espressa dallo Studio medico padovano.<sup>39</sup> Gli studiosi trevigiani, che avevano appreso dalla voce dell'autore i risultati del suo lavoro, osservavano che «l'analisi chimica del professor Melandri per le circospezioni e metodi praticati nell' eseguirlo non lascia cosa alcuna a desiderare»; fatto poi un bilancio dei risultati a loro conoscenza esprimevano un'opinione moderatamente favorevole suggerendo particolari cautele riguardo ai limiti d'impiego e segnalando che «i risultamenti clinici osservati [...] convengono mirabilmente coi chimici risultati poiché e questi e quelli dimostrano evidentemente l'esistenza d'un potere astringente e tonico nell'acque del Monte Civillina».<sup>40</sup> Di tono diverso la posizione dell'organismo veneziano che, affermando il primato della sperimentazione clinica in implicita contrapposizione all'orientamento della facoltà medica, volle prescindere da tutti i pareri sulla composizione chimica considerati non liberi da spirito di parte, ritenendo inoltre che il governo «amasse conoscere li pratici risultamenti ottenuti dall'uso delle acque Catulliane, anziché le teoretiche speculazioni intorno all'attività o individuale o combinata degli elementi che le compongono». Si sosteneva inoltre l'inopportunità della sostituzione con preparati di ferro artificiali, come sosteneva Melandri, per via della «forse non mai superata difficoltà di compiutamente analizzare le acque che si dicono minerali, e quindi della non positiva certezza che si conoscano tutti gli elementi delle Catulliane [poiché] altro è un composto elaborato con le immense e misteriose forze della Natura, e altro è quello che si produce dai poveri mezzi e limitati delle officine farmaceutiche». Nonostante i successi terapeutici i medici veneziani osservavano peraltro che tali acque risultavano «inoperose» per alcuni e provocavano «torminose irritazioni» in altri a causa della «sempre incerta e diversa proporzione» dei principi attivi. Tale grande variabilità di composizione costituiva un grave limite all'impiego al punto di esigerne l'assoluto divieto qualora tale problema non venisse in seguito risolto.<sup>41</sup>

Nella ricca documentazione rimasta il parere più articolato e che più esplicitamente discute le conclusioni di Melandri è peraltro quello di Angelo Frari, medico provinciale di Verona. Questi, prese in esame tutte le informazioni esistenti rileva che «molti medici di chiara fama e d'intatta fede sceverati da passioni

<sup>39</sup> A.S.V., *II Dominazione Austriaca, Governo, 1822*, b. LXXIII, fasc. 2/2, 18/6/1822.

<sup>40</sup> A.S.V., *II Dominazione Austriaca, Governo, 1825-29*, b. LXVIII, fasc. 1/1, 6/9/1822. Vedi inoltre S. LIBERALI, G. PASQUALI, *Sopra l'uso medico dell'acqua di Civillina*, «Memorie Scientifiche e Letterarie dell'Ateneo di Treviso», 1824, 3, pp. 251-255.

<sup>41</sup> A.S.V., *II Dominazione Austriaca, Governo, 1825-29*, b. LXVIII, fasc. 2/2, 25/10/1822.

e da prevenzioni hanno trovate utili quest'acque in medicina, e riportano casi di malattie disperate, ribelli a tutti gli altri mezzi dell'arte, guarite sotto l'uso di esse. Se così è, io certamente non potrei convenire in opinione col Dr. Melandri di sopprimerne l'uso. Se è stato utile [...] in casi disperati, ove da nessun altro rimedio sperar si poteva giovamento, e perché defraudare l'umanità sofferente di un mezzo così efficace di salute?». Occorre invece sperimentare ulteriormente in quanto i cattivi effetti, che indubbiamente esistono, sono dovuti più a scorretto impiego che a oggettiva tossicità. Del resto, osserva, rovesciando l'argomentazione del chimico padovano, «quanti immensi mali non ha prodotto la China, l'Oppio, il Mercurio, la Canfora, il salasso amministrati mal a proposito da medici inesperti o di un torto giudizio? I rimedij eroici i rimedj molto attivi sono come una spada affilata e possente. Questa spada nelle mani di un uomo saggio e valente difenderà salverà la vita de' Cittadini, nelle mani di un pazzo o di un cattivo soggetto, questa spada medesima li assassinerà». Quanto alle opposizioni egli ricorda che Pollini, buon botanico,<sup>42</sup> ma non famoso medico, interpellato su precisa richiesta delle autorità, era nemico di Catullo ancor prima della scoperta della fonte. D'altronde i disturbi osservati non sono mai stati gravi, mentre la somministrazione di preparati artificiali di ferro, come suggerito da Melandri, avrebbe, in dosi troppo elevate, procurato i medesimi effetti negativi osservati nell'uso dell'acqua catulliana. Proprio le analisi citate comprovano che «l'acqua anzidetta non contiene né rame, né alcuna sostanza velenosa». Non si può dunque vietarla, si deve invece usarla con particolari discipline e «sarà parimente utile, come saggiamente avvisa il sig. Dr. Melandri illuminare i Medici Pratici intorno le dosi ed i veri loro principj costitutivi, e la maniera loro di agire sull'organismo animale».<sup>43</sup>

Sulla base delle diverse testimonianze ottenute il governo di Venezia sottopose una relazione al Viceré ed alle autorità viennesi.<sup>44</sup> In seguito alle ripetute istanze del Catullo, che per la tutela dei suoi interessi e l'assegnazione del vitalizio si appellava direttamente al sovrano, la questione si sottraeva all'ambito strettamente amministrativo e richiedeva l'intervento dello stesso Ranieri. Questi, prima di decidere, volle sentire un ulteriore parere, esterno all'ambiente nel quale si erano prodotte le controversie descritte, e si rivolse alla facoltà medica di Pavia, che pur non sottoscrivendo il divieto, avvalorò le conclusioni di Melandri, sottolineando in particolare le caratteristiche di acidità della soluzione e la variabilità della concentrazione.<sup>45</sup> Così l'amministrazione veneziana, della quale

<sup>42</sup> In effetti la sua *Flora veronensis, quam in prodromum Florae Italiae septentrionalis exhibet c. P.*, 3 voll., Verona, Società tipografica 1822-24, è considerata fondamentale per tutta la flora veneta.

<sup>43</sup> *Informativo rapporto sulle acque di Civillina*, A.S.V., *II Dominazione Austriaca, Governo*, 1825-29, b. LXVIII, fasc. 2/2, 30/9/1822.

<sup>44</sup> A.S.V., *II Dominazione Austriaca, Governo*, 1822, b. LXXIII, fasc. 2/2, 16/2/1824.

<sup>45</sup> A.S.V., *II Dominazione Austriaca, Governo*, 1825-29, b. LXVIII, fasc. 2/2, 7/5/1824.

nel frattempo era entrato a far parte il Frari,<sup>46</sup> riprese le posizioni da questi formulate in precedenza ed al termine della lunga istruttoria espresse il parere, convalidato poi dal Viceré e dalla superiore istanza viennese,<sup>47</sup> di consentirne l'uso medico con particolari cautele: «lo smercio e la somministrazione delle acque acidule di Civillina dovranno esser soggetti a quelle stesse discipline che sono prescritte per li rimedj di grande attività, detti volgarmente eroici [e soltanto] mediante prescrizione medica».<sup>48</sup>

Le indagini di Melandri rappresentano un punto fermo nella storia delle acque di Civillina: all'epoca esse costituirono il riferimento per tutti i pareri dei medici coinvolti. Solo l'ateneo veneziano ne aveva rigettato la centralità, peraltro contraddicendosi allorché, nel prospettare l'esclusione del farmaco, come da lui stesso indicato, lo faceva proprio a causa dell'incertezza di composizione, dall'autore così accuratamente dimostrata. Esse condussero ad una netta correzione del decreto del 1818, dal libero smercio alla tassatività della prescrizione medica, una correzione che, nel suo essere una sintesi, o meglio una mediazione di valutazioni spesso controverse di esiti clinici del farmaco studiato, rimaneva ancorata ai precisi ed inoppugnabili risultati da lui forniti, conoscenze indispensabili per tutti gli interessati. Non era stato accolto il parere di escludere quest'acqua dalla pratica medica, ma tutte le sue indicazioni erano state pienamente recepite: nella versione pubblicata più tardi, nella quale egli tace la sua opposizione all'uso, egli può con sicurezza confermare il suo scetticismo sul nuovo ritrovato, ribadendo il punto sulla pretesa efficacia dei rimedi favolosi e ammonendo ancora circa la «molta saggezza [che] addomanda l'adopramento delle acque catulliane».<sup>49</sup>

La vicenda delle acque di Civillina merita attenzione dunque, si ritiene, sia per i risultati che per la complessa istruttoria che portò a conseguirli, indicativa delle difficoltà della materia e dello stato delle conoscenze dell'epoca. In ambito specificamente chimico la sua valenza storica va rintracciata nell'essere, almeno in area veneta, il primo esempio di applicazione di un procedimento analitico che supera la tradizione precedente. Il tema è stato trattato altrove,<sup>50</sup> ma non è forse inopportuno darne un breve accenno qui.

<sup>46</sup> *Almanacco per le province dell'I. R. Governo di Venezia per l'anno bisestile 1824*, Venezia, Andreola, s.d., p. 272.

<sup>47</sup> A.S.V., *II Dominazione Austriaca, Governo, 1825-29*, b. LXVIII, fasc. 1/1, 23/9/1825.

<sup>48</sup> A.S.V., *II Dominazione Austriaca, Governo, 1825-29*, b. LXVIII, fasc. 1/1, avviso a stampa del 10/11/1825. Il sovrano diede altresì ordine di continuare la sperimentazione e di fargliene rapporto. Anche durante questa fase istruttoria Catullo si adoperò per pubblicizzare la sua fonte; G. CATULLO, A. ZAMBELLI, (a cura di) *Storie di malattie sanate con le acque del Monte Civillina*, Venezia, Molinari 1823; «Gazzetta Privilegiata di Venezia», 30/5, 5 e 9/6/1824.

<sup>49</sup> G. MELANDRI, *Osservazioni chimiche ...*, cit. Per l'originale vedi n. 38. Con minori correzioni ortografiche questo studio venne ristampato in *Nuove ricerche fisico-chimiche ed analisi delle acque minerali di Recoaro e delle acque di Staro e Civillina*, Padova, Minerva 1830.

<sup>50</sup> A. BASSANI, *Il contributo ...*, cit.

Non è infrequente trovare, negli scritti degli studiosi della regione, le espressioni «analisi indeterminata» e «analisi determinata» usate rispettivamente nel senso odierno di analisi qualitativa e quantitativa. Si tratta di una formulazione introdotta dal docente padovano nel suo primo testo di chimica uscito nel 1810.<sup>51</sup> Nelle intenzioni di Melandri tale formulazione doveva superare la distinzione tra metodo «indiretto» e «diretto» allora usati, solo parzialmente assimilabili ai due distinti percorsi odierni. Il primo prevede l'uso di reattivi applicati alla soluzione in esame da cui si traggono informazioni sulla natura delle sostanze presenti e indicazioni generiche sulla loro quantità. Il metodo diretto invece, consiste nell'estrazione dall'acqua delle sostanze presenti per lenta evaporazione e poi in una serie di procedimenti rivolti a distinguere ed a ottenere separatamente in modo quantitativo i sali esistenti.<sup>52</sup> Questi sono ritenuti esser presenti come tali anche se gli analisti sono consapevoli della loro reciproca reattività in seguito a variazioni di temperatura e di concentrazione. Va da sé che le risultanze analitiche conseguenti sono quindi un riflesso delle modalità operative oltre che dell'effettiva natura e del dosaggio delle sostanze contenute nell'acqua minerale.

L'opportunità di determinare e quindi rappresentare separatamente le loro componenti acide e basiche venne presto sostenuta dai chimici, ma a ciò fu di ostacolo l'esigenza dei medici di correlare le caratteristiche terapeutiche delle acque con sostanze dall'identità e dalla composizione ben accertata, mentre assai meno significativo era il riferimento agli ossidi e agli acidi considerati isolatamente.<sup>53</sup>

Nel 1817 John Murray introdusse un nuovo metodo per la determinazione delle sostanze contenute nelle soluzioni minerali. Avvalendosi delle tavole di Wollaston che davano i rapporti di composizione di numerosi composti inorganici, l'analista scozzese insegnava a determinare disgiuntamente le componenti acide e basiche impiegando le reazioni quantitative allora note e procedeva poi, mediante calcoli stechiometrici, alla determinazione quantitativa dei sali. Qualora fossero possibili più combinazioni compatibili con i dati sperimentali, la conoscenza delle proprietà dell'acqua ed altre considerazioni estrinseche costituivano la guida per riconoscere la più probabile tra di esse.<sup>54</sup>

<sup>51</sup> G. MELANDRI, *Elementi di Chimica generale*, 2 voll., Padova, Seminario 1809-1810, II, pp. 417-442.

<sup>52</sup> Vedi, fra gli altri, F. ACCUM, *Trattato pratico per l'uso e l'applicazione dei reagenti chimici*, 2 voll., Milano, Silvestri 1819, *Analisi delle acque minerali*, II vol., pp. 111-182. Traduzione con aumentazioni di G. Pozzi.

<sup>53</sup> Per una illustrazione del problema a metà '800 vedi *Acque minerali - Interpretazione dei risultati dell'analisi*, in F. SELMI (diretta da), *Enciclopedia di chimica scientifica e industriale*, 13 voll., Torino, UTET, 1868-1881, I, pp. 365-367. Vedi altresì Z. SZÖKEFALVI-NAGY, F. SZABADVÁRY, *Ein Vorschlag zur Darstellung der Analyseergebnisse in «Ionenform» schon vor der Ausarbeitung der Ionentheorie*, «*Talanta*», 1966, 13, pp. 503-506.

<sup>54</sup> T.H. WOLLASTON, *A synoptic scale of chemical equivalents*, «*Philosophical Transaction*



Tali indicazioni metodologiche, sebbene molto discusse ed apprezzate nella letteratura dell'epoca, furono tuttavia poco praticate forse anche in seguito alla posizione assunta da Berzelius che, constatata l'impossibilità di esprimere mediante cifre le affinità relative dei diversi sali, trovava che:

il est, par conséquent, mathématiquement impossible de déduire avec certitude du résultat de l'analyse comment les acides et les bases sont combinés dans la solution commune. L'analyse fait connaître ce que le composé renferme. La théorie nous dit comme tout n'était réellement pas contenu dans l'eau, comme on le trouve dans le résultat de l'analyse; mais on aurait tort d'essayer tout autre rapprochement, car il ne serait que un'hypothèse vague.

[...]

Plusieurs chimistes ont essayé d'appliquer la doctrine des proportions déterminées au résultat de l'analyse des eaux minérales comme si on devait regarder chaque eau d'une source comme une seule combinaison chimique dans une proportion fixe [...], mais il ne faut pas admettre la même règle pour toutes les parties constituantes.<sup>55</sup>

Melandri analizzò le acque di Civillina nel periodo intercorso tra le proposte di Murray e le considerazioni di Berzelius e presentò i suoi risultati in due separate tabelle

Nella prima, vengono riportati i dati, ottenuti con saggi separati per quasi ogni componente, secondo la teoria dualistica di Berzelius:<sup>56</sup>

acido solforico	4,354
calce	0,691
magnesia	0,126
perossido di ferro	0,989
protossido di ferro	1,4465
silice	0,003
[totale residuo secco]	7,609

Poi, «dando il relativo acido alle basi salificabili che nell'acqua di Civillina certamente esistono in istato di sale servendomi delle proporzioni conformi a quelle registrate nella tavola di Wollaston», Melandri compila una seconda tabella esprimendo il contenuto dell'acqua nel seguente modo:<sup>57</sup>

of the Royal Society», 1814, 104, pp. 1-22. MURRAY, *Analyse de l'eau de mer, et observations sur l'analyse des sources salées*, «Annales de Chimie et de Physique», 1817, 6, pp. 63-83; *Formule générale pour l'analyse des eaux minérales*, ibidem, pp. 159-184.

<sup>55</sup> J. BERZELIUS, *Examen chimique des eaux de Carlsbad, de Teplitz et de Konigswart*, «Annales de Chimie et de Physique», 1825, 28, pp. 225-263, 366-406, in particolare pp. 259, 261.

<sup>56</sup> Si ricorda ancora che per acido si intende l'anidride solforica, SO<sub>3</sub>; gli altri composti elencati sono gli attuali ossidi.

<sup>57</sup> A.S.V., *Il Dominazione Austriaca*, I. R. Governo, 1822, b. LXXIII, fasc. 2/2, 18/5/1822. Il riferimento a Wollaston è omissso nella pubblicazione. I risultati sono espressi in denari/libbra metrica cioè g/kg. Il residuo secco corrisponde a circa 143 grani.

solfato di calce secco	1,664
protosolfato di ferro	3,071
silice	0,003
solfato di magnesia secco	0,383
deutosolfato di ferro	2,488
[totale residuo secco]	7,609

Questi valori sono ottenuti mediante un calcolo stechiometrico nel quale, in base per esempio al rapporto 24,6/74,6 per magnesia/solfato di magnesia si calcola che a 0,126 denari dell'ossido determinati in un litro d'acqua corrispondono circa 0,383 denari di sale.<sup>58</sup> Le sue analisi gli hanno permesso di stabilire l'assenza di cloruri e carbonati e pertanto la presenza di una sola componente acida rende il risultato obbligato.

Diverso per esempio sarà il caso delle acque di Recoaro in cui la compresenza di solfati e carbonati costringerà l'autore ad utilizzare criteri esterni per la loro differenziazione quantitativa.

Tra la scoperta e la regolamentazione delle acque di Civillina vennero eseguite, cosa del tutto inconsueta, almeno dieci analisi (parziali o complete) di cui è rimasta notizia;<sup>59</sup> la documentazione riportata consente di valutare e la novità dell'approccio analitico dell'ultimo autore e la consistente differenza per impostazione, accuratezza e completezza d'indagine. Ancora trent'anni più tardi, alla vigilia delle ricerche di Bizio, che furono all'origine del primo importante studio complessivo sulle acque minerali del Veneto,<sup>60</sup> un medico vicentino utilizza le conclusioni del 1823 nella discussione chimica del farmaco: nessun'altra indagine era stata condotta nel frattempo, a conferma della generale fiducia nel lavoro del docente padovano.<sup>61</sup>

Può esser utile riportare i risultati ottenuti da Giovanni Bizio,<sup>62</sup> a distanza di circa 40 anni, in un quadro di competenze chimiche del tutto trasformato, basti pensare ai trattati di Mohr e Fresenius pubblicati nel frattempo:

<sup>58</sup> La tabella degli equivalenti di Wollaston venne come è noto redatta su una base convenzionale: il rapporto determinato con i pesi atomici è 40,31/120,37.

<sup>59</sup> Non è stata rintracciata quella eseguita dal farmacista Luigi Toffoli di Bassano; G. BRUNATELLI, *Nuova acqua minerale*, cit., p. 316.

<sup>60</sup> G. DALL'OLIO, *La commissione per la monografia delle acque minerali del Veneto (1856-1878)*, «Rendiconti dell'Accademia Nazionale delle Scienze detta dei XL - Memorie di Scienze Fisiche e Naturali», serie V, 1993, vol. 17, p. II, t. II (111), pp. 389-405.

<sup>61</sup> P. FUMIANI, *Della virtù medicamentosa delle acque di Civillina del dott. P. F.*, Vicenza, Longo 1853.

<sup>62</sup> A. PAZIENTI, L.M. ROSSI, G. BIZIO, P. PISANELLO (a cura di), *Monografia delle acque minerali del Veneto*, Venezia, Antonelli 1862, pp. 261-314. I valori sono riportati in g/10 kg d'acqua. Il ferro è espresso tutto come protossido. Molti altri elementi sono presenti in tracce non ponderabili. L'analista poi redige il quadro dei risultati come aveva iniziato a fare Melandri.

acido carbonico	0,0343
ossigeno	0,0024
azoto	0,1170
cloro	0,0270
acido solforico libero (monoidrato)	2,2043
acido solforico combinato	29,4218
acido arsenico	0,0462
acido silicico	0,3160
soda	0,1118
potassa	0,0657
ammoniaca	0,0542
calce	3,6243
magnesia	2,6686
allumina	2,3374
protossido di ferro	11,8906
protossido di manganese	0,0479
perossido di rame	0,0095
[totale]	52,8253

L'analisi di Melandri regge sufficientemente al confronto: l'unica lacuna degna di nota riguarda l'alluminio, intravisto peraltro da un altro analista. Viene confermato il suo discorso sui carbonati: il chimico veneziano osserva che «l'acido carbonico allo stato di combinazione non esisteva né poteva esistere» e per quanto riguarda la quantità libera effettivamente presente essa è dell'ordine di qualche parte per milione così come per i cloruri anch'essi esclusi dal docente padovano.

Con la pubblicazione di Melandri la controversia si avviò così al suo naturale esaurimento. Qualche anno più tardi Pollini tornò marginalmente sulla questione sottolineando che il suo scopo era stato di avvertire il pubblico che «l'acqua minerale di Civillina è un'acqua ferruginosa, non acidulo-ferruginosa, come volle farci credere un mineralogista con una falsa analisi, mancandovi il gas acido carbonico che l'avrebbe resa una medicina assai pregevole [...]. Il chiarissimo professor Melandri, comeché abbia taciute le mie osservazioni, le ha però confermate appieno».<sup>63</sup>

Tommaso Catullo però non accettò il verdetto. Nel suo già citato *Trattato* pubblicato nel 1838, come pure nella seconda edizione del 1844, egli dedica un paragrafo alle acque di Civillina riproponendo integralmente la sua analisi del 1819, di cui si assume la paternità, ricordando come essa fosse stata in passato oggetto di polemiche che non riprende. Del tutto ignorato è il lavoro di Melandri, peraltro diligentemente citato in bibliografia. Poche pagine più avanti tutta-

<sup>63</sup> C. POLLINI, *Lettera del sig. dott. C. P. protomedico municipale aggiunto di Verona al chiarissimo sig. G. Santini I. R. Ispettore generale dei boschi del R. L. V. intorno a diverse particolarità riguardanti la botanica e la geologia veronese con un cenno sopra tre pubblicazioni dell'acqua minerale di Civillina*, «Biblioteca Italiana», 1827, 45, pp. 411-424.

via, parlando delle fonti di Recoaro, ciò non gli impedì di sottolineare, con singolare disinvoltura, che «onde spingere più innanzi le conoscenze sulla natura intima di quelle acque fu affidata l'analisi al più dotto e al più veritiero dei chimici italiani, a colui che seppe accrescere la certezza e l'autorità delle chimiche disquisizioni mediante l'applicazione della più severa critica filosofica; al fu professor Melandri». <sup>64</sup>

Questa ambivalenza di Catullo tra elogio formale e sostanziale rigetto, dettato nel suo caso da motivi personali, fu peraltro un atteggiamento diffuso: Melandri non ebbe il tempo di approfondire queste tematiche e le sue applicazioni della stechiometria alla chimica analitica, almeno nell'ambito delle acque minerali, rimasero a lungo un esempio isolato nella pratica scientifica italiana.

Le acque di Civillina furono usate fino alla fine del secolo: risultano aver conseguito un premio nel 1881. <sup>65</sup>

<sup>64</sup> T.A. CATULLO, *Trattato ...*, cit., pp. 325-352 e p. 379. Ebbe anche qualche parola di elogio per il suo più acerbo antagonista citando il «catalogo [faunistico] pubblicato dal celebre professor Pollini nell'operetta intitolata *Viaggio al Lago di Garda ...*, ibidem, p. 201. II edizione, Padova, Zambecari Sicca 1844, pp. 282-309 e p. 330.

<sup>65</sup> Vedi il fascicolo pubblicitario *Memoria sulle acque minerali Catulliane del Monte Civillina*, Schio, Marin 1887; vedi altresì D. DAL LAGO, *Geognostica del monte Civillina e le sue acque Catulliane*, Valdagno, Longo 1881.

PAOLO CAU (\*)

**Mezzo secolo di chimica  
nell'ateneo sassarese (1826-1877):  
gli spazi, gli strumenti, gli uomini del laboratorio (\*\*)**

**A half-century of Chemistry at the University of Sassari (1826-1877):  
spaces, instruments and men of laboratory.**

**Summary** - This paper is intended to shed light on the rôle of Chemistry in a «peripheral» academic context, like that of the University of Sassari, through the reconstruction of the vicissitudes of its chemical laboratory, during the fifty years from the establishment of professorship (1826) to the so-called «equalization» to the Secondary Universities (1877). With the help of records the stages of evolution have been followed, from the settlement in an inconvenient logistic context to the laborious setting up of the equipment, up to the achievement of a «very distinguished position among such establishments of the minor Universities of the Kingdom».

The last pages of this paper are given up to the teaching staff and preparators who practised their educational and experimental activity during those years, rich in important steps in the Science of Chemistry.

*L'istituzione della cattedra di chimica*

«Già da gran tempo avevamo [...] dichiarato ai due Magistrati sopra gli Studi l'intenzione di stabilire nelle università di Cagliari e di Sassari una cattedra di chimica generale e di chimica farmaceutica»: con questo prologo si apre la carta reale del 21 giugno 1826, con la quale Carlo Felice istituisce questi inse-

(\*) Archivio di Stato di Sassari.

(\*\*) Relazione presentata al VI Convegno Nazionale di «Storia e Fondamenti della Chimica» (Cagliari, 4-7 ottobre 1995). *Sigle*: A.S.SS. = Archivio di Stato di Sassari; ASCOMS = Archivio Storico del Comune di Sassari; ASUN = Archivio Storico dell'Università di Sassari; M.P.I. = Ministero della Pubblica Istruzione.

gnamenti negli atenei isolani.<sup>1</sup> Era passato da poco il quarto di secolo da quando Gian Francesco Galeani Napione ne aveva perorato l'inserimento all'interno dell'organico progetto di riforma degli studi dell'università di Torino presentato nel 1799 («utilissimo ai Medici, indispensabile per l'arte degli Speciali ... giovar può in mille modi alle arti tutte»)<sup>2</sup> Negli stati di Terraferma la chimica aveva raggiunto lo *status* di disciplina accademica alla fine di un percorso affatto lineare: la scienza era stata oggetto di tenaci pregiudizi, indicata come «l'art de empoisonner» dallo stesso Reggente della Riforma negli anni Ottanta del Settecento, mentre ben altra accoglienza aveva trovato in istituzioni extrauniversitarie dove il suo contributo veniva considerato indispensabile per mettere a frutto nuovi processi produttivi che avrebbero potuto allineare il Piemonte ai livelli dei paesi europei più avanzati.<sup>3</sup>

In Sardegna, l'avvio dei corsi accademici di chimica era stato agevolato, secondo Carlo Felice, da una favorevole congiuntura, «trovandosi in florido stato le rendite delle due università ed in pronto soggetti abili a coprir con lode le nuove cattedre».<sup>4</sup> La carta reale stabiliva che le nuove cattedre fossero aggregate rispettivamente alla facoltà di filosofia nell'università del Capo di Sotto ed «a medicina» in quella del Capo di Sopra: unica sostanziale differenza nell'ambito di un testo articolato in tredici punti che, per il resto, accomuna ogni aspetto afferente l'istituzionalizzazione dei due insegnamenti nel contesto dei rispettivi atenei.<sup>5</sup>

Una successiva carta reale del 1828, confermando l'aggregazione del professore di chimica alla facoltà di medicina dell'ateneo sassarese, la motiverà con «lo

<sup>1</sup> ASUN, *Carte Reali (1765-1857)*, cc. 134-136, Castello di Aglié, 21 giugno 1826.

<sup>2</sup> Il passo citato nel testo è tratto da G.F. GALLEANI NAPIONE, *Del modo di riordinare la Regia Università degli Studi*, Torino, 1993, a cura di P. BIANCHI, p. 152. Nel 1800 il Bonvicino verrà chiamato a ricoprire la prima cattedra di chimica istituita presso l'Università di Torino, ma ormai la creazione dell'insegnamento poteva considerarsi non più differibile dopo lo sfortunato tentativo di Carlo Giulio di istituirlo ufficialmente nel 1792. Sul Bonvicino cfr. la voce a cura di A. GAUDIANO, in *Dizionario Biografico degli Italiani*, vol. XII, pp. 476-477; sul suo ruolo all'interno dell'università torinese durante il periodo francese cfr. G.P. ROMAGNANI, *L'istruzione universitaria in Piemonte dal 1799 al 1814*, in *All'ombra dell'aquila imperiale* (Atti del Convegno, Torino, 15-18 ottobre 1990), II, Roma, 1994, pp. 556 sgg.

<sup>3</sup> L'espressione riferita dal Saluzzo è riportata in D. CARPANETTO, *L'Accademia delle Scienze e la Facoltà di medicina nel '700*, in *I due primi secoli dell'Accademia delle Scienze di Torino*, Torino, 1985, p. 229. Sul ruolo della cosiddetta «chimica utile» e sul suo insegnamento in ambito extrauniversitario cfr. F. ABBRI, «*De utilitate chemiae in oeconomiae reipublicae*». La rivoluzione chimica nel Piemonte dell'Antico regime, in «Studi storici», XXX, 1989, 2, pp. 401 sgg.; sui fautori dello sviluppo tecnologico sabaudo cfr. V. FERRONE, *Tecnocrati militari e scienziati nel Piemonte dell'Antico Regime*, in «Rivista storica italiana», XCVI, 1984, pp. 414-509 e W. BARBERIS, *Le armi del principe*, Torino, 1988.

<sup>4</sup> ASUN, *Carte Reali (1765-1857)*, cc. 134-136, doc. cit.

<sup>5</sup> *Ivi*.

scarso numero di professori di medicina» e con la particolare «distinzione con cui aveva compiuto gli studi medici» Antonio Fedele Iddocchio, il primo docente chiamato a ricoprire la cattedra di chimica a Sassari.<sup>6</sup> L'avvio dei corsi di chimica nell'ateneo sassarese non fu dei più agevoli per il professor Iddocchio: oltre a sollevare problemi di ordine generale inerenti la collocazione della chimica all'interno del piano di studi della facoltà medica, il docente denuncia tutta una serie di insufficienze (mancanza di un anfiteatro e della biblioteca, delle apparecchiature ed anche del reagentario) che ostacolano l'avvio di una normale attività didattica. La replica del viceré è altrettanto dura: «la cattedra di chimica della R. Università di Torino non ha anfiteatro né biblioteca e nondimeno istruisce numerosi allievi che diventano valenti chimici»; ed ancora, «i reattivi è stabilito che debbano prepararsi dal professore di chimica sia perché la spesa è minore, sia perché ha così una favorevole circostanza per istruire i suoi allievi»; circa le macchine, in attesa delle specifiche per il gabinetto chimico, viene auspicato l'utilizzo di quelle già esistenti nel laboratorio di fisica «che possono ugualmente servire ai professori di chimica e fisica e sono le più dispendiose».<sup>7</sup>

### *I locali e gli strumenti del laboratorio*

La carta reale istitutiva della cattedra di chimica aveva previsto l'allestimento di un laboratorio «nel più breve tempo possibile».<sup>8</sup> Allo scopo, il Magistrato sopra gli Studi aveva stanziato oltre 1.500 lire nel bilancio del 1828.<sup>9</sup> Nelle mire del Magistrato sopra gli studi il laboratorio si sarebbe dovuto insediare «nel vacuo esistente tra l'edifizio di questa Università e la muraglia di cinta di questa città», tratto di terreno di cui ottiene il rilascio della concessione dall'Intendente Generale nel 1832.<sup>10</sup>

Nel 1831 aveva stipulato con due artigiani locali i contratti per la costruzione del «laboratorio nella Regia Università con cortile, stanze, fornelli con carbone, legna ed altri oggetti» e per l'allestimento degli arredi in legno.<sup>11</sup> Colle-

<sup>6</sup> Idem, *Precisazioni in merito all'appartenenza dei professori di chimica*, Castello di Aglié, 24 settembre 1828.

<sup>7</sup> ASUN, *Dispacci (1766-1836)*, c. 204, Cagliari, 24 aprile 1827. Il testo contiene altri passi volti a dare un'immagine non propriamente positiva del docente dell'ateneo sassarese il quale si era permesso di avanzare molte critiche, a differenza del collega cagliaritano Salomone ed in più «non vuole fare lezione due volte al giorno, chiede di fare le sperienze in un giorno di scuola e di avere riposo il giovedì».

<sup>8</sup> ASUN, *Carte Reali (1765-1857)*, cc. 134-136, doc. cit.

<sup>9</sup> ASUN, *Relazioni generali (1820-1865)*, *Relazione 1827-28*, c. 70.

<sup>10</sup> ASUN, *Dispacci (1766-1836)*, c. 245, Cagliari 30 gennaio 1832.

<sup>11</sup> A.S.S., *Atti notarili copie, Sassari città, 1832*, I, rispettivamente cc. 150-154 e cc. 145-

gate al corpo di fabbrica dell'Università per mezzo di gradini e con una superficie prevista di 20 metri «in quadro», le case «dei fornelli» avrebbero ospitato «due fornelli da farsi a gradimento del professore di chimica, compresa la sua gratta di ferro al fornello al vapore»; altri particolari tecnici del capitolato di impresa prevedono che «il fornello avrà la sua cappa di cantoni colla sua piccola volta sopra ed il suo fumatojo in fine sopra il tetto sarà alto palmi quattro». Il progetto originario prevedeva anche la demolizione della volta della scuola di teologia «che formava l'aula antica», per realizzarne una nuova abbassata allo stesso livello del pavimento della «galleria superiore», al fine di ricavare spazi utili.

Nella relazione generale per il 1832-33 il massimo organo della locale università è costretto ad ammettere di non poter ancora attivare il laboratorio chimico «pel quale non mancherebbe che l'edifizio pel locale che è stato destinato». <sup>12</sup> La mancanza di fondi e le difficoltà di ordine burocratico-amministrativo costringeranno il Magistrato sopra gli Studi ad un brusco ridimensionamento dei programmi in materia: il laboratorio chimico, così come progettato inizialmente nel 1831, resterà un'«incompiuta», limitato in unico ed angusto vano.

Mentre il Magistrato sopra gli studi è impelagato nelle questioni connesse al reperimento dei locali, nell'agosto del 1831 dalla Segreteria di Stato si dà notizia dell'imminente invio degli strumenti ed utensili per il laboratorio commissionati al «macchinista» Fest di Torino: un cannello ferruminatore a mantice ed uno a spirito, una bottiglia di Leida ed una pila di Volta con 60 paia di dischi, due apparati di Woulf, cinque termometri (due differenziali di Leslie), barometro, eudiometro, due bilance (esattissima ed ordinaria); ed ancora «lambicchi», mortai, capsule d'argento, palloni, storte, matracci, tubi, campanelle; alcuni utensili erano stati ordinati a Parigi con diciotto reagenti chimici. <sup>13</sup>

Viceversa, scorrendo lo stato di servizio di Antonio Maninchedda, succeduto ad Iddocchio nel 1836, apprendiamo che «dopo il secondo anno di cattedra, siccome nell'Università di Sassari non si erano ancora date pubbliche esperienze per difetto di tavoli, macchine, apparecchi ed altri utensili, gli fu forza anticipare dal suo ristrettissimo domestico censo L. 400 per compra di tali utensili». <sup>14</sup> Ciò consente di datare la 1837-38 l'avvio degli esperimenti dimostrativi nel gabinetto chimico, ma non di conoscere la sorte delle apparecchiature

149. Questi atti integrano la documentazione conservata in ASUN, *Dispacci (1766-1836)*, cc. 245<sup>v</sup>, 255, 257, 258 relative alla «pianta» con «spiegazione» ed alla rappresentazione di tutta l'area dell'insediamento.

<sup>12</sup> ASUN, *Relazioni generali (1820-1865)*, *Relazione 1832-33*, c. 112<sup>v</sup>.

<sup>13</sup> ASUN, *Dispacci (1766-1836)*, c. 254, Torino, 17 agosto 1831; alla c. 263 l'elenco delle macchine col rispettivo prezzo.

<sup>14</sup> ASUN, *Stati di servizio, ad vocem*.



annunciate nel 1831. Spetterà ad un inventario, scorporato in due parti, fotografare la dotazione strumentale del laboratorio ai tempi dell'insediamento del Maninchedda e dar conto delle acquisizioni effettuate durante la sua direzione.<sup>15</sup>

Inizialmente, l'armamentario era fatto di pochi semplici utensili. Non mancavano palloni, matracci, storte, campane con e senza rubinetti, «lambicchi» di rame, bicchieri di varia grandezza, capsule di porcellana, crogiuoli assortiti, imbuti, tubi, mortai, ma il tutto in numero eccessivamente esiguo. Le bottiglie di Woulf erano sei e due i fornelli a riverbero. Un involucro con 7 pacchetti più alcuni «reattivi» sfusi costituivano la misera dotazione del reagentario.

Viceversa, nel 1849, all'atto del passaggio di consegne tra il secondo docente di chimica ed il suo successore, il professor Bonifacio Vallero,<sup>16</sup> nel laboratorio figuravano anche alcuni degli strumenti che dovevano necessariamente essere presenti in un gabinetto chimico, pur se «povero», della prima metà del XIX secolo: apparecchi di misura quali bilancia, termometri differenziali, a mercurio e per i bagni; un barometro, un aerometro, un gasometro, un eudiometro; e poi, la pila di Volta e la bottiglia di Leida; ed ancora, un «schalumeau» ed una lampada a mantice, a rappresentare le sorgenti di energia. Effettuando le dovute comparazioni, emerge una dotazione strumentale grosso modo simile a quella annunciata nel 1831, con in più l'aerometro ed il gasometro.

Dopo questo avvio faticoso, dai risvolti non del tutto dipanati, il laboratorio continuerà a svilupparsi in un unico locale, angusto e fumoso, nell'accezione letterale del termine: nel 1855, Antonio Maninchedda, nel frattempo passato alla cattedra di patologia medica, ne denuncia la pericolosità per la salute di quanti sono costretti ad operarvi: «è necessario farvi agire i fornelli con grave incomodo oltre degli ufiziali eziandio degli studiosi che denno soggiacere all'azione del fuoco prodotta e dei gaz che con frequenza esalano ... taluno di essi [ufiziali] per siffatta cagione qualche volta è andato soggetto a forte malattia di petto e polmonare», a confermare, se ce ne fosse bisogno, la pericolosità per così dire «strutturale» di un ambiente di lavoro quale il laboratorio chimico evidenziata anche da una ricca aneddotica.<sup>17</sup>

«Non gli mancherebbe che l'ampliamento del locale»: così l'ex professore di chimica chiude la relazione sul gabinetto chimico. La soluzione più naturale avrebbe previsto una sua estensione in direzione del «piccolo tratto di terra di

<sup>15</sup> ASUN, *Registro d'inventari, Inventario degli oggetti esistenti nel laboratorio chimico di questa R.<sup>a</sup> Università praticatosi nel giorno 15 maggio 1849* [...], s.n.

<sup>16</sup> Dopo la nomina a professore, il Vallero libera il posto occupato nel «Real Collegio Carlo Alberto per gli studenti delle provincie» indirizzati allo studio delle scienze esatte o delle scienze naturali: cfr. ASUN, *Dispacci (1849)*, c. 127. Dopo la laurea, per sedici giorni «attese ai lavori pratici di chimica applicata alle arti del professor Ascanio Sobrero»: cfr. ASUN, *Dispacci (1847-48)*, c. 79.

<sup>17</sup> ASUN, *Registro Giunte, Relazioni Generali, Solennità*, c. 85<sup>v</sup>, Sassari, 27 dicembre 1855.

metri 40 annesso all'edificio della Università e collimitante col gabinetto chimico», peraltro già vincolato a siffatta destinazione d'uso dal soppresso Magistrato sopra gli Studi: lo stesso Antonio Maninchedda, per cinque anni, aveva rinunciato alle 1.190 lire annuali spettanti al docente di chimica, destinandole all'ampliamento del laboratorio chimico in quel sito.<sup>18</sup> Tali intendimenti si scontrarono con la pervicace resistenza del dicastero delle Finanze al quale era passata la giurisdizione sul terreno, dove preferì impiantarvi un corpo di guardia per le nuove carceri di Porta Nuova.<sup>19</sup> Relegata in un'ala dell'antico collegio gesuitico, l'università soffriva di una perenne fame di spazi, «in una condizione di strutturale precarietà».<sup>20</sup> Le difficoltà incontrate negli svariati tentativi volti alla acquisire locali ed aree confinanti di pertinenza degli uffici finanziari obbligavano a ricercare soluzioni interne che presupponevano, con un gioco di incastri, una redistribuzione di tutti gli spazi utili dell'ateneo: in quest'ottica va intesa la proposta avanzata nel 1857, volta ad ottenere la cessione della scuola di teologia al gabinetto chimico.

Spetta ad un inventario offrire la configurazione del laboratorio in quell'anno.<sup>21</sup> Mettendolo a confronto col precedente, possiamo avere un quadro delle nuove acquisizioni: un apparecchio per dimostrare la dilatazione, due trombe aspiranti, due palloni idrostatici «a gas idrogeno» con cassetta di latta, un bilancino «con cassetta esattissima», mentre la dotazione delle bottiglie di Woulf sfiora le due decine. Si registrano anche le dismissioni delle prime apparecchiature, giudicate «inservibili»; questo è il giudizio espresso, dopo venti anni, per la bilancia e per il gasometro. Quantitativamente e qualitativamente più significativo pare l'incremento registrato dal laboratorio nell'ambito degli utensili: scorrendo l'inventario ci imbattiamo in una novantina di bottiglie a collo stretto contenenti diversi reagenti liquidi, 50 a bocca larga ospitanti diversi sali, 75 palloni ed una sessantina di matracci di varia grandezza; ed ancora, treppiedi, soffietti, pinze, rubinetti stanno inequivocabilmente a dimostrare il *gap* tra il precedente armamentario e quello messo a disposizione di Antonio Pansa, il nuovo docente della materia proveniente dal Regio Istituto Tecnico di Torino.<sup>22</sup> Ma è anche la presenza, pur se numericamente non rilevante, dei libri a fare la differenza: 29 volumi per 16 titoli costituiscono la piccola biblioteca un tempo appartenuta a Bonifacio Vallero e da questi lasciata in dotazione al laboratorio.<sup>23</sup> Sono presenti testi di grande diffusione europea quali il *Trattato di chimica elementare teorico*

<sup>18</sup> *Ivi*.

<sup>19</sup> Cfr. anche G. FOIS, *L'università di Sassari nell'Italia liberale*, Sassari, 1992, p. 23.

<sup>20</sup> *Idem*, p. 26.

<sup>21</sup> ASUN, *Registro d'inventari, Inventario degli oggetti esistenti nel Laboratorio Chimico di questa Università praticatosi nel giorno 11 dicembre 1857 [...]*, S.n.

<sup>22</sup> ASUN, *Stati di servizio, ad vocem*.

<sup>23</sup> ASUN, *Stati di servizio, ad vocem*.

*pratica* di Thenard, edito tra il 1813 ed il 1816 ed il *Corso elementare di chimica* che il Regnault pubblica tra il 1847 ed il 1849; o ancora, gli *Elementi di chimica* di Orfila e la *Filosofia chimica* di Dumas. Non mancano trattati di chimica mineralogica e di analisi chimica. Liebig è presente col testo di *Chimica agraria*. Proporzionalmente, non è esigua la rappresentanza italiana con gli *Elementi di chimica generale* di Cantù, il Selmi-Michelotti di *Chimica*, gli *Elementi di chimica applicata alla medicina e farmacia* di Michelotti, il *Manuale chimico-legale* di Pandolfini; ed ancora, la *Farmacopea Italiana* e, all'ultimo posto dell'elenco, quella *Sarda* edita dal Paglietti nel 1753. Viceversa, al primo posto compare *Le confiseur moderne on l'art du confiseur* del Machet, presenza non casuale.

«Per ragione della nuova legge tutte le lezioni ora sono sperimentali»: con questa motivazione Antonio Pansa, da poco insediato nella cattedra di chimica generale e fresco di nomina come docente nella scuola di farmacia, giustifica la richiesta di aumento dello stanziamento annuale di 700 lire destinato al locale laboratorio chimico; il passo successivo è l'invio al Ministero della Pubblica Istruzione di una «nota di utensili necessarii pel laboratorio chimico per gli esercizi di manipolazione e per le lezioni sperimentali». <sup>24</sup> In effetti, l'attività didattica di laboratorio sembra riscuotere un'attenzione maggiore a livello legislativo, attraverso l'emanazione, nel 1856, della legge istitutiva delle scuole di farmacia in tutte le università del Regno al cui dettato si ispira il successivo «Regolamento per gli esercizi e per gli esperimenti di manipolazione nelle scuole di farmacia» relativo all'attività didattica di laboratorio. <sup>25</sup> Nello stesso anno viene approvato il «Regolamento degli studi medico-chirurgici nelle Università di Cagliari e di Sassari»: questo, nello specifico, stabilisce che «le lezioni di chimica e di farmacia debbano essere accompagnate da dimostrazioni pratiche ed esperienze». <sup>26</sup> Il governo centrale, affiancando all'usuale contributo annuo per il laboratorio chimico una somma di 250 lire specificamente destinata alle manipolazioni nella scuola di farmacia, stanziava anche un contributo straordinario di 1.000 lire per l'acquisto degli utensili indicati dal Pansa. <sup>27</sup> Le fonti locali documentano acquisti per metà dello stanziamento fissato: il Pansa si rivolgerà a Carlo Rombotto e Giuseppe Buscaglione, rispettivamente fabbricanti di vetri e di stufe, al «macchinista» genovese Francesco Ferro, al negoziante di terraglie Severino Rossi ed al farmacista Schiapparelli. <sup>28</sup>

Fino al pareggiamento alle università secondarie, obiettivo raggiunto solo nel 1877, l'ateneo sassarese vivrà il periodo dei cosiddetti «anni difficili», anche

<sup>24</sup> ASUN, *Lettere al M.P.I.* (1857-62), rispettivamente nn. 57 e 69 del 2 e 16 gennaio 1858.

<sup>25</sup> Cfr. *Regio decreto 7 settembre 1856*, in particolare gli artt. 6, 8 e 22 prescriventi gli esercizi di manipolazione; il successivo *regolamento* è del 26 agosto 1857.

<sup>26</sup> *Regio decreto 25 luglio 1857*, n° 2324, art. 7.

<sup>27</sup> ASUN, *Dispacci* (1858), c. 17, 29 gennaio 1858 e *Dispacci* (1857), c. 36.

<sup>28</sup> ASUN, *Dispacci* (1858), c. 179 e c. 264.

se è doveroso dire che sarebbe improbo trovarne di «facili». Grazie ad una «cordata» di salvataggio degli enti locali era stata scongiurata l'applicazione dell'art. 177 della legge Casati che nel 1859 aveva sancito la soppressione dell'università di Sassari e la conseguente devoluzione delle attrezzature scientifiche agli istituendi «stabilimenti» di istruzione secondaria e tecnica. Comune e Provincia di Sassari avevano garantito, a partire dal 1860, un contributo di 45.000 lire annue, a conferma di un rapporto sempre più stretto tra l'università e la vita civile cittadina: sui banchi del consiglio comunale sedeva, con altri quattro colleghi di medicina, anche il più volte ricordato professor Antonio Maninchedda.<sup>29</sup> Dalle 15.000 lire stanziati dal municipio nel 1861 erano stati prelevati i fondi necessari per l'acquisto delle apparecchiature indicate come «strumenti di fisica ... per il gabinetto chimico» in un processo verbale redatto nel 1863.<sup>30</sup> Nel documento si precisa che gli strumenti, da intendersi di proprietà del comune, sarebbero rimasti in custodia presso il gabinetto chimico sotto la personale responsabilità del direttore, il docente di chimica Antonio Pansa. L'inventario è diviso in due elenchi nei quali vengono riportati gli strumenti, con i relativi prezzi, contenuti in due distinte casse di legno. Nel primo elenco, redatto in francese, sono compresi tra gli altri: una macchina pneumatica a doppio esaurimento, sistema di Babinet, a due campane; una pompa di Gay-Lussac; «un appareil pour la lumiere électrique»; un «chalumeau» con tubi di caucciù ed uno con serbatoio; un matraccio di «baudruche avec filtre carbonique». Viceversa, la seconda cassa «spedita dal sig. Duroni» conteneva oltre che una non cospicua dotazione di utensili quali imbuti, crogiuoli, flaconi, tubi Liebig e sifoni con aspiratore, alcuni strumenti quali l'idrotimetro per l'analisi delle acque, l'igrometro di de Saussure in ottone, il barometro alla Gay-Lussac montato in mogano, ed ancora una pompa «eliso» ed un apparato per l'analisi elementare «secondo Pirial» (testuale).

In virtù di queste acquisizioni, il gabinetto chimico viene definito «in via di miglioramento» in una risposta ad una circolare ministeriale sullo stato della locale università: «tanto è vero che negli ultimi esperimenti operatisi concorrevano distinte persone e tutti ebbero a restare soddisfatti dello sviluppo di tale stabilimento e della utilità scientifica che ne ritraeva la gioventù studiosa e coloro che ancora sebbene estranei attengono a tale scienza».<sup>31</sup> Il tenore delle

<sup>29</sup> Cfr. G. FOIS, *Gli «anni difficili» dell'Università di Sassari*, in *L'Università di Sassari nell'Italia liberale*, cit. e ID., *L'Università di Sassari tra Ottocento e Novecento*, in AA.VV., *Le Università minori in Italia nel XIX secolo*, Sassari, 1993, a cura di M. Da Passano, pp. 81 sgg.

<sup>30</sup> ASUN, *Registro d'inventari, Inventario degli strumenti di fisica [...]*, 20 febbraio 1863, s.n. Le macchine furono acquistate personalmente dal Pansa a Torino: cfr. ASUN, *Lettere al M.P.I. (1862-69)*, n. 696, 13 gennaio 1863. Sul contributo municipale cfr. A.S.SS., *ASCOMS*, b. 88, fasc. 24, cc. 97-97'.

<sup>31</sup> ASUN, *Lettere al M.P.I. (1862-69)*, n. 712, 2 marzo 1863.

ultime parole lascerebbe intendere «un'apertura» del laboratorio verso il mondo extrauniversitario, peraltro già preannunciata dalla richiesta di istituzione di un corso gratuito di venti lezioni di chimica applicata, avanzata nel 1861 al Ministero della Pubblica Istruzione.<sup>32</sup>

Nel 1865 verrà redatto un inventario degli «oggetti esistenti tanto nel laboratorio che nella scuola di chimica» per ufficializzarne la presa in carico da parte di Antonio Grimaldi, il nuovo titolare della cattedra, dirottato nell'ateneo sassarese da Piria.<sup>33</sup> Il documento consente di verificare, oltre alla persistenza di alcuni pezzi, per così dire, «storici» (quali i due fornelli a riverbero dichiarati «in cattivo stato», ma non inservibili), anche la consistenza delle ultime acquisizioni, come i quattro fornelli a coppella: uno completo, due di ferro, uno con la capsula di ferro per distillare l'acido solforico. È palpabile il nuovo impulso registrato dall'analisi chimica, grazie alla presenza di un apparecchio completo di Liebig per l'analisi elementare delle sostanze organiche, dei due alcolimetri, del pesabirra, pesavino, pesalatte di Chevreul, etc., della cassetta di reagenti e materiali per l'idrometria; e poi, l'alcolometro di Gay-Lussac e quello di Cartier, 5 aerometri (due comuni più quelli di Gay-Lussac, Nicholson e Wagner). Risulta potenziato anche il settore dell'elettrochimica grazie alla presenza di un voltmetro con due campanelle, un elettroforo con manico di vetro e coda di volpe, sei «coppie elettriche alla Bunsen», un'altra bottiglia di Leida. Costituiscono altre significative presenze oltre ad un prisma di cristallo, la lampada di sicurezza di Davy e l'apparecchio di Drummond. Il reagentario è, potremmo dire, finalmente, indicato nell'inventario in un elenco a parte comprendente 73 «reattivi»; a questo fa seguito una nota dei 200 e più pezzi di mineralogia di pertinenza del gabinetto chimico la cui raccolta era stata avviata da Pansa e messa a disposizione del nuovo docente Antonio Grimaldi.

Questi aveva riportato all'attenzione delle autorità accademiche il problema del locale «soverchiamente ristretto e disadattato» ospitante il laboratorio chimico, che era di ostacolo a «certe pure necessarie esperienze».<sup>34</sup> Per il suo risanamento «nonché per il necessario acquisto di alcune macchine» aveva ottenuto dal ministero un finanziamento straordinario di 1.500 lire che avrebbe consentito «di rendere più proficuo l'importante insegnamento della chimica organica ed inorganica non che quello della chimica farmaceutica».<sup>35</sup> Nei primi mesi del 1867 hanno termine «le opere di adattamento e di ristauero» commissionate ad

<sup>32</sup> ASUN, *Lettere al M.P.I. (1857-62)*, n. 609, 28 dicembre 1861.

<sup>33</sup> ASUN, *Registro d'inventari, Inventario generale degli oggetti esistenti tanto nel laboratorio chimico che nella scuola rispettiva di questa R. Università compilatosi nel giorno 10 gennaio 1865* [...], s.n.; sul Grimaldi cfr. ASUN, *Stati di servizio, ad vocem*.

<sup>34</sup> ASUN, *Ragguagli sull'andamento della scuola di farmacia per l'anno scolastico 1864-65*, c. 219.

<sup>35</sup> ASUN, *Lettere al M.P.I. (1862-69)*, n. 929, 9 giugno 1865 e n. 1175, 13 gennaio 1867.

un artigiano locale; nella relazione generale per il 1866-67, stesa dal rettore, il laboratorio chimico compare come «fornito delle più importanti macchine e di un soddisfacente numero di utensili e di quant'altro è necessario per le chimiche dimostrazioni», tanto da occupare «un posto assai distinto tra i simili stabilimenti delle minori università del Regno».<sup>36</sup>

Col passaggio di Grimaldi alla cattedra di chimica farmaceutica dell'università di Siena, nel 1871, non riuscirà a decollare il suo progetto «per la costruzione di fornelli e forni fusorii per l'estrazione dei metalli» che avrebbe comportato un investimento di 500 lire, pari alla metà della somma stanziata in bilancio per il laboratorio chimico: «la quale spesa non fu fatta e sarebbe del resto, giusta l'avviso pure di valenti chimici d'Italia, riuscita ad un soverchio ed inutile lusso, dove alle lezioni di chimica occorrono soli studenti di medicina e di farmacia», così si esprimeva il rettore del locale ateneo. Della gestione Grimaldi restavano da onorare solo le spese per 250 lire «per oggetti» il cui acquisto era stato commissionato al signor Pierucci, «macchinista» dell'università di Pisa.<sup>37</sup>

Gli inventari di laboratorio si sono confermati chiavi privilegiate per la ricostruzione dei modelli culturali di riferimento. Anche se forse non sarà precauzione eccessiva ricordare un utilizzo doverosamente cauto di queste fonti documentarie: non meccanicistico, soprattutto in relazione ai tempi di penetrazione di alcuni strumenti in un contesto dove, pure, il Cetti aveva introdotto il «globo elettrico» negli anni Sessanta del Settecento per spiegare l'elettricismo del Beccaria; e dove lo stesso Cetti aveva richiesto, tramite l'interessamento del Bogino, che venisse inviata «una buona macchina pneumatica con sufficiente varietà di campane con che incominciare a soddisfare il pubblico».<sup>38</sup>

### *Gli uomini*

Dal 1837-38, l'anno accademico di presumibile avvio degli esperimenti dimostrativi, e per oltre un trentennio, l'attività del gabinetto chimico appare quasi un «affare di famiglia». Per il primo decennio, il laboratorio viene gestito in prima persona da Antonio Maninchedda, docente di chimica generale e di chimica farmaceutica che svolge anche le funzioni di preparatore, in assenza di una figura con tali mansioni nell'organico del laboratorio.<sup>39</sup> Nel 1841, alla vigi-

<sup>36</sup> *Idem*, rispettivamente n. 1212, 4 maggio 1867 e n. 1252, 1 settembre 1867. Sassari compariva come la più piccola tra le cosiddette «piccole» Università: cfr. G. FOIS, *L'Università di Sassari nell'Italia liberale* cit., p. 20.

<sup>37</sup> ASUN, *Lettere al M.P.I.* (1869-76), n. 1655, 16 dicembre 1871.

<sup>38</sup> Cfr. E. VERZELLA, *L'Università di Sassari nell'età delle riforme (1765-1773)*, Sassari, 1992, pp. 158 sgg.

<sup>39</sup> ASUN, *Stati di servizio, ad vocem*.

lia dell'abolizione della dittatura dei trattati e della adozione come manuali di studio dei testi di «rinomati autori» e dei soli trattati dati alle stampe con l'approvazione del governo centrale, anche l'elaborato di Antonio Maninchedda non ottenne questo benessere, analogamente a quelli presentati dagli altri colleghi sassaresi di medicina, con la sola eccezione del professore di «materia medica», Vincenzo Achenza. Cassando l'opera come carente «nella parte più importante ... che chiamasi operativa», la commissione auspicava che «qualora il professor Maninchedda abbia i mezzi per poter sperimentare lui stesso ... giungerebbe allo scopo ... indirizzando i suoi allievi nell'arte di sperimentare e di convincersi da loro stessi»: giudizio duro, forse anche meno «digeribile» da parte di chi per avviare il laboratorio si era esposto con anticipazioni personali.<sup>40</sup> Per la cronaca, il docente passerà dopo due anni alla cattedra di patologia medica, pur tenendo l'insegnamento di chimica fino al 1848, in attesa di un nuovo docente, e diventerà rettore del locale ateneo.

Appare senz'altro più anonima, passata all'ombra del più influente fratello, la carriera di Francesco Maninchedda, dal 1849, preparatore del gabinetto chimico, ed in seguito anche docente incaricato dell'insegnamento di chimica farmaceutica.<sup>41</sup> Sarà lui il referente per molte generazioni di studenti — pochi all'anno, in verità — obbligati a frequentare il laboratorio chimico: valga per tutti il prospetto delle presenze nel 1857, richiesto dal superiore ministero all'ateneo sassarese che non contempla alcuno studente di medicina e quattro della scuola di farmacia.<sup>42</sup> Questi titoli di servizio sommati agli altri, quali le supplenze dei titolari delle cattedre (inclusive della direzione del laboratorio) e le reggenze della scuola di farmacia, non gli consentirono di accedere alla docenza straordinaria alla fine della carriera. Al di là degli indubbi meriti acquisiti «sul campo» («pur disimpegnando assai bene per lunga pratica le sue incombenze»), in tutta la sua carriera aveva prodotto solo «tre o quattro pagine sopra un'analisi di acque minerali» e questo perché difettava «in cognizioni letterarie»: questa lacuna non gli aveva consentito non solo di partecipare ai concorsi universitari, nonostante le sollecitazioni pervenutegli, ma neanche a quello per collegiato.<sup>43</sup>

<sup>40</sup> ASUN, *Dispacci (1837-41), Estratto di parere emesso intorno al trattato del dottore Maninchedda professore di chimica generale nella Regia Università di Sassari*, c. 430 ed anche *Relazioni generali (1842-43)*, cc. 148-149. Sull'abolizione della dittatura cfr. in generale I. BROCCHI, *Le università sarde dopo la «fusione perfetta»*, in AA.VV., *Le università minori* cit., p. 46.

<sup>41</sup> ASUN, *Deliberazioni della scuola di farmacia*, c. 4, 14 marzo 1861; l'incarico come docente di chimica farmaceutica gli venne conferito «giusta l'art. 6 del regolamento annesso al decreto del 25 luglio 1857».

<sup>42</sup> ASUN, *Lettere al M.P.I. (1857-62)*, n. 89, 26 febbraio 1858.

<sup>43</sup> ASUN, *Lettere al M.P.I. (1869-1876)*, n. 1621, 4 settembre 1871 e n. 1742, 27 settembre 1872.

Queste note estrapolate dai pareri rettorali sono utili al fine di lumeggiare la personalità di colui che forse più dei docenti susseguì nella cattedra, concorse a dare un'impronta personale allo stile di funzionamento del locale laboratorio chimico: una personalità affatto differente da quella di impostazione accademica rappresentata, ad esempio, da Luigi Cresti, assistente di chimica generale nel 1877-78, che si presenta all'ammissione per il concorso per farmacista aggregato con all'attivo cinque pubblicazioni (articoli esclusi) ed un lavoro in corso vertente sull'«Avviamento all'analisi chimica».<sup>44</sup>

Tra le fonti documentarie accademiche locali non abbiamo rintracciato quaderni o registri che consentano di far luce sull'attività quotidiana del locale gabinetto chimico; né a ciò suppliscono altri documenti, quali gli stati di servizio (utili per altri versi) o le relazioni annuali dei docenti e del rettore, con i loro riferimenti generici. Il silenzio delle fonti è sempre di difficile interpretazione e non sappiamo quanto sia da considerarsi casuale il primo riferimento «esplicito» all'attività didattica di laboratorio ove nel 1874-75 «furono istituite delle esercitazioni pratiche nelle quali i giovani allievi due volte la settimana e per la durata di tre ore per volta si addestravano nelle manipolazioni chimiche, nelle ricerche analitiche e nella preparazione dei prodotti chimici attenenti la farmacia». Così si esprimeva il nuovo docente Carlo Giannetti per il quale «la parte sperimentale ebbe ancora il suo maggior sviluppo» nella scuola di chimica ove il preparatore Luigi Cresti «ha coadiuvato i giovani nella parte pratica del laboratorio».<sup>45</sup>

La più recente storiografia ha delineato il panorama non propriamente esaltante della chimica accademica italiana post-unitaria che doveva scontare un ritardo più che decennale rispetto ai paesi più avanzati: un panorama contrassegnato da alcune avanguardie, le sedi dove operarono gli uomini che hanno fatto la storia della chimica nostrana ed un'altra Italia che stava molto al di sotto rispetto a questi centri élitari in termini di organizzazione e trasmissione del sapere chimico.<sup>46</sup> Se assumiamo le note pubblicate sulla «Gazzetta Chimica» come indice dell'attività sperimentale con tutte le cautele segnalate da Cerruti e colleghi, scopriamo che Sassari, almeno per quinquennio 1871-75 è tra le dieci sedi «attive»;<sup>47</sup> segno del passaggio di ricercatori validi e vogliosi di fare bene come Giannetti ed Alessandro Volta, il nipote, che consentono al locale ateneo di affacciarsi, almeno una volta, al proscenio della comunità chimica italiana, anche se con uno studio sul processo di «produzione dell'ozono a mezzo delle scariche elettroforiche», condotto «contemporaneamente e a perfetta insaputa»,

<sup>44</sup> ASUN, *Deliberazioni del consiglio farmaceutico (1877-78)*.

<sup>45</sup> ASUN, *Ragguagli sull'andamento della Scuola di Chimica (1874-75)*, c. 33.

<sup>46</sup> P. ANTONIOTTI, L. CERRUTI, M. REI, *I chimici italiani nel contesto europeo (1870-1900)*, in *La scienza accademica post-unitaria*, Milano, 1989, a cura di V. Ancarani, pp. 165 sgg.

<sup>47</sup> Cfr. *Ivi*, p. 156, tab. 11.



come ammetteranno, delle indagini dell'americano Wright cui verrà riconosciuta la paternità.<sup>48</sup>

Si era, comunque, avverato il presagio del professor Umana, relatore sull'andamento della facoltà medica per il 1861, che aveva definito il laboratorio chimico «indispensabile e di immensa base di utile insegnamento», un luogo dove «col buon accordo, colle sagge istituzioni e più col buon volere si possa riuscire a fare col poco quanto altrove molto difficilmente si ottiene».<sup>49</sup>

<sup>48</sup> Cfr. «Gazzetta Chimica», rispettivamente a. 1874 (IV), pp. 471-478 ed a. 1875 (V), pp. 439-451.

<sup>49</sup> ASUN, *Registro delle riunioni e dei processi verbali della Facoltà medica, Relazione 1861*, c. 32.

GIULIANO DALL'OLIO<sup>a</sup> - ROMOLO M. DORIZZI<sup>b</sup> - PAOLO TELESFORO<sup>c</sup>

## **Il laboratorio di Chimica Clinica dell'Ottocento negli studi di Tossicologia e Farmacologia (\*)**

### **The Clinical Chemistry Laboratory of XIXth Century in the Toxicology and Pharmacology Studies.**

**Summary** - In the middle of XIXth century, the development of a new medical science and the progress of theoretical and practical chemistry improved the chemical investigations on biological fluids for the diagnosis.

This marks the birth of «Clinical Chemistry» which allowed the investigations on the biological fluids in health and ill subjects providing useful information for the diagnosis and the therapy of diseases.

The physician became aware of the help that Chemistry could provide to him and started the experiments which lead to a new branch of Clinical Chemistry: «Toxicology and Clinical Pharmacology».

The physician asked to the chemist to measure the toxic substances and especially the drugs present in blood and in saliva or excreted in urine in order to understand the pathways and the distribution in the body in relation to the drug intake.

These data helped the correct therapy and avoided dangerous overdosage and inadequate dosage.

In the present paper the «state of the art» of «Toxicology and Clinical Pharmacology» in the second half of XIXth century are discussed presenting some of the «founder fathers» of Clinical Chemistry in Italy: Gaetano Primavera (1832-1899) who worked in Napoli; Giacinto Namias (1810-1874) and Giovanni Bizio (1823-1891) who worked, often together, in Venezia.

<sup>a</sup> Laboratorio di Chimica clinica ed Ematologia, Ospedale S. Bortolo, Vicenza.

<sup>b</sup> Laboratorio di Chimica clinica ed Ematologia, Azienda Ospedaliera, Verona.

<sup>c</sup> Centro Medico Telesforo, Foggia.

(\*) Relazione presentata al VI Convegno Nazionale di «Storia e Fondamenti della Chimica» (Cagliari, 4-7 ottobre 1995).

## LA CHIMICA CLINICA

Nei primi anni del XIX secolo i chimici e i medici cominciano a studiare la composizione dei fluidi biologici. La «chimica animale» diventa campo di ricerca di autori importanti come: Jöns Jacob Berzelius (1779-1848), Michel Eugene Chevreul (1786-1889), Leopold Gmelin (1788-1853), Friedrich Wöhler (1800-1882). La fondamentale opera *Die Organische Chemie in ihrer Anwendung auf Physiologie und Pathologie* (La Chimica Organica applicata alla Fisiologia e alla Patologia) (1842) del grande chimico Justus Liebig (1803-1876) getta le basi della intensa interazione fra la chimica e la medicina. L'opera di Liebig e dei numerosissimi allievi della sua scuola di chimica analitica di Giessen, imprime un forte impulso allo sviluppo della nuova disciplina, denominata «Chimica Clinica», nata intorno alla metà del XIX secolo in Germania e in Austria. Lo scopo della «Chimica Clinica» è la misura nei liquidi biologici delle sostanze che possono aiutare il clinico nella prevenzione, diagnosi e cura delle malattie. Nel 1840 l'illustre clinico Johann Lucas Schönlein (1793-1864) inizia la sua opera all'ospedale di Berlino e vuole come «assistente chimico» Johann Franz Simon (1807-1843) per l'esecuzione delle analisi chimiche. Simon, che ha iniziato la sua carriera come farmacista, approfondisce lo studio della chimica, ottenendo nel 1838 il «Ph. D.» e nel 1842 la «Privatdozentur» in chimica. Si occupa per tutta la sua breve vita di chimica patologica e acquisisce una notevole esperienza di analitica chimico-clinica. Nel 1842 pubblica l'*Handbuch der Medizinischen Chemie*, uno dei primi manuali di metodologia chimica applicata alla medicina.

Nel 1842 viene allestito al Juliusspital di Würzburg il primo laboratorio destinato alle analisi chimico-cliniche e la direzione è affidata ad un allievo di Liebig, Johann Joseph Scherer (1814-1869). Nel 1844 un altro allievo di Liebig, il chimico Johann Florian Heller (1813-1871), istituisce, all'ospedale di Vienna, un laboratorio di chimica patologica [1, 2].

Si sta avverando la convinzione espressa dal chimico francese Antoine François Fourcroy (1755-1809) nel 1800: «... credo fermamente che gli sforzi della chimica cambieranno la faccia della medicina» [3].

Questa nuova medicina che si appoggia sempre più alle scienze sperimentali di base viene subito recepita anche nelle province italiane. Lo si può dedurre dall'articolo «*La Chimica e la Medicina*», pubblicato sulla «Gazzetta di Farmacia e di Chimica» nel 1857, che riporta le idee dei farmacisti veneti G.B. Fasoli (1818-1904) e G. Dalla Torre (1819-1888) sempre molto attenti ai progressi e alle applicazioni della chimica, e una recensione del nuovo giornale di medicina il «Saggiatore». «*Sembra che l'avvenire della medicina venga riposto nella perfezione di cui sono suscettibili certe scienze limitrofe al suo dominio, e principalmente nelle applicazioni delle leggi fisico chimiche alla teoria e alla pratica medica.*

*L'impero che la scienza chimica vuol estendere sulla medicina rimonta a non lontana epoca, cioè fin dal tempo in cui si fondarono le prime teorie della chimica*

organica, le di cui scoperte segnalate con molto clamore alla riconoscenza dei dotti, interessarono vivamente ogni cultore delle scienze fisico-patologiche».

Con il progredire delle indagini chimiche su materiali biologici, soprattutto sulle urine, diventa finalmente possibile affrontare una problematica sentita dai clinici nella pratica quotidiana della medicina: analizzare nelle urine e in altri liquidi di secrezione la concentrazione dei farmaci somministrati ai pazienti a scopo terapeutico o effettuare rilievi chimico-tossicologici per ricercare sostanze in casi di intossicazioni, acute o croniche, in ambito non solo forense ma anche clinico.

Nella seconda metà dell'Ottocento si trovano nelle riviste di Chimica, Farmacia e Medicina e nei primi manuali di Chimica Clinica e di Tossicologia numerosi studi che oggi potremmo definire di Tossicologia e Farmacologia clinica.

#### LA TOSSICOLOGIA CLINICA

La Tossicologia clinica nasce in concomitanza con l'espandersi dell'industria che porta i medici a doversi occupare di intossicazioni acute e croniche legate all'aumento di malattie professionali causate dalla poca protezione dei lavoratori. Gli esempi di intossicazioni di lavoratori sono numerosi, soprattutto in industrie o imprese artigiane che fanno uso di composti del piombo, del mercurio, del fosforo giallo (produzione dei fiammiferi), o dove si sviluppano o si producono gas velenosi come l'ossido di carbonio, l'anidride carbonica, il gas illuminante.

Non mancano veri e propri casi di veneficio anche nell'ambiente domestico provocati dall'ossido di carbonio esalato dai sistemi di riscaldamento o subdole intossicazioni, a volte svelate solo dall'indagine chimica, dovute a composti dell'arsenico contenuto in alcune vernici (verde di Scheele) usate nella carta da parati, nella colorazione di fiori artificiali e di giocattoli e in molte preparazioni medicinali, al fosforo dei fiammiferi, al rame dei recipienti da cucina, al piombo dei raccordi delle condotte d'acqua e dei colori a smalto di piatti e contenitori di cibi di terracotta. I metodi chimici di indagine derivano direttamente dalla Tossicologia Forense fondata da Matheo J.B. Orfila (1787-1853) agli inizi dell'Ottocento.

Valgano come esempio di questo vasto problema alcuni brani, riportati nei documenti (I-VI), tratti soprattutto dal *Manuale di Chimica Tossicologica* (1893) del chimico-tossicologo Dioscoride Vitali (1823-1917) ricco di informazioni e di statistiche sui casi di veneficio volontario ed accidentale (professionale e domestico), sulle modalità di raccolta dei campioni biologici e sui metodi analitici.

#### LA FARMACOLOGIA CLINICA

Negli stessi anni sono elaborati concetti oggi di uso corrente fra i farmacologi ma che a quel tempo, a causa dei metodi di indagine imperfetti e limitati,

richiedevano notevoli intuito e preparazione chimico-fisiologica da parte dei ricercatori.

I lavori condotti dai clinici e dai chimici hanno lo scopo principale di osservare il diverso assorbimento dei farmaci somministrati con modalità diverse, quali le frizioni cutanee, i clisteri e l'iniezione ipodermica resa possibile dalla introduzione nell'uso clinico della siringa di Pravaz nel 1853. Si assiste quindi ai primi studi che potremmo definire di «farmacocinetica clinica» anche se, effettuando le analisi prevalentemente sull'urina, è assai difficoltoso, se non impossibile, lo studio della cinetica dei farmaci nell'organismo animale ed ancor più la loro azione dinamica. Questa soprattutto, presuppone la conoscenza della concentrazione del farmaco al livello di azione (plasmatico) per poterne valutare il rapporto con la risposta farmacologica ottenuta. Si cerca comunque di arrivare al conforto del dato analitico in casi di intossicazione da sovradosaggio o in casi di ricomparsa dei disturbi per insufficiente somministrazione del farmaco.

Di grande interesse in questo campo è il lavoro di alcuni autori italiani che, per la validità delle loro ricerche, si allineano con i migliori studiosi europei dell'Ottocento: il medico Giacinto Namias e il chimico Giovanni Bizio, attivi nell'ospedale generale di Venezia e Gaetano Primavera che opera con Salvatore Tommasi nell'«ospedale clinico» di Napoli.

Già nel gennaio 1852 Namias presenta una memoria all'I. R. Istituto Veneto di Scienze, Lettere ed Arti su esperimenti chimici su pazienti che assumono farmaci a base di iodio. In questo lavoro, eccezionale per l'epoca in cui viene condotto, che lo colloca fra i primi studi sperimentali di farmacologia clinica, si trovano descritti: i metodi di indagine chimica dei farmaci in vari liquidi biologici, lo studio dei tempi di permanenza nell'organismo nelle loro diverse formulazioni chimiche, le vie di eliminazione, l'effetto di alcune patologie sull'escrezione, riferimenti a lavori recenti di scienziati stranieri e spesso la confutazione delle loro teorie, la prima asserzione della necessità dell'esame dell'urina per evitare dannosi accumuli di farmaco nell'organismo (doc. VII-XI). Successivamente e per molti anni, Namias continua i suoi studi, pubblicati nelle Memorie e negli Atti dell'Istituto Veneto, nel «Giornale Veneto di Scienze Mediche» che egli ha fondato e che dirige. Viene anche citato nei «Comptes Rendus de l'Academie des Sciences» di Parigi, massimo organo scientifico francese. Le memorie del 1870 e 1871 che riportano i lavori iniziati nel 1867, sono altri eccezionali esempi di studi di farmacocinetica e di quello che potremmo definire «monitoraggio terapeutico dei farmaci». Ma a quel tempo le determinazioni possono essere eseguite solo nell'urina poiché i metodi in uso richiedono quantità di campione molto elevate. Comunque, Namias ha chiari sia l'idea della corretta posologia che consentirà una concentrazione ottimale di farmaco in circolo che produce i risultati terapeutici desiderati, sia il limite di concentrazione al di sopra del quale si hanno effetti avversi e di quello al di sotto del quale si verifica inefficacia terapeutica («intervallo terapeutico»). Egli tenta di chiarire

questo attraverso la misura della quantità di farmaco escreto nelle urine e nella saliva (doc. XII-XIII).

Lo stesso Namias esegue indagini sulle urine ma affida le più approfondite ad un chimico: Giovanni Bizio. «*Le mie ricerche chimiche erano quali può intraprendere un medico negli esercizi clinici, ma non lascavanmi qualsiasi dubbio della presenza nelle orine del bromuro abbandonato da sì lungo tempo. Pure a raffermarle volli giovarmi dell'opera sapiente del prof. Bizio, cui i medici e i chirurghi primarii dello spedale di Venezia hanno la buona ventura di poter raccomandare gli studii onde abbisognano di chimica organica*» [4].

Gli studi di Namias e Bizio si riferiscono a farmaci molto usati nell'Ottocento: i composti del bromo e dello iodio (bromuro e ioduro di sodio e potassio), molto comuni nella terapia dell'epilessia, dei «fenomeni terziarii» della sifilide, della ninfomania e di tutte le forme isteriche; il formiato di chinina, usato per le febbri intermittenti; gli iposolfiti di sodio e di calcio, usati nella «tisi-chiazza polmonare»; il lattato di ferro usato nell'anemia.

Nel «Giornale Veneto di Scienze Mediche», sono recensiti interessanti lavori pubblicati su riviste straniere che riguardano la eliminazione dei farmaci e i tempi di permanenza nell'organismo. Vi si trovano abbozzati concetti come: meccanismo recettoriale e sito di azione, legame dei farmaci con le proteine e l'acido glucuronico, diverse vie di eliminazione delle sostanze. Con indagini chimiche sono condotti anche esperimenti sul tempo di eliminazione, dimostrando che alcuni medicamenti escono inalterati dal corpo animale mentre altri subiscono modificazioni chimiche di vario tipo (doc. XIV-XVII).

A Napoli è attiva la scuola di Salvatore Tommasi (1813-1888) «*primo istitutore in Italia di un gabinetto di Chimica Clinica*» dove opera Gaetano Primavera.

Primavera raccoglie nel suo *Manuale di Chimica Clinica* (III ed. 1873) le ricerche condotte con il Tommasi sull'assorbimento dei farmaci negli anni dal 1867 al 1870 e pubblicate anche in giornali dell'epoca quali il «Morgagni», il «Giornale Veneto di Scienze Mediche» e gli «Annali del Polli».

Questi studi sono necessari per mettere fine alle divergenze fra i clinici e gli stessi «*chimici analizzatori*» circa l'assorbimento dello ioduro di potassio e del solfato di chinina somministrati mediante frizioni sulla pelle. È noto, d'altra parte, che i farmaci «*presi internamente*» vengono totalmente e rapidamente assorbiti, ed altrettanto rapidamente eliminati, tanto che essi sono facilmente rilevati, dopo poco tempo, nel sangue, nell'urina, nella saliva e nel muco nasale.

La descrizione dei metodi analitici usati, anche se qualitativi, contiene indicazioni sulla sensibilità del metodo e sulla interferenza di altre sostanze presenti nell'urina (doc. XVIII).

Primavera descrive un metodo molto sensibile per la chinina e aggiunge un commento che lascia intravedere un suggerimento al «controllo della compliance»: «... *serva questo di regola ai medici che sospettassero non avere i loro infermi preso il chinino loro prescritto: coll'analisi dell'urina essi potranno agevol-*

mente smentirli» [5]. In una ulteriore nota emerge anche un altro importante concetto di farmacocinetica che Primavera acquisisce attraverso le sue analisi chimiche sulle urine, il raggiungimento dello «stato stazionario o di equilibrio» (steady-state) (doc. XIX). Si ritrovano ancora osservazioni sull'assorbimento dei farmaci e sulle prime esperienze dell'uso della siringa ipodermica (doc. XX-XXI).

## I PROTAGONISTI

Giacinto Namias (Venezia 1810 - Venezia 1874) si laurea in Medicina all'Università di Padova nel 1834. Ancora studente pubblica un lavoro che rivela il suo interesse per la Chimica Clinica: *Storia d'una diatesi scirroso con alcune ricerche generali intorno allo scirro ed al cancro*, che il Berti nella sua commemorazione definisce «... ricca di molte diligenti osservazioni anatomo-patologiche e di chimiche indagini, se non nuove del tutto, certo rare a que' tempi nel nostro paese» [6].

Molte sono le difficoltà che deve affrontare all'inizio della sua carriera di medico a Venezia. La medicina, principalmente in Germania, si avvia a diventare una scienza sperimentale e i progressi della chimica rendono utili le indagini chimiche su materiali biologici nelle diagnosi e quindi sempre più richieste dai clinici. «Ma nell'Italia, principalmente settentrionale, questo moto fecondo restò per molti anni ignorato, e se taluno, venuto d'oltralpe, tentò diffonderlo, n'ebbe per il momento il danno e le beffe. Noi, medici educati alla scuola italiana, ricordiamo i confidenti entusiasmi con cui accettavamo quelle dottrine così semplici, così chiare, così logiche in apparenza; i misteri erano tolti per noi; le dubitazioni sul 'quid agendum' al letto dell'infermo sparite» [6].

Sono anni di aspra polemica fra i clinici che parteggiano per la tesi vitalistica, che nega l'importanza della chimica nello studio delle malattie, e altri che sostengono l'idea che le analisi chimiche nei materiali biologici dell'uomo sano e malato avrebbe esteso la comprensione dei processi patologici.


Namias, a Venezia, pur in accordo con le idee di Maurizio Bufalini (1787-1875) a Bologna, Salvatore Tommasi (1813-1888) a Napoli, Luigi Concato (1825-1880) a Bologna e poi a Torino, Francesco Puccinotti a Macerata, propugnatori dell'indagine chimica nella diagnostica clinica, deve però, nei primi anni della sua professione medica, sottostare alla forte influenza conservatrice che Giacomo Andrea Giacomini (1796-1849), clinico di Padova, esercita nel Veneto. Namias quindi «... avea avversaria l'Italia settentrionale; alleata la Toscana, dove regnava il Bufalini, le Romagne su cui teneva lo scettro il Pucinotti, la lontana Napoli allora segregata dalla restante Italia, poco conosciuta da noi, ma dove si seguiva tacitamente il movimento delle straniere nazioni. S'aggiunga ch'egli abitava una città, come dissi, poco incline alle novità, fornita di medici reputatissimi avversi alle nuove dottrine ...» [6].

Nel 1849, al ritorno degli austriaci a Venezia, Namias, che era stato medico



Giacinto Namias (1810-1874).





**ESPERIENZE CHIMICHE**


**SU FLUIDI DI PERSONE**

**CHE USARONO INTERNAMENTE**

**PREPARAZIONI D'IODIO**

**MEMORIA**

**DEL DOTT. GIACINTO NAMIAS**



**N**elle urine di chi usa internamente preparazioni d'iodio, mediante la reazione dell'amido e cloro, hannosi cospicui indizii di quel metalloide. Vennero istituiti parecchi esperimenti per determinare il tempo in cui più l'iodio non si discopre dopo che fu preso l'ultima volta. Codesto tempo varia secondo le differenti preparazioni di quello che internamente si ministrano. Suol essere di trentasei ore all'incirca per l'idroiodato di potassa, e più breve per le emulsioni iodate. Ciò ha notato il dott. Foucart <sup>(1)</sup> e di ciò io pure addussi pruove sperimentali in alcuni miei confronti tra l'emulsioni iodate e l'idroiodato di potassa che la R. Accademia medico-chirurgica di Torino ha pubblicati nell'aprile 1850 del suo Giornale. Il Foucart per altro, non meno che il dott. Marchall erroneamente dedussero da tali fatti

(1) Gaz. des hopitaux n.° 13, 1848.

personale di Manin, viene indagato dalla polizia austriaca quale «*fanatico repubblicano ed avverso alla casa d'Austria parte per proprio convincimento, parte per interesse dei suoi connazionali israeliti. In seguito moderò il suo fanatismo, si comportò con molta prudenza e riservatezza in guisa tale che da taluni ottenne la taccia d'austriacante. Alcuni vorrebbero però interpretare tale suo cambiamento come un atto di scaltrezza*» [7]. Tuttavia la sua carriera è rapida, primario dell'Ospedale Generale di Venezia è considerato uno dei medici di successo. Abita a palazzo Bembo a San Salvador e riceve i clienti in studi privati al piano nobile di palazzi sul Canal Grande [8].

Namias è un convinto sostenitore della utilità delle indagini di laboratorio nella clinica, uno studioso di grande valore, pubblica numerose ricerche alcune delle quali particolarmente attinenti alla farmacologia clinica. Il «Giornale Veneto di Scienze Mediche», che inizia ad essere pubblicato nel 1850 a Venezia, è una miniera di informazioni sull'uso e sull'evoluzione delle «*analisi chimico organiche*» nell'ospedale generale di Venezia e nel resto d'Italia. Fin dal 1852 si trovano numerose esperienze cliniche corredate da risultati di analisi chimiche qualitative che Namias stesso esegue.

Morto Giacomini (1849), Namias dà sempre maggiore spazio ed importanza alla Chimica Clinica come è riportato dalla «Gazzetta di Farmacia e di Chimica» nel 1858: «... *Fra i pochi ed eletti ingegni che si danno in Italia a questo genere di esercizi [analisi dei liquidi animali e dei prodotti morbosi], vuol essere ricordato il chiar. dottor Namias, medico del maggior ospedale di Venezia, che alle molte e profonde cognizioni di medicina teorico-pratica, unisce molte conoscenze di chimica, che egli coltiva con passione e con profitto, quale una fonte diagnostica molto importante nello studio dell'umane infermità ...*».

Namias si convince dei vantaggi che deriveranno dall'esecuzione delle analisi chimiche da parte di professionisti più preparati nel campo della chimica analitica. Ai farmacisti che operano negli ospedali più grandi e che spesso sono assai pratici di analisi sono già affidati numerosi incarichi. Egli quindi inizia a battersi perché venga assegnato a queste funzioni del personale qualificato che possa operare in appositi spazi. Chiede insistentemente l'istituzione di un laboratorio di Chimica Clinica. Nel 1852 scrive: «... *Ho pregato il mio amico dott. Giovanni Bizio, valentissimo chimico, di riferire con pruove dirette su l'albumina codesti sperimentali risultamenti ...*» [9]; ed ancora nel 1862 nel riferire di un caso di «*guarigione dell'albuminuria*» di una giovane madre, che ancora allattava, lamenta la mancanza di una persona competente addetta alle analisi chimico-cliniche «...*Perché avrei voluto ripetendo le prove conoscere, se lo zucchero d'uva si fosse mantenuto nelle urine, anche cessata la secrezione latte, e mi duole veramente, che in questo grande istituto, per difetto di opera chimica, una così bella osservazione rimanesse incompiuta*» [10]. E ancora: «... *Il dott. Namias risponde di aver fatto un'analisi qualitativa non quantitativa, avvegnaché per questa sarebbe stata necessaria l'opera del chimico da lungo tempo invocato*» [11].

Raggiunge il suo intento quando nella «Scuola pratica di Medicina e Chirurgia», istituita a Venezia dalla Congregazione Centrale Veneta nel 1863, con lo scopo di «*rinfrancare i giovani medici nell'esercizio dell'arte*» ed anche «*cooperare a' progressi della scienza*», viene previsto un laboratorio di Chimica Clinica, affidato al chimico Giovanni Bizio per l'esecuzione delle «*analisi chimico-organiche eseguite, dietro richieste de' singoli docenti nell'apposito Laboratorio dello Spedale ...*» [12].

Il 1863 segna inequivocabilmente la nascita del laboratorio di chimica clinica a Venezia diretto da uno dei migliori specialisti nel campo della chimica analitica di quel tempo.

Nel marzo 1865 Bizio ottiene l'incarico di «*chimico ispettore*» all'Ospedale Generale, senza concorso per unanime consenso della commissione, per «*... occuparsi delle indagini chimiche richieste da quei medici primari*» [6].

Giovanni Bizio (Venezia 1823 - Venezia 1891) si laurea in Chimica all'Università di Padova nel 1847, riceve l'incarico di assistente alla cattedra di Storia Naturale che è costretto a lasciare in seguito alle vicende politiche del 1848. Nel 1858, prima di assumere l'incarico di insegnante di chimica nelle scuole pubbliche a Venezia, frequenta per tre anni il laboratorio del professor Redtembacher (1810-1870), allievo di Liebig, ed ora direttore dell'istituto di Chimica dell'Università di Vienna. Da Redtembacher riceve una solida impostazione scientifica ed apprende le più moderne tecniche analitiche fra le quali la spettroscopia che proprio in quegli anni (1860) viene applicata all'analisi chimica da Kirchhoff e Bunsen. Bizio sarà un convinto divulgatore di queste eccezionale tecnica analitica e primo ad usarla in Italia.

A Venezia continua ad occuparsi di chimica analitica come responsabile della parte chimica del monumentale lavoro analitico per la stesura della «*Monografia delle acque minerali del Veneto*».

La produzione scientifica di Bizio comprende un centinaio di pubblicazioni; fra queste un metodo analitico per rilevare la presenza dell'indaco nel sudore (1860) che sarà riportato anche nel *Handbuch der Physiologisch- und Pathologisch- Chemischen analyse* (1870) di Felix Hoppe-Seyler e una comunicazione fatta all'Istituto Veneto di Scienze, Lettere ed Arti nel 1865 «*Sopra l'influenza dell'orina nel modificare alcune chimiche reazioni*» dove studia l'interferenza di alcune sostanze componenti l'urina (urea, acido urico) nella ricerca del bromo e dello iodio. Nel 1862 non accetta di sostituire Raffaele Piria a Torino e la cattedra di Chimica Organica all'Università di Napoli.

Il principale impiego di Bizio, l'insegnamento della chimica nelle scuole di Venezia, gli consente l'attività come libero professionista.

La notevole esperienza di Bizio, dimostrata durante il suo incarico alla «Scuola pratica di Medicina» e poi come chimico all'ospedale di Venezia (1865-1869), viene apprezzata dal Namias, dal medico legale Ziliotto e da altri medici dell'ospedale

che nelle loro relazioni cliniche mettono in risalto l'opera svolta dal chimico: «... Questa scoperta noi l'affidammo alla dottrina ed alla esperienza del chiarissimo chimico del nostro spedale prof. Bizio ...» [11]; «... le diligentissime analisi quantitative operate nel laboratorio chimico del prof. Bizio ... A guisa di appendice riporterò finalmente i risultati delle analisi chimiche del prof. Bizio, risultati che per la loro esattezza meritano certamente di essere conosciuti. Tra queste havvene una sopra il siero del sangue ...» [13]; «... appoggiandomi ai fatti sperimentali, convalidati dalle ricerche chimiche del valente collega e amico mio prof. Bizio ...» [14, 15].

Gaetano Primavera (Ortona 1832 - Napoli 1899) consegue la licenza liceale all'Aquila nel 1854 che gli consente di trovare impiego come coadiutore nel locale ospedale dove inizia ad occuparsi dell'analisi delle urine. Si laurea in Medicina e Chirurgia all'Università di Napoli e dal 1861 al 1888 lavora con Salvatore Tommasi. Incoraggiato dal maestro, sfrutta la sua esperienza continuando ad occuparsi di laboratorio, in particolare studiando semplici metodi analitici per la determinazione degli elementi normali e anormali dell'urina eseguibili anche dai medici pratici con pochi reagenti «*poiché — egli asserisce — nessuno può pretendere che un buon medico sia anche un buon chimico*» (1868).

Nel 1868 pubblica un *Manuale di Chimica Clinica*, che avrà numerose edizioni, dove sono appunto raccolti semplici metodi analitici per urine, calcoli, feci, escreti, farmaci. Nella prefazione del volume si trova la definizione che Primavera dà della Chimica Clinica: «*quella specie di chimica analitica la quale insegna a fare, in una maniera facile, tutte quelle ricerche da cui la clinica può ricavare qualche vantaggio*» [17]. L'opera di Primavera è prevalentemente rivolta alla chimica analitica applicata ai liquidi biologici:

«... il prof. Tommasi quest'anno ha voluto ripetere innanzi ai suoi alunni gli esperimenti relativi; ed io che come chimico dell'ospedale ho preso parte ad essi, sono ora lieto di poterne riferire minutamente i risultati analitici» [16]. Ed ancora: «*Quei medici e farmacisti già esercenti che intendono d'istruirsi praticamente nelle analisi di chimica e microscopia applicate alla clinica, restano avvisati che i professori Primavera e Pascalucci danno appunto dei corsi pratici particolari intorno alle dette analisi, corsi che durano uno o due mesi ... Inoltre, gli stessi professori sunnominati eseguono le analisi chimico-microscopiche per conto dei malati civili, facendone una relazione in iscritto ben particolareggiata, sopra qualunque materiale patologico e specialmente sulle urine, sui depositi e calcoli urinari, sui calcoli intestinali ...*» [17, 18].

## I METODI ANALITICI

Le ricerche di sostanze di origine esogena vengono effettuate prevalentemente nelle urine, materiale biologico adatto ai metodi analitici dell'epoca che richiedono grandi quantità di campione.



Gaetano Primavera (1832-1899).

«Non si tratta più, qui, di prodotti disintegrativi del ricambio materiale; ma di sostanze aliene al ricambio della materia, le quali pervengono nelle urine soltanto in via accidentale, e sempre quando esse siano state introdotte nell'organismo o per errore, o, ciò che è più frequente, con un determinato scopo, generalmente medicamentoso, oppure di veneficio.

I rimedi ed i veleni penetrati nell'organismo non si trovano, però, costantemente nello stesso stato chimico, in cui vennero introdotti; poiché alcuni di essi, nell'attraversare l'organismo, possono subire più o meno profonde modificazioni, per cui vengono a trovarsi nel secreto urinario in uno stato del tutto diverso da quello, in cui erano stati ingeriti» [19].

I farmaci oggetto delle ricerche farmacologiche di Namias, Bizio, Tommasi e Primavera sono: bromuro di potassio usato per curare l'epilessia [4], formiato di chinina per iniezioni ipodermiche contro le febbri intermittenti [20], sali solubili di morfina per alleviare i dolori, solfato di chinina, ioduro potassico [5, 16].

### *Chinina*

Ad un grande volume di urina (250 grammi secondo alcuni autori) viene aggiunta ammoniaca ed etere e quindi si agita. L'estratto etero è acidificato con acido cloridrico ed evaporato. Il residuo viene ulteriormente purificato con ammoniaca ed etere ed evaporato. Si riprende con acqua acidificata e sulla soluzione si possono fare le prove specifiche per il riconoscimento della chinina:

— acqua di cloro e ammoniaca producono un colore verde smeraldo in presenza di chinina (reazione di André, 1835);

— acqua di cloro, alcune gocce di ferrocianuro di potassio e ammoniaca producono un color porpora in presenza di chinina [21, 22].

Secondo il Primavera però queste reazioni classiche per rivelare il solfato di chinina nelle urine subiscono la interferenza da parte dei componenti naturali dell'urina che impediscono la formazione di questi colori. Egli propone altre reazioni che rivelano il farmaco come «triidrato di chinina» (precipitato rosso-cannella) o «tannato di chinina» (precipitato bianco). Anche usando questi metodi per evitare interferenze si devono prendere delle precauzioni «fra cui quella di non amministrare agli infermi altri alcaloidi contemporaneamente alla chinina» [5].

### *Sali di iodio e bromo*

Si tratta l'urina con acido nitrico e quindi si aggiunge cloroformio che in presenza di ioduri si colora in rosso, in presenza di bromuri in giallo.

La presenza di ioduri nell'urina si può rilevare aggiungendo a 10 ml di campione poche gocce di acido nitrico e nitroso e quindi 5 ml di colla d'amido: la soluzione si colora in azzurro. Già nell'Ottocento si trovano in commercio cartine, simili a quelle di tornasole, imbevute di colla d'amido e lasciate seccare.

Immergendo la cartina in un campione di urina acidificata e riscaldata in presenza di ioduri si colora in azzurro [21, 22]. Nel *Compendio di Chimica Farma-*

ceutica di Michele Dionisio (1874) si trova che: «un liquido che contiene appena un milionesimo del suo peso di iodio, si colora sensibilmente colla soluzione d'amido».

## I DOCUMENTI

I. - [Piombo] «L'avvelenamento cronico o lento è detto anche saturnismo o colica dei pittori, perché sono questi, i quali, maneggiando di continuo per la composizione dei colori, la biacca o la cerussa, ossia il carbonato di piombo, vi vanno più di frequenti soggetti. Ma oltre ai pittori sono colpiti molti degli operai, che lavorano questo metallo o ne preparano nell'industria i suoi composti ... Per formarsi un concetto della frequenza di questi venefici basterà dire che gli ospedali di Parigi, ricoverano annualmente in media 550 di questi operai colpiti più o meno gravemente da questo veneficio. La mortalità per altro non è molto grande, poiché si limita all'1% ...

Non sono molti anni che la famiglia Orleans al suo Castello di Clairmont andò soggetta per quella causa ad avvelenamento, l'acqua, di cui quella famiglia faceva uso, era raccolta in una cisterna di piombo e distribuita con tubi dello stesso metallo» [23].

«... mi piace dar pubblicità a un'altra ricerca diretta in ispecial modo a riscontrare il piombo nell'urina d'un tale, che a cagione del suo mestiere di 'trombaio' soggiaceva da tempo alla perniciosa influenza dei 'saturnini', ed ai vari patimenti che ne conseguono; ricerca che pure sortì un positivo risultamento, e che per molti rispetti può essere giudicata importante» [24].

II. - [Mercurio] «... questo metallo, che in piccola quantità è volatile all'ordinaria temperatura, possa introdursi nell'organismo per via dei polmoni e della pelle, e possa quindi dar luogo, come dà di fatto, a venefici lenti e cronici fra gli operai.

Il quale veneficio lento può anche manifestarsi in seguito ad una medicazione (interna specialmente) prolungata con composti mercuriali ... oggi, mercé l'oculattezza della odierna medicina, sono assai rari, ma non così può dirsi del lento veneficio, dipendente da esercizio professionale ... Nel 1856 nell'officina d'Idria in Dalmazia [estrazione del metallo dai suoi minerali] su 516 operai andarono soggetti ad avvelenamento 122; persino gli animali, che pascolano nelle vicinanze dei forni d'Idria ed i pesci che vivono nel fiume vicino, soffrono in conseguenza dei vapori mercuriali, che, malgrado tutte le precauzioni, non si riesce a trattenere completamente; così che una parte di essi si versa nell'atmosfera.

L'eliminazione del mercurio avviene per mezzo di quasi tutte le secrezioni ... del sudore, della saliva, dell'urina» [23].

III. - [Ossido di carbonio] «L'avvelenamento per ossido di carbonio è dei più frequenti; esso avviene per lo più per cause accidentali e per suicidio. I casi acci-

dentali sono frequenti assai. Talvolta l'ossido di carbonio proviene da caminetti e da fornelli accesi in camere chiuse o male arieggiate; talora si svolge da stufe, la cui valvola è stata chiusa ... Alcuni operai hanno trovato la morte in officine metallurgiche, ove si abbruciava carbone, dormendo in vicinanza dei fornelli o trovandosi in qualunque modo esposti all'esalazione dei gas ... È assai importante per la ricerca tossicologica il modo di comportarsi del sangue ossicarbonico allo spettroscopio ... Il metodo proposto da Fodor [su campioni di sangue] è quello comunemente seguito. L'apparecchio al quale si ricorre, è consimile a quello che abbiamo or ora descritto ...» [23].

IV. - [Gas illuminante] «Questo miscuglio gassoso, la cui scoperta segna un passo gigantesco nella via della civiltà, mentre serve di brillante illuminazione, la quale è solo sorpassata dalla elettrica, come mezzo di riscaldamento, come sorgente di forza motrice, è per altro un potentissimo veleno, pel quale avvengono spesso venefici accidentali ... La ricerca del gas illuminante nel sangue, la maggior parte dei chimici tossicologi, per dedurne la presenza, si limita a cercarvi l'ossido di carbonio col mezzo dei caratteri spettroscopici. Si sono infatti quasi sempre osservate nello spettroscopio le bande d'assorbimento caratteristiche dell'emoglobina ossicarbonica» [23].

V. - [Gas solfidrico] «Nel 1883 alla clinica di Strasburgo fu portato uno studente di chimica, il quale al laboratorio, lavando del solfuro di rame con soluzione di gas solfidrico, presentava fenomeni gravissimi d'intossicamento. Pericoli di avvelenamento incontrano altresì gli operai nelle officine, ove si fabbrica la soda artificiale col metodo del Leblanc. Nei residui di quella industria ... trattati con acido cloridrico ... svolge torrenti di gas solfidrico ... Quando la quantità di gas assorbito è notevole, allora il sangue presenta uno spettro speciale, cioè tre righe d'assorbimento, di cui due corrispondenti alle normali dell'ossiemoglobina fra D ed E, ed una terza, meno pronunciata, intermedia corrispondente alla riga di Stokes ...» [23].

VI. - [Arsenico] «L'arsenico dato da un medico coscienzioso a dosi sufficienti per essere efficace, non deve produrre nessun sintomo grave ... allorché le dosi divengono elevate l'assorbimento attivo di una forte dose può far nascere il sospetto di un'azione di accumulamento ... L'arsenico è eliminato molto rapidamente ... di modo che le urine ne contengono in capo a poche ore. Un'analisi fatta con cura non ne trova traccia nel cadavere due settimane dopo che l'ultima dose è stata data» [25].

VII. - «Nelle urine di chi usa internamente preparazioni d'iodio, mediante la reazione dell'amido e cloro, hannosi cospicui indizii di quel metalloide. Vennero istituiti parecchi esperimenti per determinare il tempo in cui più l'iodio non si discopre dopo che fu preso l'ultima volta. Codesto tempo varia secondo le differenti



preparazioni di quello che internamente si ministrano. Suol essere di trentasei ore all'incirca per l'idroiodato di potassa, e più breve per le emulsioni iodate ... e di ciò io pure addussi pruove sperimentali in alcuni miei confronti ... pubblicati nell'aprile 1850 ...» [9].

VIII. - «Il Foucart, non meno che il dott. Marchall dedussero erroneamente che l'iodio delle emulsioni iodate più lungamente dell'idroiodato di potassa rimanesse nei corpi. Affermarono di non aver trovato iodio nelle materie fecali di chi beveva emulsioni iodate e inferirono che dalla più lunga permanenza nel corpo procedesse minore passaggio nelle urine. Eglino per altro non hanno considerato l'espulsione dell'iodio non avvenire soltanto per la strada de' reni. Tutte le volte ch'esso appariva, anco in mediocre quantità nelle urine, io lo trovai nell'umore salivale della bocca ... Dovevano quindi i nominati sperimentatori cercarlo pure nei fluidi d'altre secrezioni che quella de' reni ... Mancano così le ragioni della loro illazione, la quale anche per generici argomenti parevami appoggiata ad assai scarse probabilità» [9].

IX. - «Io posso dire con argomenti sperimentali che quell'idroiodato in straordinarii casi di protratta sua permanenza negli umani organismi si rinviene nella saliva e nelle urine, non che per 36 ore come accade ordinariamente, per assai giorni e per settimane. Una donna malata di albuminuria, presi due scrupoli d'idroiodato di potassa per molti dì, cessava di espellerlo soltanto sedici giorni dopo averne lasciato l'uso ... L'idroiodato adunque per lungo tempo rimaneva nel corpo, per lungo tempo usciva da quello mediante la secrezione renale, e tanto più alla lunga, quanto più cresceva la dose ingoiata. Nei liquidi delle secrezioni esso non manca di comparire quando è nelle macchine umane, e sembra trattenervisi straordinariamente in casi di ostacolo alla sua uscita per quelle vie. Invero accade nelle albuminurie che i reni si guastino a modo da perdere l'attitudine alla separazione dell'urea ...

Eppure allora bisognò abbandonarlo per la sopravvenienza di febbre e dolore al capo e alle gengive ... e conchiuderò essere di grande rilievo l'esame delle urine di chi viene curato coll'iodio. Imperocché tale esame può dimostrare una insolita permanenza di quello né corpi, e una necessità di moderarne o lasciarne l'uso, al fine che non apportino danni quantità che sarebbero né casi ordinarii innocentissime» [9].

X. - «Ho pregato il mio amico dott. Giovanni Bizio, valentissimo chimico, di rifermare con pruove dirette su l'albumina codesti sperimentali risultamenti, e qui adduco le sue istesse parole. 'Esposi l'orina all'azione del fuoco, raccolsi l'albumina coagulata, la lavai con acqua distillata e disseccata al bagno d'acqua, la spinsi al fuoco della lampada in un crogiuolo di platino, in modo da averne un carbone che, lisciviato con tenue quantità d'acqua distillata, dava una soluzione nella quale col liquore di prova del Cantù si scopriva la presenza dell'iodio ...'» [9].

XI. - «Nuovi studii si richiegono per conoscere le trasformazioni che i farmaci incontrano né nostri corpi, o le strade che tengono per uscirne e il tempo che impiegano a trascorrerlo; e solo allora che simili circostanze di fatto cesseranno d'essere congetture, potremo vantarci d'aver innalzata la materia medica al livello delle altre scienze naturali ...» [9].

XII. - «... Da parecchi anni io uso il bromuro di potassio contro l'epilessia ... Tale incognita condizione, attenente forse ai fluidi imponderabili o alla costituzione molecolare dei centri nervei, può essere tolta dall'azione dei farmaci.

Dietro somiglianti considerazioni ne ho tentati varii e specialmente i nervini. Ebbi i migliori risultamenti dal bromuro di potassio ed ora molte più recenti osservazioni appoggiano le mie ...

Quando vuoi determinare l'azione di un farmaco giova seguirlo più che si può nel suo transito pel corpo, determinare il tempo in cui vi rimane, le vie della sua uscita, le quantità che se ne trovano nei fluidi e nelle escrezioni. Ciò io non mancai d'indagare ...

Se il bromuro di potassio resta a lungo nel corpo umano, è chiaro ch'esso vi si può accumulare, e importa, affinché questo accumulamento non riesca nocevole, ricercare quali ajuti porga a tale riguardo l'analisi delle urine ...» [4].

Namias segue l'andamento della concentrazione del farmaco nelle urine delle 24 ore di alcuni pazienti epilettici ricoverati all'ospedale di Venezia.

«In un uomo, che da molti anni soffriva d'epilessia, le piccole dosi di bromuro di potassio non fecero effetto; le innalzai fino a 20 grammi in 24 ore e gli accessi non più si riprodussero. Presentaronsi invece fenomeni di lento veneficio, smemoratezza, grande affievolimento dei moti volontari, polsi abbattuti. Stimai prudente di lasciare il rimedio, e i sintomi anzidetti tosto si dileguarono. Monitorizza il bromo nelle urine per 18 giorni dalla sospensione della somministrazione, riportando i valori ad una diuresi supposta di 1000 grammi/24 ore, rilevando una progressiva diminuzione di bromuro di potassio espulso da 1070 mg/1000 grammi di urina alla prima misura (dopo 9 giorni) fino a 300 mg/1000 grammi di urina al diciottesimo giorno e altre piccole quantità nella saliva. «Allora ricomparve qualche piccolo accesso d'epilessia e io feci riprendere l'uso del bromuro di potassio, che allontanò novellamente gli attacchi ...».

Riprende a somministrare il farmaco in dose di 4 g/die e dopo alcuni giorni rileva nell'urina delle 24 ore una quantità di bromo corrispondente a 970 mg di bromuro in 1000 grammi di urina: «Tanto di quest'ultimo era necessario ad impedire nel mio infermo gli accessi epilettici ...».

Conclude:

«— L'accumulamento del bromuro di potassio nel corpo degli epilettici è necessario a rendere più lievi e più rari gli attacchi ...

— Tale accumulamento può essere manifestato, investigando quanto bromuro s'incontri nelle urine, e la diminuzione dell'accumulamento colla diminuzione in esse del bromuro medesimo.

- *In un caso venivano espulsi 107 centigrammi del bromuro in 24 ore ...*
- *Lasciatone l'uso, non ricomparvero gli accessi quando uscivano coll'urina 0,033 di bromuro in 100 parti di quella, ma, giunta la proporzione a 0,030 in 100 parti, nuovi attacchi epilettici costrinsero a far riprendere il farmaco.*
- *Si poté determinare quanto bromuro di potassio s'incontrasse nella saliva di un epilettico da me curato con quel mezzo: 0,150 in 100 parti di saliva.*
- *Le mie numerose osservazioni non lasciano dubbio della necessità d'una ragguardevole dose di bromuro circolante nel corpo degli epilettici a conseguirne il desiderato beneficio» [4].*

XIII. - *Namias ribadisce i concetti anche sul «Giornale Veneto di scienze mediche: «... una relazione fra l'accumulamento e le quantità di bromo introdotte nel corpo e la quantità di esso scacciato per la via de' reni è ormai stabilita, e che, ripetendo le pruove, si potrà giungere a stabilire il grado do accumulamento del bromuro capace d'impedire gli accessi senza che si manifesti il veneficio, deducendo in tal guisa la quantità di farmaco a somministrare, senza passare per tentativi incomodi e forse pericolosi» [26].*

XIV. - *«Un numero grande di sostanze introdotte nelle vie digestive sono eliminate dalla secrezione urinaria dopo un tempo variabile, alcune senza aver provato cangiamento di composizione, altre dopo aver subita metamorfosi più o meno profonda. Nessuna difficoltà incontrasi per riconoscere il passaggio delle prime; quanto alle seconde, le ricerche che le producono nel seno dell'organismo hanno sovente una sì completa analogia con quelle che si eseguono in certe sintesi chimiche, che basta constatare la presenza dei derivati per concludere la presenza primitiva dei composti ai quali essi danno origine ... Le ricerche ebbero luogo nell'ospedale Necher, su un taglialegne affetto da una estrofia di vescica ... L'urina, sempre acida, scolava goccia a goccia, e poté essere facilmente raccolta ... Si notò successivamente il tempo necessario per provare nell'urina l'ioduro di potassio, i carbonati alcalini, il ferrocianuro di potassio, il rabarbaro la santonina e l'infusione di sena ...» [27].*

XV. - *«E rivoltomi quindi all'egregio, valentissimo amico e collega mio professor Bizio, mi fu da lui comunicato che ... dai primi brevi saggi fattine, assicurare che a freddo una parte di formiato do chinina si scioglie in trenta d'acqua ... mantenendosi poi per molti giorni alla temperatura ordinaria inalterata in soluzione. Tale solubilità è bastante ... da potersene giovare per le iniezioni sottocutanee. Ed io infatti me ne giovai e con buon successo ...» [20].*

XVI. - *«Di vero abbiamo per la diagnostica ajuti validissimi, quali la percussione, l'ascoltazione ecc., le indagini chimiche, microscopiche, mentre ne manchiamo affatto o quasi nella ricerca dell'azione e degli effetti dei farmaci, di cui, introdotti che sieno nel corpo, possiamo soltanto conoscere gli ultimi effetti ...E per tanto mal*

si potrebbe nascondere che un pò di colpa c'è anche nei medici: i quali non pongono tutta la necessaria diligenza e sollecitudine nello studio delle azioni e degli effetti dei farmaci e delle speciali loro indicazioni ... Nel corso delle mie esperienze intorno a questo farmaco volli anche fare alcune indagini chimiche intorno alla maggiore o minore sollecitudine onde esce dal corpo per la via delle urine ... ajutandomi dell'egregia cortese opera sua il valentissimo amico mio prof. Bizio ...» [28].

XVII. - «... D'altra parte, qualunque sia la via d'introduzione del farmaco, sempre uguale sarà il suo cammino ... Più tardi, quando l'assorbimento l'avrà fatto passare nei vasi, quivi troverà un veicolo albuminoso, cioè il sangue, la cui azione è essenziale. L'albumina esercitando allora le sue proprietà dissolventi, forma, coi sali insolubili per sé stessi, degli 'albuminati metallici', dotati d'una solubilità e stabilità preziosa per la terapeutica, la quale vede così assicurato l'assorbimento di tali farmaci ... La maggior parte adunque delle sostanze introdotte nel sangue circolano in un modo sconosciuto sotto una specie di maschera albuminosa ... Certe sostanze subiscono nel sangue una reale ossidazione ... altre vengono ridotte ...

... durante il tragitto per le vie della circolazione, il farmaco non porta la sua azione generalmente all'organismo, sul quale deve agire, si dirige semplicemente verso il suo punto di azione, che comincia dalla sua uscita dal veicolo albuminoso che lo teneva imprigionato ... Uno sguardo generale a qualcuno degli emuntori ci dà la prima idea della direzione che dovranno prendere le principali sostanze chimiche nella loro evacuazione

Saliva e succo pancreatico: sali neutri, solfocianuro di potassio, di soda.

Urina: Sali neutri, sostanze che figurano nel catalogo degli acidi, materie grasse, acqua, pigmento ferruginoso.

Sudore: Sali neutri, acidi volatili, acidi grassi» [29].

XVIII. - «Dietro esperimenti che ci appartengono, quando un'urina reagisce appena col metodo del solfuro di carbonio, vuol dire che contiene circa un centigrammo di joduro per ogni litro».

«L'orina presa ad analizzare fu ordinariamente quella della notte e del mattino insieme, e qualche volta soltanto, quella del mattino» [16].

XIX. - «... è vero pure esser legge generale degli assorbimenti quella di un graduale accumulo dei medicamenti nel sangue, sicché per le secrezioni non riesce tutto quello che si assorbe. Ma se ciò è vero, è vero altresì che dopo una decina di giorni si stabilisce una specie di equilibrio tra l'entrata e l'uscita, che si rompe solo quando si sospende la cura: questo almeno io posso affermare per prova, tanto pel joduro di potassio, tanto pel solfato di chinina presi internamente ...» [5].

XX. - «Scopo di questi nuovi esperimenti era quello di vedere in quale di queste altre maniere di somministrazione si ha maggiore assorbimento ... Questi

esperimenti, a dir il vero, non è ora che si son fatti per la prima volta, giacché altri chimici e soprattutto il Mialbe ne avevano già fatti un certo numero. Ma tra perché ai tempi in cui scrisse questo illustre francese non si usavano le iniezioni ipodermiche, e perché noi possediamo oggi per queste analisi un metodo oltremodo sensibile, così non è superfluo ritornarci sopra anche una volta».

Le numerosissime analisi dell'urina dei pazienti variamente trattati lo portano a concludere:

«1. - L'applicazione della pomata di chinino fatta sulla pelle denudata dai vescicanti, cagiona un positivo assorbimento, ma non tanto da potere ispirare molta fiducia; dippiù essa è molto molesta ... con pericolo di produrre almeno qualche danno locale all'infermo;

2. - L'amministrazione del chinino per mezzo dei clisteri è la più utile di tutte, dopo quella per bocca, perché mentre cagiona un efficace assorbimento, è senza nessunissimo inconveniente;

3. - L'amministrazione per mezzo dell'iniezione ipodermica è da preferirsi a qualunque altra, dopo quella per bocca e per clistere, sebbene produca sempre un pò di dolore per la puntura inevitabile che bisogna fare colla siringa di Pravaz che neppure si evita in tutto mercé l'anestesia locale, e sebbene qualche volta cagioni ancora delle piccole suppurazioni, pure con essa si fa assorbire magnificamente il farmaco ...

«Coloro che sono partigiani di queste iniezioni attribuiscono ad esse due altri vantaggi, cioè, quello di fare assorbire il farmaco con più prestezza e quello di produrre un dato effetto con una dose di chinino minore delle altre amministrazioni, comprese la interna» [30].

XXI. - «Gli ascessi e le necrosi delle parti punte dalla siringa non sono niente affatto rare, anche quando la iniezione viene fatta da mani esperte ... il 2 settembre 1872, abbiamo assistito nel nostro ospedale clinico ad un fatto che ci ha letteralmente spaventato, la morte per tetano traumatico di un fanciulletto di sei anni, venuta in seguito ad una iniezione ipodermica di chinino e poco dopo che la parte punta erasi necrosata. E non si può dire che quella iniezione fosse stata fatta da mani inesperte, perché l'autore è uno dei più bravi giovani medici del nostro Ospedale, e già assistente alla Clinica del prof. Tommasi» [17].

## CONCLUSIONI

I documenti riportati confermano il ruolo fondamentale della Chimica durante tutto l'Ottocento nella evoluzione della Medicina.

Il ruolo dei chimici, dei farmacisti e dei medici che si sono formati alla Scuola di Liebig è fondamentale in questa delicata fase della storia della Medicina ed in maniera particolare per quanto riguarda la nascita e l'evoluzione dei

«Laboratori di Chimica Clinica». L'analisi chimica viene ampiamente utilizzata per rilevare la composizione dei fluidi del corpo nell'uomo sano e malato onde trarne informazioni per la diagnosi, per seguire il decorso della malattia e per controllare la terapia. Come affermato dall'autorevole «Lancet» già nell'ottobre 1842: «*The laboratory has now been proved to be as important to medicine as the dissecting-room; for the first important step in our science has been made, not by a physician, but by a chemist. Long ago we pointed out, and frequently since ... have reminded our medical brethren, that the great advance in their art must and would be made under the auspices of the chemist, whether he united with the title of 'doctor in medicine' or not and the intimation applies as well to the future as much as to the past*».

La «Gazzetta di Farmacia e di Chimica» nel 1857 sottolinea ancora la stretta connessione fra la Chimica e la Medicina soprattutto nello studio dell'azione dei farmaci:

«*La chimica magistero d'analisi per eccellenza, ramo importante di sperimentale filosofia, scienza che oggidì sovra tutte le altre sorelle com'aquila vola e mena colla sua face irradiatrice a nuova e portentosa semplificazione degli avvenimenti naturali ... arricchì gli studii dell'anatomico ... rispose all'interrogazione del fisiologo ... giovò alla patologia ... portò vantaggi incontrastabili all'igiene pubblica, medicina legale e materia medica ... Ma qual'è la sua cooperazione nella medicina pratica? Come spiega la chimica l'operazione dinamica degli agenti terapeutici? ... La medicina pratica se non vuol rimanersi empirica e cieca senza divisare ... la cagione generatrice, né l'indole giusta dei morbi, né l'operazione dei medicamenti, abbisogna più che mai della chimica, la quale colle sue operose e fortunate indagini la sostiene, la illustra e la perfeziona*».

#### BIBLIOGRAFIA

- [1] BÜTTNER J., ed., *History of Clinical Chemistry*, Berlin, de Gruyter, 1983.
- [2] BÜTTNER J., HABRIC C., *Roots of Clinical Chemistry*, Darmstadt, Git Verlag, 1987.
- [3] FOURCROY A.F., *Système des connaissances chimiques*, Parigi 1801.
- [4] NAMIAS G., *Alcune ricerche cliniche e chimiche sui bromuri*, «Memorie del R. Istituto Veneto di Scienze, Lettere ed Arti», 1870; 15:516-31.
- [5] PRIMAVERA G., *Risultati degli esperimenti eseguiti nella clinica del prof. Tommasi intorno alle frizioni di solfato di chinina*, «Giornale Veneto di Scienze Mediche», 1867; 7(III):697-701.
- [6] BERTI A., *Commemorazione del dott. Giacinto Namias*, «Atti del R. Istituto Veneto di Scienze, Lettere ed Arti», 1874; 3:1494-1525.
- [7] Dalla «Direzione Centrale di Ordine Pubblico» (1849), in: VANZAN MARCHINI N.E., *L'ospedale dei veneziani*, Venezia, Tip. Commerciale, 1986.
- [8] ZORZI A., *Venezia Austriaca 1798-1866*, Milano, Laterza, 1985.

- [9] NAMIAS G., *Esperienze chimiche su fluidi di persone che usarono internamente preparazioni d'iodio*, «Memorie dell'I.R. Istituto Veneto di Scienze, Lettere ed Arti», 1852; 4:463-71.
- [10] NAMIAS G., *Guarigione dell'albuminuria*, «Giornale Veneto di Scienze Mediche», 1862; 20(II):575-97.
- [11] ZILIO P., *Sopra un caso di veneficio per stricnina*, «Giornale Veneto di Scienze Mediche», 1865; 3(III):575-97.
- [12] VANZAN MARCHINI N.E., *La memoria della salute. Venezia ed il suo ospedale dal XVI al XX secolo*, Catalogo della mostra, Venezia, 1985.
- [13] NAMIAS G., *Risultamenti clinici nella sezione femminile dello Spedale civile di Venezia*, «Giornale Veneto di Scienze Mediche», 1867; 6(III):16-23.
- [14] NAMIAS G., *Sull'epilessia e sui tentativi di provocarla negli animali*, «Giornale Veneto di Scienze Mediche», 1869; 10(III):179-83.
- [15] DALL'OLIO G., *Giovanni Bizio chimico veneziano dell'Ottocento*, in «Rendiconti dell'Accademia Nazionale delle Scienze detta dei XL, Memorie di Scienze Fisiche e Naturali», 1992; 110:394-411.
- [16] PRIMAVERA G., *Risultamenti analitici degli esperimenti fatti dal prof. Tommasi intorno alle frizioni della pomata di joduro potassico semplice e jodurato*, «Giornale Veneto di Scienze Mediche», 1867; 7(III):693-7.
- [17] PRIMAVERA G., *Manuale di Chimica Clinica*, III ed., Napoli, Jovene, 1873.
- [18] DALL'OLIO G., TELESFORO P., *Gaetano Primavera «Professore di Chimica Clinica nell'Ospedale Clinico di Napoli»*, «Diagnostica e Diagnosi», 1992; 3(6):29-30.
- [19] CAVALLERO G., *Manuale di Uroscopia clinica*, Torino, Unione Tipografico-Editrice Torino, 1909.
- [20] NAMIAS G., *Sul formiato di chinina*, «Giornale Veneto di Scienze Mediche», 1866; 5(III):139-45.
- [21] JAKSCH R., *La diagnosi clinica delle malattie interne per mezzo degli esami bacteriologici, chimici e microscopici*, Palermo, Vallardi, 1889.
- [22] ARENA F., *Trattato pratico di chimica clinica sull'analisi dell'urina con appendice sull'analisi delle feci*, Napoli, Jovene, 1884.
- [23] VITALI D., *Manuale di Chimica Tossicologica*, Milano, Tipografia del Riformatorio Patronato, 1893.
- [24] CAPEZZUOLI S., *Piombo nelle orine*, «Repertorio Italiano di Chimica e di Farmacia», 1866; 1:1-10.
- [25] BULKLEY D., *Dell'uso e del valore dell'arsenico nel trattamento delle malattie della pelle*, «Annali di Chimica applicata alla Medicina», 1877; 64:247-9.
- [26] NAMIAS G., *Nuovi studii di chimica organica, applicando i bromuri alla cura delle umane infermità*, «Giornale Veneto di Scienze Mediche», 1869; 10(III):1813-5.
- [27] HARDY E., *Nota sul tempo necessario al passaggio di alcune sostanze nell'urina*, «Giornale Veneto di Scienze Mediche», 1864; 23(II):396-400.
- [28] NAMIAS G., *Del bromuro di potassio e della canfora nella cura dell'epilessia e della corea o danza di S. Vito*, «Giornale Veneto di Scienze Mediche», 1867(III); 6:24-9.
- [29] *Della eliminazione dei medicamenti. Recensione dal «Bulletin general de therapeutique»*, «Giornale Veneto di Scienze Mediche», 1873; 18:318-32.
- [30] PRIMAVERA G., *Sull'assorbimento del solfato di chinina, amministrato per la pelle denudata, per clisteri e per iniezione ipodermica*, «Giornale Veneto di Scienze Mediche», 1869; 11(III):389-95.

ALDO GAUDIANO (\*) - RODOLFO ALESSANDRO NICOLAUS (\*\*)

## **Filippo e Carlo Cassola: due chimici fra i Borbone e i Savoia (\*\*\*)**

**Summary** - Filippo Cassola (1792-1869) and his son Carlo (1828-1868) were two chemists who worked in Naples.

The first one taught in public institutions and is an author, besides some treatises, of a variety of researches including the isolation of lupinine and of cubebin. He was dismissed from teaching because he was opposed to the Bourbons.

The second one, after 13 years of exile for political reasons, went back to Naples and founded (1866) a private Faculty of Chemistry, with the aim to develop the chemical resources of Italy. In order to draw attention to the Italian fossil fuels, he made work with these a steamer and a locomotive. However, he received scarce supports and he died, tired, poor and in bitterness, when he was 40 years old.

Nel corso di una nostra collaborazione con lo storico Carlo di Somma, che sta effettuando ricerche storico-iconografiche su personaggi vissuti in Italia meridionale nel periodo in cui il Regno delle Due Sicilie fu annesso al Regno d'Italia, ci siamo imbattuti in due chimici, Filippo e Carlo Cassola, padre e figlio, che appartengono a quella categoria di scienziati minori trascurati dai comuni repertori, ma ciò nondimeno degni di essere ricordati, tanto più degni in quanto, a somiglianza di S. Cannizzaro, di R. Piria, di S. De Luca, riuscirono a fare una buona ricerca scientifica pur partecipando alle lotte per l'unità d'Italia.

Filippo, nato a Ferrandina, presso Matera, il 12 settembre 1792, figlio di Luigi, giudice regio a Positano, a 18 anni fu assunto come «capogiovine» nel laboratorio del «R. Stabilimento degli Incurabili» di Napoli. Dopo 5 anni fu ammesso come operatore di laboratorio e poi come aiutante presso la cattedra

(\*) Istituto dell'Enciclopedia Italiana, Roma.

(\*\*) Accademia Pontaniana, Napoli.

(\*\*\*) Relazione presentata al VI Convegno Nazionale di «Storia e Fondamenti della Chimica» (Cagliari, 4-7 ottobre 1995).



di chimica scientifica dell'Università di Napoli, diretta da L. Sementini. Nel 1821 passò con la stessa qualifica alla cattedra di chimica applicata alle arti; 10 anni dopo divenne professore aggiunto di chimica sperimentale nella Scuola di applicazione per ingegneri della Direzione generale dei ponti e strade (l'attuale Genio Civile); nel 1839 divenne professore effettivo di chimica e mineralogia. Nel frattempo era stato nominato professore *honoris causa* in matematica e fisica presso l'Università di Napoli (1837) e aveva avuto (1836) l'incarico di chimica e fisica nel R. Collegio militare della Nunziatella. Da quest'ultimo incarico fu però rimosso nel 1848 per le sue simpatie liberali: si era infatti rammaricato con gli allievi di non avere più l'età per combattere a favore dell'unità d'Italia. Nel 1851 gli fu tolta anche la cattedra universitaria, in quanto i suoi figli si erano dimostrati antiborbonici, partecipando a movimenti contro il regime; gli fu solo lasciato un modesto sussidio mensile. Profittò del forzato riposo per dedicarsi maggiormente alla sua collezione di minerali (donatagli dallo zar Nicola I in ringraziamento degli esperimenti effettuati, dietro suo invito, a San Pietroburgo) e alla rielaborazione del suo trattato di chimica.

L'arrivo di Garibaldi, la caduta dei Borbone e l'annessione di Napoli al Regno d'Italia lo trovarono troppo avanti negli anni e troppo malfermo in salute per occupare un posto di professore effettivo: nel 1860 fu nominato professore emerito.

Gli ultimi anni della sua vita furono angustiati da ristrettezze economiche: in una lettera al ministro della Pubblica Istruzione C. Matteucci (18 novembre 1862) si lagna di non essere pagato da oltre 5 mesi; in un'altra lettera (4 gennaio 1863) lamenta la riduzione del «soldo», dovuta al fatto che agli emeriti veniva attribuito lo stesso misero trattamento economico degli impiegati in aspettativa. Nel 1865 fu istituita a Napoli, come complemento della Facoltà di Medicina, la Scuola di Farmacia; invano il Cassola chiese di esserne nominato preside. Morì a Napoli il 25 luglio 1869.

Fra le sue ricerche ricordiamo, accanto ad alcune note di chimica inorganica e di chimica analitica, la scoperta della cubebina e, forse, della lupinina. Delle due scoperte, pubblicate nel 1834 in riviste a scarsa diffusione («Annali Civili del Regno» e «Gazzetta Eclettica di Farmacia e Chimica di Verona»), il Cassola parla anche nella III edizione del suo trattato di chimica (appendice alla I parte), del 1838. Il principio attivo del pepe cubebe (da lui chiamato «cubebina») fu isolato nell'intento di migliorare la cura della blenorragia, che allora veniva praticata con forti dosi di pepe cubebe, non scevre da inconvenienti. La cubebina, estratta con tre diversi procedimenti, mostrava un colore verdognolo, un punto di fusione di 30 °C e assenza di azoto; differiva dalla piperina del pepe per la colorazione rosso cremisi stabile data con acido solforico concentrato. Nello stesso anno 1834 analogo annuncio fu dato da Monheim, il cui prodotto era però più impuro (p. f. 20 °C). La sostanza fu studiata in seguito da altri chimici, fra i quali il nostro E. Mameli che nel 1907 ne stabilì la formula

bruta, mentre la formula di struttura fu trovata nel 1936 da W. N. Haworth e collaboratori.

L'altra sostanza di cui Filippo Cassola annunciò la scoperta è la lupinina, alcaloide amaro del lupino. Il prodotto da lui ottenuto, per molti aspetti corrispondente a quello che oggi viene inteso come lupinina, ne differisce però per alcune caratteristiche di solubilità, per cui sussiste il dubbio che si trattasse di lupinina molto impura o di un altro alcaloide ad essa simile.

Di alcaloidi il nostro si era già occupato mettendo a punto un nuovo metodo per preparare rapidamente, senza l'impiego di alcool, il solfato di chinina a un elevato grado di purezza («Ricettario Farmaceutico Napoletano», 1823; «Journal de Pharmacie», 1829).

Una ricerca di chimica analitica che merita di essere ricordata per la sua accuratezza è quella (letta nel R. Istituto d'Incoraggiamento e pubblicata nel «Giornale di Chimica e Fisica di Pavia», VI bimestre 1817) in cui viene minuziosamente saggiata la sensibilità verso gli acidi e gli alcali di oltre 200 tinture vegetali e viene indicata come la più sensibile (oltre 10 volte più della tintura di tornasole) la tintura di ravanello (*Raphanus sativus*, var. *radice rubra*).

Spirito eminentemente pratico, Filippo Cassola ideò anche alcuni apparecchi scientifici: una bottiglia di Woulfe modificata, un termometro ad aria sensibile al centesimo di grado, un meteoroscopio.

Il Cassola è autore di un «Corso elementare di chimica» (in 4 volumi, per un totale di circa 1700 pagine), edito a Napoli (1823-1825), successivamente ampliato in un «Trattato di chimica elementare» che, con vari titoli, ebbe diverse edizioni fino al 1855. Si tratta di una piccola enciclopedia della chimica a carattere eminentemente pratico e applicativo, ma non teorico, ricca di notizie sempre aggiornate e di curiosità; pur non presentando grosse differenze rispetto agli analoghi trattati pubblicati in Italia nei primi decenni dell'Ottocento da vari autori (P. Salvigni, C.B. Bonvicino, G. Gazzeri, S. Purgotti), è da segnalare per l'introduzione dei risultati di ricerche personali dell'autore. Altre due opere sono il «Dizionario di farmacia generale» (Napoli 1836) e il «Trattato elementare di fisica applicata» (in 2 volumi, Napoli 1845-1846).

Filippo Cassola fu socio di varie accademie nazionali ed estere e fu ospitato e apprezzato per le sue ricerche in Francia, in Austria e in Russia.

Il figlio Carlo, nato a Napoli il 3 novembre 1828, non ebbe la meticolosità del padre, ma lo superò in intraprendenza, oltre che in irrequietezza. Nella casa paterna, dove convenivano molti intellettuali della società napoletana (fra cui il chimico R. Piria e il mineralogista A. Scacchi) ebbe modo di respirare l'aria liberale che li animava. Partecipò, non ancora ventenne, ai moti antiborbonici del 15 maggio 1848 e fu perciò costretto all'esilio. In un primo tempo combatté in Grecia e in Ungheria per la libertà di quei paesi. Fu poi accolto — tramite i buoni uffici del padre — da J.-B. Boussingault nel laboratorio chimico del Conservatorio di arti e mestieri di Parigi, dove lavorò per alcuni anni; a Parigi fu

anche saggiatore della Zecca di Stato. Si trasferì poi in Asia, dove diresse una fabbrica di prodotti chimici, e successivamente nelle Americhe; trascorse gli ultimi 5 anni del suo esilio in Ecuador, dove insegnò, diresse una fabbrica di polvere pirica e, inoltre, comandò un gruppo di volontari organizzato dal Governo di quella repubblica.

Nel 1861, dopo l'annessione del Regno delle Due Sicilie al Regno d'Italia, tornò nella sua città natale; durante il viaggio di ritorno si fermò a Londra — allora tappa obbligata per i viaggi marittimi dall'America all'Italia — e vi incontrò più volte Mazzini. A Napoli si mise a disposizione del ministro della Pubblica Istruzione F. De Sanctis (di cui era stato allievo) come professore o come tecnico chimico o come militare (lettera del 3 agosto 1861), ma senza successo. Non perdendo il suo entusiasmo, avviò delle iniziative aventi lo scopo di scuotere il Mezzogiorno d'Italia dallo stato di torpore in cui si trovava e indirizzarlo verso un adeguato sfruttamento delle sue risorse minerarie. Ottenuti dei finanziamenti — che il Governo gli aveva negato — dal Consorzio provinciale di Napoli e da una ricca nobildonna napoletana, adattò alcuni locali annessi al Maschio Angioino, già destinati dai Borbone ad armeria, ricavandone laboratori, due anfiteatri per lezioni e un museo di apparecchi chimici e fisici e di minerali. Denominò questo complesso «Facoltà di Chimica» e lo dotò di 15 corsi. È da notare che l'Università di Napoli allora non conferiva lauree in Chimica o in Fisica, ma solo in Giurisprudenza, Lettere, Matematica, Farmacia e Medicina. Ai primi del 1866 la nuova Facoltà privata iniziò la sua attività; questa era rivolta sia all'insegnamento, sia a ricerche di carattere pratico, in particolare analisi per saggiare i minerali del paese, e preparazione di prodotti chimici e apparecchi scientifici in grado di sostituire quelli importati dall'estero. Le cose andarono discretamente per quanto riguardava le analisi, che vennero commissionate da vari Comuni del Meridione, desiderosi di conoscere le risorse minerarie del loro territorio, e anche per la produzione di alcuni prodotti chimici e di semplici apparecchi scientifici; andarono invece deserti i corsi, nonostante la presenza di validi insegnanti e tecnici; fu solo effettuato un corso speciale per i principi di Oldenburg, ospiti di Napoli per alcuni mesi.

Inaugurando il II anno della sua Facoltà Carlo Cassola, in un vigoroso discorso in cui fa il bilancio del I anno di attività della Facoltà, ne puntualizza gli scopi:

- 1) ravvicinare fra loro la scienza e l'industria;
- 2) conoscere ed esplorare le ricchezze naturali italiane;
- 3) produrre meglio e a minor prezzo che all'estero.

Precisato quel che occorre per raggiungere questi scopi, aggiunge: «L'Europa ci dice: — Producete, e per produrre dovete essere istruiti!! e lavorare!!- —». E amaramente continua: «Per Napoli i maccheroni, che erano il prodotto più nazionale e locale, sono ora di farina russa, e mangiati in un piatto inglese, con forchetta tedesca o francese». E più oltre: «Invero il Governo non è riguardato

in Italia come il supremo custode degli interessi generali e privati, ma come qualcosa che pesa su tutti». Ma le sue erano parole buttate al vento, pur se attuali (e attuali in gran parte lo sono ancor oggi!). Nonostante la caduta dei Borbone, si facevano tuttora sentire gli effetti del loro regime che, salvo poche eccezioni, aveva depresso la vita intellettuale di Napoli; l'ambiente napoletano non era quindi il più adatto per ospitare una scuola di chimica. Ricordiamo a questo proposito che già alcuni anni prima il valentissimo Piria, pieno di entusiasmo per le ricerche effettuate nel vivace ambiente scientifico parigino, tornato a Napoli sul finire del 1839, vi aveva fondato una scuola privata di chimica, dotata anche di un laboratorio, che nelle intenzioni del suo fondatore doveva essere all'altezza delle scuole di J.-B. Dumas e di J. von Liebig; ma dopo due anni aveva dovuto rinunciare all'impresa, anche perché ostacolato (come dice M. Melloni in una lettera del dicembre 1841 a C. Matteucci) dai «suoi ignorantissimi colleghi napoletani». Pur non risultandoci che analoghi ostacoli abbia incontrato Carlo Cassola, è probabile che ve ne siano stati: egli infatti, in una lettera a Vittorio Emanuele II (del 14 aprile 1867), accenna a «nemici» e «gelosi». Facciamo comunque rilevare che dal 1862 era venuto a Napoli S. De Luca, collaboratore di S. Cannizzaro e di M. Berthelot; egli era un valido insegnante, oltre che un abile ricercatore. È da ritenere che l'insegnamento della chimica da una cattedra universitaria, anche se della Facoltà di Medicina, attraesse i giovani più di un insegnamento esercitato in una Facoltà privata di Chimica che neanche aveva il riconoscimento pubblico.

Come già detto, Carlo Cassola — similmente al padre — propendeva per la chimica pratica. Nella sua frenetica attività di ricerca applicata egli si volse particolarmente ai combustibili fossili. Per scuotere l'indifferenza napoletana, realizzò un'azione spettacolare: fattosi prestare dalla Società Manzi di navigazione del golfo un vaporetto, lo fece andare con gli scisti bituminosi di Giffoni Valle Piana (nel Salernitano); e poiché il personale di macchina, aizzato dagli invidiosi, lo osteggiava, si tolse il cappello a cilindro e la finanziaria che indossava e in maniche di camicia si mise a fare il fuochista, minacciando con la rivoltella in tasca chi volesse ostacolarlo. Il vaporetto fece il giro del golfo e tutto finì con un'allegria colazione a bordo. L'esperimento fu ripetuto col piroscavo Oregon, messo a disposizione dal ministro della Marina ammiraglio A.A. Riboty: la nave, alimentata con i soliti scisti bituminosi, compì la traversata da Napoli a Castellammare di Stabia e viceversa. Voltosi poi ai combustibili liquidi, il nostro infaticabile chimico fece estrarre da una sorgente presso S. Giovanni Incarico (nel territorio di Fondi) della nafta grezza abbastanza fluida e con essa, assorbita su pietra pomice, alimentò una locomotiva, che percorse con discreta velocità un tratto della linea Napoli-Portici (prima linea ferroviaria italiana, aperta nel 1839).

Carlo Cassola sapeva bene che i nostri combustibili fossili non potevano competere, per qualità e quantità, col carbon fossile straniero, né pretendeva che l'Italia facesse una politica completamente autarchica; voleva però che il suo Paese si

affrancasse per quanto possibile dai rifornimenti esteri. Tali concetti egli ribadisce nella sopra citata lettera a Vittorio Emanuele II, in cui espone l'attività intrapresa e precisa che i proventi delle analisi richieste dai Comuni assicurano l'indipendenza economica della Facoltà, che pertanto non ha bisogno di gravare sul bilancio statale. Rifacendosi all'augurio formulato dal sovrano, in un discorso tenuto alla Camera, «che l'Italia riposata e tranquilla fecondi gli elementi di vita e di prosperità che le largì la provvidenza», così tuona: «Ma ché, Maestà, si può ciò fecondare con i Diplomi che danno le nostre Università, con le scuole di Musica, di Ballo, di Disegno, di Cifre, di Lettere?!! Ci vuole ben altro! Ma come fecondare dunque gli elementi di vita e di prosperità? Ecco la quistione! Con quello che si è fatto e si sta facendo neppure fra 50 anni ci arriveremo, mentreché per la via che io sto praticando in 3 o 4 anni potremo trovarci in ottime condizioni ... L'Europa dice *Bilancio* cioè *Produce*, ma per produrre dovete esplorare le ricchezze naturali ed essere istruiti e lavorare». Dopo aver sottolineato che le nostre importazioni superano le esportazioni, soggiunge: «Noi abbiamo clima, suolo e quantità d'ingegno superiore ad altri popoli, ma queste tre ricchezze naturali non sono nella via che mena alla civiltà che godono altre Nazioni. Una Vostra parola pratica ai Comuni sarebbe bene intesa e li spronerebbe a fare!». Non risulta che la lettera abbia avuto risposta; forse aveva pesato il rifiuto opposto dal Cassola al principe ereditario Umberto, che nel 1865 gli aveva offerto i mezzi per fondare la nuova Facoltà a Torino, preferendo invece di farla nascere a Napoli, «non per spirito locale» — come egli dice — «ma nell'interesse dell'Italia», tenuto conto della posizione geografica di Napoli e della sua numerosa popolazione.

Con lettera del 13 luglio 1867 Carlo Cassola chiede al ministro della Pubblica Istruzione M. Coppino che la sua Scuola sia considerata pareggiata; il Ministero, richiamandosi alle leggi vigenti, risponde negativamente, ma gli dà un contentino scrivendo: «Il Governo si compiace grandemente di codesti nobili tentativi dell'iniziativa privata diretti a dar impulso maggiore alle applicazioni utili della scienza ed a svolgere più alacramente le forze produttive del paese».

Il lavoro estenuante e soprattutto le delusioni ricevute minarono la salute dell'entusiasta conduttore di tante battaglie: egli morì a Napoli, appena quarantenne, povero e amareggiato, il 28 dicembre 1868, pochi mesi prima del padre, senza poter vedere realizzato il suo sogno. Non il sogno di un illuso, ma il fervido auspicio di realizzazioni per le quali i tempi non erano ancora maturi.

Scomparvero così quasi contemporaneamente Filippo e Carlo Cassola, due chimici che, avversati dal Borbone e incompresi dal Savoia, furono rappresentanti non indegni, anche se non di primissimo piano, di quella scienza napoletana che, nella prima metà dell'Ottocento, si affiancò ad altre manifestazioni culturali che illustrarono questa trascurata parte d'Italia.

*Gli AA. sono grati al dott. Carlo di Somma per la preziosa collaborazione.*

BIBLIOGRAFIA

Archivio centrale dello Stato, «Ministero della Pubblica Istruzione», fascicoli intestati a Carlo Cassola e a Filippo Cassola.

Archivio parrocchiale di Ferrandina.

Associazione Italiana di Chimica, *Raffaele Piria*, pp. 52-53, Roma 1932.

CASSOLA C., *Discorso di apertura del secondo anno della Facoltà di Chimica fondata per iniziativa privata*, Napoli 1867.

CASSOLA F., *Trattato di chimica elementare estesamente applicata alla medicina, alla farmacia, all'agricoltura, alla mineralogia ed alle arti.*, III ediz. in 6 voll., Napoli 1835-39.

COPPOLA M., *Un precursore d'autarchia*, in «La Chimica», XV, 579-581 (1939).

GATTINI C.G., *Saggio di biblioteca basilicatense*, pp. 8 e 65, Matera 1908.

TESTI G., *Storia della Chimica con particolare riguardo all'opera degli Italiani*, pp. 124, 146 e 269.

FRANCESCO CARDONE (\*)

## Raffaele Piria e la sua «opera chimica» (\*\*)

### Raffaele Piria and his «chemical work».

**Summary** - Raffaele Piria is a personage whose cultural sensitiveness allowed him to conciliate his scientific interest with his political and civil engagement. He can be rightly regarded, as the forerunner of a scientific methodology stretched out to the attainment of a communicable knowledge, also to who is not employed in this field, in a plain way. His «Trattato di chimica inorganica» is the example of his sensitiveness which we can define didactic. In this short writing I have marked out the personage's biographic outlines and I have pointed the attention on didactic and on the reflections which it has exercised in the word of chemical culture of his age.

*«Raffaele Piria sul gran tronco della Chimica lavoisieriana innestò un sano virgulto di schietta produzione italiana, tramandando ai posteri la sua fama immortale, perfezionando e volgarizzando aristocraticamente la scienza».*

FERDINANDO ZITO

### 1. Biografia

Raffaele Piria è un personaggio che appartiene indissolubilmente alla storia ed alla scienza. Egli infatti visse associando l'impegno della ricerca chimica a quello politico, riuscendo a conciliare questi due aspetti e lasciando ampia testimonianza del suo esistere. Nacque a Scilla in provincia di Reggio Calabria il 20 agosto 1814<sup>1</sup> come è riuscito a provare Pietro Macrì in contrasto con lo Strafforello ed il Treves che indicavano in Palmi il luogo natale e con il Tornatora a

(\*) Chimico Industriale, aderente a: G.N.F.S.C., S.C.I., A.I.F., A.I.D.I.C.

(\*\*) Relazione presentata al VI Convegno Nazionale di «Storia e Fondamenti della Chimica» (Cagliari, 4-7 ottobre 1995).

<sup>1</sup> L'atto di nascita di Raffaele Piria così recita: «L'anno milleottocento quattordici, il di

Sinopoli.<sup>2</sup> Dopo la morte del padre fu ospitato presso il Collegio Reale di Reggio Calabria, all'epoca diretto dal canonico D. Tommaso Tripepi, ove compì studi classici. Successivamente, si recò a Napoli ove, nel 1835, conseguì la laurea in medicina e chirurgia. Manifestava però grande interesse e predisposizione per gli studi di chimica<sup>3</sup> tanto che il Lancillotti, insegnante di questa disciplina presso il Collegio medico-chirurgico di quella città, lo volle quale suo collaboratore. Piria si distinse per le sue doti umane e scientifiche e costituì un referente naturale per tanti suoi condiscipoli che ricorrevano a lui per aver chiariti i loro dubbi, egli infatti si dimostrava di grande perspicacia nell'apprendere le più astruse teorie chimiche e di grande capacità nell'esponele con parole semplici e chiare. La necessità di effettuare precise determinazioni ponderali, in certe esperienze, lo avvicinò a tale Scacchi ed al mondo della cultura scientifica napoletana.<sup>4</sup> Dopo la laurea si dedicò allo studio della fisiologia vegetale, della botanica, della mineralogia e della chimica. Pur contrastato dallo zio Raffaele che si era preso cura di Lui sin dalla morte del padre e che lo preferiva nella veste di medico anziché in quella di chimico, decise di lasciare Napoli per allargare i suoi orizzonti e porsi in contatto con i più celebri chimici d'Europa. Nel 1837

ventotto del mese di agosto, avanti noi Luigi Baviera sindaco ed ufficiale dello stato civile del Comune di Scilla, provincia di Calabria Ultra, è comparso il Signor Luigi Piria di anni 33, di professione proprietario ed ha dichiarato che ai venti del mese corrente ad ore quattro è nato nella sua propria casa da lui dichiarante e dalla signora Angela Tortiglioni di anni 30, sua moglie legittima, un maschio che ci ha presentato a cui si è dato il nome di Raffaele, Michele e Rocco. La presentazione e dichiarazione si è fatta alla presenza di Pasquale Florio di anni 60, di professione falegname, domiciliato in detto comune e di Rocco Giuffrè di anni 58 di professione bracciale, domiciliato come sopra. Il presente atto è stato letto al dichiarante che ai testimoni ed indi firmato da noi e da esso dichiarante avendo i testimoni asserito di non sapere scrivere. F.ti L. Piria, L. Baviera» Il Macri aggiunge: «Conforme a questo atto è quello esistente nell'archivio della Parrocchia di Scilla, dal quale risulta che al Piria fu amministrato il battesimo il giorno 28 dello stesso mese dal Sacerdote Pietro Ingegneri, coadiutore dell'Arciprete, e che fu tenuto al fonte battesimale dal proprio zio Rocco Minasi».

<sup>2</sup> Entrambi paesi della provincia di Reggio Calabria, situati a pochi chilometri da Scilla.

<sup>3</sup> Si racconta che egli spesso «fu visto per le vie di Napoli tutto intento nella lettura di libri che trattavano di questa scienza» in *Raffaele Piria* di PIETRO MACRI, Foligno, Stabilimento d'Arti Grafiche G. Campi, 1912.

<sup>4</sup> L'incontro con Scacchi è così raccontato da Cannizzaro: «Giacomo Pace, professore di fisica, stava alla finestra della sua casa insieme allo Scacchi e vide nella via un operaio, a lui ben noto, il macchinista Spano, con una bilancia di forma non comune sulle spalle, seguito da un giovane in uniforme del collegio medico. Spinto dalla curiosità di osservare quella bilancia di precisione, strumento allora raro, anzi unico in Napoli, chiamò in casa sua l'operaio ed il giovane che lo accompagnava. Ivi si animò ben tosto una conversazione tra lo Scacchi ed il giovane Piria; il sacro fuoco per gli studi naturali che ardeva nell'animo di tutti e due li collegò con una vicendevole simpatia, che divenne poi quella intima amicizia che durò per tutta la vita. (S. CANNIZZARO, *Sulla vita e le opere di Raffaele Piria. Discorso*, Torino 1883, Ermanno Loescher).



quindi, si portò a Parigi ove conobbe Iussieu, Gay-Lussac, Elie de Beaumont e Thenard. Frequentò molto le sedute dell'Accademia delle Scienze di Parigi ove gravitavano i maggiori cultori delle scienze dell'epoca. Si mantenne tuttavia, in contatto epistolare con lo Scacchi al quale in una lettera datata 12 giugno 1837, comunicò di aver effettuato molti acquisti sia di libri scientifici che di conchiglie. In quel periodo le sue condizioni economiche non erano particolarmente floride e, non potendo disporre di un laboratorio ove condurre le proprie ricerche, ne allestì uno molto artigianale nella stessa locanda ove alloggiava.

## 2. *Primi successi sperimentali*

Delle prime indagini il Piria, diede notizia in due pubblicazioni su di un giornale scientifico parigino. La prima pubblicazione portava il titolo: *Sulla separazione dei bromuri dai cloruri* e la seconda: *Sopra una bizzarra azione che il fosfato di soda esercita sul fosfato di mercurio*.<sup>5</sup> Lo spirito ardimentoso lo animò a voler partecipare ad una importante spedizione verso l'emisfero del Sud che vedeva protagonisti scienziati del livello di Gay-Lussac. Egli chiese aiuti economici allo zio ma, nel tempo trascorso fino al ricevimento del denaro, Raffaele venne a sapere che le due navi avevano già preso il largo.<sup>6</sup> Superata la delusione riuscì a farsi ammettere presso il laboratorio di J.B. Dumas.<sup>7</sup> Con Lui compì studi sui tartari e sull'acido tartarico approfondendone la costituzione molecolare. Studiò anche gli acidi propionico, il lattico, il glicorio. Nel corso delle loro comuni ricerche scoprirono l'acido cloracetico e ne pubblicarono la notizia sugli *Annales de Chimie et de Physique*. Tra i due scienziati, s'instaura una grande amicizia basata essenzialmente sulla stima reciproca e questa fu vieppiù accentuata, dall'amore comune verso la scienza chimica.<sup>8</sup> Presso lo stesso laboratorio, il Piria scoprì l'idruro di salicile e successivamente studiò la salicina.<sup>9</sup> Tale acqui-

<sup>5</sup> Apparse su *Antologia di Scienze Naturali* (Napoli 1841).

<sup>6</sup> Così scriveva allo Scacchi: «Non mi fiderei descrivere l'impressione che la lettura di tale notizia produsse nel mio animo, basta dirvi che la lessi con lacrime che mi scorrevano involontariamente dagli occhi».

<sup>7</sup> J.B. Dumas (1800-1884) realizzò un metodo sperimentale che ampiamente utilizzato nel campo della chimica organica, si rese partecipe del mantenere viva l'ipotesi di Avogadro successivamente riaffermata da Stanislao Cannizzaro (1826-1910) allievo di R. Piria.

<sup>8</sup> Piria ebbe a scrivere allo Scacchi: «Mr. Dumas mi accolse in un modo che eccede quanto potrò dirvi di generoso e di cortese. Oltre l'avermi accordato l'onore di mettermi a parte dei suoi lavori, ha lasciato in mia disposizione tutto il suo gabinetto, dandomi le più ampie facoltà di disporre di tutti i suoi strumenti a mio grado», P. MACRÌ, *Raffaele Piria*, cit., p. 10.

<sup>9</sup> È un glucoside, sostanza abbondante nei vegetali che sottoposta a riscaldamento in presenza di acidi o con alcali, oppure per azione di opportuni enzimi (veri e propri catalizzatori biologici), si scinde in glucosio ed alcool. La salicina è contenuta nei salici.

sizione venne presentata all'Accademia delle Scienze di Parigi che, emise sull'autore, il seguente giudizio:

«Il Signor Piria ha fatto prova nel corso di questo lungo lavoro sulla salicina di una rara penetrazione e di una sicurezza di giudizio poco comune. Il lavoro del Piria resta come uno dei più perfetti, di cui la chimica organica si sia mai arricchita».<sup>10</sup>

Dalla salicina riuscì successivamente a ricavare l'elicina, l'acido formico, l'acido saliciloso (essenza della spiraea ulmaria).<sup>11</sup> Nel 1839 rientra a Napoli e si dedica all'insegnamento privato e con Macedonio Melloni tentò anche, ma senza successo, l'istituzione di una scuola privata di scienze sperimentali. Insieme invece, pubblicarono una *Antologia di scienze naturali*.<sup>12</sup> Tra il 1840 ed il '41 pubblicò un trattato dal titolo *Elementi di chimica inorganica*<sup>13</sup> con i tipi dell'editore Sebezio. Quest'opera che dedicò al suo illustre maestro J.B. Dumas,<sup>14</sup> si rivelò subito di grande importanza per la chiarezza dell'espressione e la rigosità. In essa gli aggruppamenti dei corpi elementari erano disposti secondo le analogie che all'epoca si consideravano determinanti ai fini della comprensione dei fenomeni e della reattività chimica. Di più, l'aggruppamento dei corpi composti veniva presentato tenendo in giusta considerazione la composizione elementare.<sup>15</sup> In quel periodo si era resa libera la cattedra di chimica all'università di Pisa e Piria, per l'intervento di Carlo Matteucci e con le referenze di J.B. Dumas<sup>16</sup> divenne insegnante di quell'ateneo nel 1842 a soli ventotto anni. In quell'università proseguì gli esperimenti sulla salicina già iniziati a Parigi e, nel 1846, ne pubblicò i risultati negli *Annali delle Università Toscane*. Col Matteucci fondò la rivista *Nuovo Cimento*, rivista attiva ancora oggi pur se dedicata solo alla fisica, ove pubblicarono: *Studi sulla costituzione chimica dell'asparagina e dell'acido aspartico*. Nel corso delle sue ricerche ebbe modo di riscontrare i rapporti esistenti tra la salicina e la copulina e decise di approfondire lo studio di quest'ultima ma non poté iniziarlo che nel 1854 quando il Tassinari, suo allievo, gli

<sup>10</sup> P. MACRÌ, *Raffaele Piria*, cit., p. 10.

<sup>11</sup> Specie vegetale dalle grandi foglie bicolori.

<sup>12</sup> In questa opera ebbe modo di inserire parecchie sue memorie scientifiche.

<sup>13</sup> F. ZITO, *Galleria Biografica degli Uomini e delle Donne illustri e benemeriti delle Calabrie*, a cura di Vincenzo De Cristo, vol. 1°, fasc. 5°, Casa Editrice A. Genovesi & Figli, Palmi 1925.

<sup>14</sup> Vedi nota 7.

<sup>15</sup> Purtroppo dell'opera di Piria, poco è riportato nei moderni trattati di chimica. Voglio qui ricordare la reazione per l'ottenimento di aldeidi scaldando una miscela di formiato di calcio e di un generico carbossilato di calcio. Egli otteneva un sale misto intermedio dal quale perveniva alla formazione di carbonato di calcio (CaCO<sub>3</sub>) ed aldeidi. Tale reazione è riportata su FUSCO-BIANCHETTI-ROSNATI, *Chimica Organica I*, Editrice Scientifica Guadagni, Milano 1980.

<sup>16</sup> Così scriveva: «Il governo toscano non avrebbe potuto elegger di meglio. Fra i giovini usciti dal mio laboratorio considero il Piria come il primo, sia per mente chiara, ingegno arguto ed abilità nello eseguire le esperienze».

poté fornire alcune oncie di populina.<sup>17</sup> Nel 1855 completò tale lavoro e lo pubblicò nel *Nuovo Cimento*. Piria si adoperò anche a realizzare le condizioni per costituire un laboratorio veramente attrezzato ed a tal fine chiese, ed ottenne, dal Governo Toscano, che la dote economica legata alla propria cattedra, fosse aumentata da 706 a 1176 lire. Ebbe anche altri finanziamenti straordinari negli anni 1843-48 per lire 5888. Questi fondi erano tuttavia insufficienti a far fronte ai bisogni di un serio laboratorio chimico e spesso dovette completare esperimenti già intrapresi facendo ricorso alle sue personali finanze. Il laboratorio che J. Liebig (1800-1888) aveva realizzato in Germania costituiva un vero e proprio modello cui Piria avrebbe voluto uniformarsi ma ragioni economiche e politiche avversarono sempre questa sua aspettativa.<sup>18</sup> Voglio qui riportare un breve elenco delle *Memorie scientifiche* del nostro autore:

- *Sulla cagione dei fumaioli che si veggono all'intorno di certe solfatare.*<sup>19</sup>
- *Sull'acido aspartico.*
- *Sull'ammidalina e certi casi della sua scomposizione.*
- *Sulla bibasicità dell'acido salicilico.*
- *Circa un metodo generale «per convertire»<sup>20</sup> degli acidi monobasici nelle rispettive aldeidi.*<sup>21</sup>
- *Modificazioni intorno all'apparecchio della analisi elementare dei composti organici adoperandosi l'ossigeno direttamente.*
- *Sui prodotti ottenuti dall'azione del solfito di ammoniaca sulla nitronaftalina.*

<sup>17</sup> Ottenuta per sintesi della salicina con cloruro di benzoile.

<sup>18</sup> In Germania il clima politico era diverso da quello italiano e vedeva la scienza ed i suoi operatori quali soggetti da incoraggiare mentre in Italia spesso gli uomini di scienza erano considerati demagoghi e quindi potenziali sovvertitori dell'ordine sociale. La scienza non solo veniva spesso ostacolata ma addirittura, in alcune regioni, spenta; onde ben pochi erano quelli che si davano allo studio di essa. In *Raffaele Piria* di PIETRO MACRÌ, op. cit.

<sup>19</sup> Nel *Dizionario bio-bibliografico*, op. cit., tale opera viene indicata col titolo: *Ricerca sui fumaioli dei dintorni di Napoli, eseguite dietro suggerimento di Macedonio Melloni*. Tale memoria apparve nell'*Antologia di Scienze Naturali* (Napoli 1841).

<sup>20</sup> Tondo mio.

<sup>21</sup> A proposito della scoperta della trasformazione di alcune aldeidi negli acidi corrispondenti, è celebre la polemica che il Piria ebbe a sostenere con il Limpricht per proclamare la priorità della stessa. Alcune lettere che il Piria aveva scritto al Malaguti ed al Liebig (carteggio maggio-giugno 1855) dimostrarono le sue ragioni. Il Cossa così scriveva intorno a questa dia-triba: «La lettera diretta al Liebig, in data 22 agosto del 1855 fu pubblicata appena nel 1856, perché essendo il Liebig, come egli stesso dichiarò, partito per l'Inghilterra, trovò la lettera al suo ritorno; cioè due mesi e mezzo dopo e non la pubblicò immediatamente; ritenendo che la scoperta del Piria fosse già stata nel frattempo pubblicata in altro periodico. Il Piria chiamò pure in appoggio del suo diritto alla priorità nella scoperta della genesi delle aldeidi dagli acidi, l'autorità di Dumas, di Malaguti, di Gerhardt, di Cahours, di F. Leblanc, di Deville, di Berthelot, e di altri chimici sommi ai quali aveva comunicato verbalmente le sue esperienze nel settembre 1855, trovandosi egli in quell'epoca a Parigi», F. ZITTO, cit., pp. 155-156.

- Osservazioni a proposito di una memoria di G. J. Mulder sull'acido introbenzoico.<sup>22</sup>
- Esame critico dei mezzi usati in farmacia per scoprire la presenza del sublimato nel mercurio dolce.<sup>23</sup>
- Cenni sulla fabbricazione delle candele steariche.<sup>24</sup>
- Salicina.<sup>25</sup>
- Sui prodotti ottenuti dall'azione del solfito di ammoniaca sulla nitronaftalina.<sup>26</sup>
- Studi sulla Populina.<sup>27</sup>

Tali memorie vennero poi raccolte e pubblicate da D. Marotta nel volume: *Raffaele Piria. Lavori scientifici e scritti vari*, Roma, Tip. Ed. Italia, 1932.<sup>28</sup>

### 3. Piria, patriota, scienziato e divulgatore

Nel 1848 l'Italia insorge contro gli austriaci e Raffaele Piria, allora insegnante presso l'università di Pisa, spinto da un forte sentimento patriottico,<sup>29</sup> abbandona la cattedra e gli studi ed organizza il battaglione universitario insieme col Pilla e col Matteucci affidandone il comando al Masotti. Egli, sempre in prima linea, si distingue per il suo coraggio nelle battaglie di Curtatone e Montanara. L'intervento di questo battaglione fu però stroncato dallo stragrande numero dei nemici.<sup>30</sup> Fallita quindi questa impresa il Piria ritornò ai suoi studi cercando di rendere più attrezzato il suo laboratorio, ma il governo assunse

<sup>22</sup> Apparsa su *Antologia di Scienze Naturali*, cit.

<sup>23</sup> *Ibidem*.

<sup>24</sup> *Ibidem*.

<sup>25</sup> Pubblicata sugli *Annali delle Università Toscane*.

<sup>26</sup> *Ibidem*.

<sup>27</sup> Pubblicata nel *Nuovo Cimento*.

<sup>28</sup> Il Marotta così, tra l'altro, scriveva nella premessa a tale raccolta: «L'associazione Italiana di Chimica assolve oggi ad un impegno assunto pubblicando, nel 1926, il volume su Stanislao Cannizzaro. Non era infatti possibile che l'opera allora iniziata e proseguita due anni dopo con la edizione degli scritti di Cesare Bertagnini, si arrestasse e rimanesse incompleta, giacché questi tre nostri scienziati formano un trittico, nel quale, senza dubbio, la figura di Raffaele Piria ha grande risalto ... Egli fu il fondatore della Scuola Italiana di Chimica ...».

<sup>29</sup> È celebre la frase di R. Piria: «La Patria si serve con la storta e col fucile» in cui è manifesto il suo carattere di uomo ottocentesco impegnato nella scienza quanto nella vita sociale.

<sup>30</sup> Luigi Manzi così scrive della giornata di Curtatone e Montanara: «Il 29 maggio 1848 nella storica giornata di Curtatone e Montanara si trovarono contro una colonna di circa quindicimila austriaci con i pezzi di artiglieria, muniti di quantità di razzi alla Congrève, l'esigue schiere dei Toscani e Napoletani, che, sopraffatti dal numero, dopo gloriosa resistenza, con fuoco di fila vivissimo per più ore allo scoperto, dovettero ritirarsi con gravi perdite, specialmente «tra i giovani universitari di Pisa», che perdettero nella sanguinosa giornata il loro professore Pilla, di Venafro, tanto celebrato perciò nella storia del Risorgimento». F. ZITO, cit., p. 143.

un'atteggiamento di durezza nei suoi confronti cercando così di punirlo per il suo intervento anti-austriaco. Infatti, da quel momento, non solo lesinò di concedere i finanziamenti che egli gli chiedeva ma, addirittura, lo molestava con «immeritati ammonimenti e sorveglianze».<sup>31</sup> A seguito della nuova situazione venutasi a creare e dopo alcuni anni di sopportazione egli lascia la Toscana per recarsi a Torino ove riprende a pubblicare sul *Nuovo Cimento*. Tali suoi lavori circolarono sia in Italia che all'estero e gli procurarono la meritata fama tanto da suscitare anche in uomini come Cavour,<sup>32</sup> il Sella, il Lanza la dovuta stima che contribuì a farlo nominare membro residente della Regia Accademia delle Scienze di Torino. Nel 1856 fu nominato professore di chimica generale e successivamente, nel 1858, direttore del laboratorio di chimica organica ed inorganica. Nel '59 fu nominato membro del Consiglio Superiore della Pubblica Istruzione e nell'espletamento di tale incarico manifestò tutta «l'energia della sua indole e l'opera del suo ingegno per l'incremento della coltura scientifica in Piemonte».<sup>33</sup> La sua cattedra era spesso affollata sia di alunni che di uomini illustri del calibro di Quintino Sella, Diodato Chiaves, De Filippi ed altri. Celebri sono due lezioni che tenne sui fenomeni legati alle *Fermentazioni* le quali furono citate negli *Annali della Università di Torino*. Nicola Abate, discepolo del Piria e professore di Storia Naturale così ricordava tale occasione:

«Ei senza fatica, senza ragiri conduce quella foltissima udienza, affatto ignorante di cose chimiche a vedere l'invisibile "torula cerovisiae" svolazzare nell'atmosfera e nell'atto che trasforma in alcool ed in acido carbonico lo zucchero; e faceva sorprendere l'ulvina aceti in quel che rubando l'ossigeno all'aria, lo trasporta nell'alcool per convertirlo in aceto; faceva intendere chiarissime le altre fermentazioni e la stessa putrefazione; ed infine discuteva sulla gravissima questione della generazione spontanea».<sup>34</sup>

Nel 1860 Piria ritornò in Calabria con lo scopo di organizzare, su incarico del Cavour, il plebiscito delle «Calabrie». Successivamente Vittorio Emanuele nominò suo luogotenente per le province napoletane, Luigi Carlo Farini il quale sciolse il vecchio Ministero Conforti, già composto da Garibaldi, e ne propose uno nuovo al quale volle far partecipare Piria in qualità di Ministro della Pubblica Istruzione e Segretario della Luogotenenza. Il Piria accettò l'incarico e si

<sup>31</sup> *Dizionario bio-bibliografico*, cit.

<sup>32</sup> Si può citare un aneddoto circa il rapporto tra Piria ed il Cavour: «Il Cavour era un appassionato fumatore di sigari toscani. Per errore mise il sigaro nel calamaio ed il giorno dopo riprendendo a fumare si accorse dell'inconsueto sapore e fu preso dal dubbio di qualche tentativo di avvelenamento. Incaricò quindi il Piria di analizzare il sigaro. Dalle analisi poté affermare che sapore ed aroma erano attribuibili all'inchiostro ed alle trasformazioni che questo aveva subito. Il Cavour avendo trovato di suo piacimento il fumo di tal sigaro fece dettare la formula chimica e diede ordini alla R. Manifattura dei Tabacchi di Torino di confezionare tali sigari ai quali fu dato il nome di cavourrini». In *Dizionario Bio-bibliografico*, op. cit.

<sup>33</sup> P. MACRÌ, *Raffaele Piria*, cit., p. 18.

<sup>34</sup> P. MACRÌ, *Raffaele Piria*, cit., p. 18.

adoperò subito allo studio ed alla redazione di regolamenti atti a risollevere le sorti dell'istruzione pubblica. Tra l'altro, compilò un progetto di riforma per l'insegnamento superiore. La sua opera non poté compiersi interamente a seguito dello scioglimento della VII legislatura. Furono indette nuove elezioni e Piria fu eletto rappresentante del popolo al Parlamento Nazionale per la circoscrizione di Scilla ed il 15 maggio 1862 fu nominato senatore. Tuttavia, le sue occupazioni politiche non lo distolsero dagli studi di chimica ed egli, nell'ansia di conciliare l'attività, si sottopose a grandi sforzi che contribuirono a danneggiare il suo stato di salute. Gli fu consigliato di lasciare Torino e di dedicarsi al riposo ma egli, ottenuto un congedo si recò a Napoli ove si dedicò alla nuova edizione del *Trattato elementare di Chimica inorganica* e successivamente, una volta rientrato a Torino, al *Trattato di Chimica organica* che fu pubblicato nel 1865, dall'editore G.B. Paravia col titolo *Lezioni elementari di Chimica organica*. Piria, ai medici che gli imponevano il più assoluto riposo, così rispondeva: «smetterò fra pochi giorni quando avrò compiuto il mio trattato».<sup>35</sup> Morì a Torino il 18 luglio 1865 confortato dalla moglie Eloisa Cosenz.<sup>36</sup>

#### 4. Il *Trattato elementare di Chimica Inorganica*<sup>37</sup> - note didattiche

##### *Stato Naturale de' corpi*

«I Corpi di cui si compone la crosta della terra sono talmente variati per la forma, e per i caratteri con cui manifestano la loro esistenza, che colui il quale giudicasse della natura di essi dalle apparenze esteriori, sarebbe tentato di credere, che i materiali da cui sono formati sono anch'essi di natura differentissima ed oltremodo numerosi. Nondimeno l'esperienza ha dimostrato che la massima parte de' corpi naturali, sottoposti a certe operazioni chimiche, si scindono in parecchi altri, che differiscono fra di essi, non meno che da quelli da cui sono stati prodotti. Sottoponendo ad altre esperienze i prodotti così ottenuti, si hanno spesso delle nuove sostanze che differiscono dalle prime e dalle seconde, e continuando allo stesso modo, si giunge in ultimo a certe forme di materia, che resistono senza alterarsi a tutti gli agenti di decomposizione conosciuti, è però si chiamano corpi semplici, elementi, o meglio corpi indecomposti.

Il numero de' corpi indecomposti dipende essenzialmente dal grado di perfezione de' metodi impiegati per esaminarli, per modo che quando tali metodi erano ancora

<sup>35</sup> P. MACRÌ, *Raffaele Piria*, cit., p. 22.

<sup>36</sup> Ella si dedicò moltissimo a che l'opera di Raffaele fosse divulgata ed in una lettera datata 24 marzo 1868, inviata a Stanislao Cannizzaro, allievo di Piria, Ella fa sapere di aver contattato l'editore Paravia di Torino «... intorno alla stampa della Chimica del mio estinto consorte da lei gentilmente annotata...». Vedi *Lettera a Stanislao Cannizzaro 1868-1872*, in *Seminario di Storia della Scienza*, Quaderni n° 4 (Maggio 1994), a cura di Leonello Paoloni, Facoltà di Scienze, Università di Palermo.

<sup>37</sup> Edizione Quinta, Stamperia e Cartiere del Fibreno, Napoli 1853. Voglio sottolineare che nei vari testi consultati, tale quinta edizione risulta datata Napoli 1855 mentre il volume da me rinvenuto è datato Napoli 1853.

molto imperfetti, si riguardarono come semplici molte sostanze, che poi furono trovate composte, quali la potassa, la soda, la calce, la silice ec. Viceversa vi fu un tempo in cui si ritennero come composti altri corpi che più tardi furono riconosciuti semplici, come p.e. il cloro....».<sup>38</sup>

Ho voluto riportare questo brano che apre il *Trattato* per mettere subito in evidenza lo stile dell'autore e soprattutto per mettere in luce l'atteggiamento culturale che fa del Nostro, un valente didatta. Egli sostanzialmente, presenta al lettore «laico» ma, nondimeno, allo studioso di chimica, una scienza di cui prioritariamente necessita una definizione. Egli infatti, nell'atto stesso che definisce il concetto di elemento (= corpo semplice o indecomposto), non trascurava di analizzare le accezioni proposte dei suoi predecessori non già, per mettere in luce gli errori quanto invece per indirizzare alla riflessione il lettore e per fargli scoprire il valore fattuale di tali «errori». Questo tipo di metodologia è informata alla necessità didattica e pedagogica di raffrontare e relazionare i fatti ed i dati scientifici ad un contesto più generale e dialettico, aperto al dibattito col background della disciplina in studio.<sup>39</sup> In questo sistema d'insegnamento, il discente è messo in condizione di collaborare al processo di apprendimento, proprio perché realmente coinvolto. Della metodologia didattica di Piria ben testimonia il suo discepolo Nicola Abate che così lo ricorda:

«Dalla cattedra, ove era potente, esercitava, un grande fascino negli uditori e li trasportava nei campi più alti della Scienza e ve li faceva rimanere fino a che le sue idee non fossero tutte intese dai suoi ascoltatori. Nel parlare non usava mai parola che non

<sup>38</sup> R. PIRIA, *Trattato Elementare di Chimica Inorganica*, Quinta Edizione, Stamperia e Cartiere del Fibreno, Napoli 1853, p. 1.

<sup>39</sup> L'epistemologia post-positivistica, già fortemente influenzata dalla tarda filosofia di Wittgenstein, ha messo in luce l'impossibilità di mantenere la separazione-opposizione tra quelli che sono definibili, «contesto della scoperta» e «contesto della giustificazione» della scienza. Essa deve essere considerata quale ricerca che si sviluppa sul substrato dei processi storici ove, temporalmente, si concretizza. Un notevole esempio del rapporto tra epistemologia e tradizione filosofica, può essere rintracciato in un lavoro di Buchdahl (G. BUCHDAHL, *Styles of Scientific Thinking*, in F. Bevilacqua, P. Kennedy (eds.), *Using History of Physics in Innovative Physics Education*, Pavia, La Goliardica, Pavese 1983, pp. 106-127) che tratta degli «stili del pensiero scientifico». Sulle orme di Kant e Husserl, egli ha proposto uno schema d'inquadramento della descrizione della scienza che poggia su tre componenti. La prima legata al supporto di una «evidenza probativa», una relativa all'«intellegibilità esplicativa» e la terza basata sulla «coerenza sistemica». Queste tre coordinate rappresentano nel loro insieme uno strumento ed al tempo stesso un metodo per trattare la scienza quale parametro essenziale, ma non unico, del complesso sistema che è la conoscenza nel senso più generale del termine. La metodologia e lo stile del Piria, sono inquadrabili, a mio parere, nel contesto di una epistemologia educativa basata sulla correlazione coerente tra vecchi e nuovi concetti che insieme interagiscono per condurre il lettore a «certezze» obiettive e criticamente analizzate. L'approfondimento epistemologico proposto da Buchdahl, se opportunamente applicato alla didattica piriana, ci consentirebbe, di definire, il Nostro, a buon diritto, antesignano della didattica chimica.

fosse prettamente scientifica e che non potesse essere intesa anco dai profani di chimica».<sup>40</sup>

Piria, in una lettera indirizzata all'allievo S. Cannizzaro datata 8 aprile 1865, così si esprime:

«... Io credo che quando si parla a principianti i quali non hanno altre idee della scienza che quelle che voi stesso avete loro comunicato, bisogna farsi una legge di non impiegare una espressione, una sola parola che esprima idee le quali non armonizzino col piano d'insegnamento ...».<sup>41</sup>

S. Cannizzaro così descrive il lavoro del suo Maestro:

«Il Piria fra gli smalti ed i cammei della sua non mai abbastanza lodata e citata monografia, fu una delle maggiori glorie scientifiche italiane tanto per l'importante parte con cui contribuì al progresso della chimica, quanto per la durevole influenza che egli esercitò sull'insegnamento scientifico della penisola».<sup>42</sup>

Ancora, Cannizzaro, a proposito del metodo d'insegnamento:

«... L'istruzione pratica degli allievi consisteva soprattutto nel prendere parte alla preparazione delle esperienze dimostrative delle lezioni (il che invero ci educava a grande diligenza, dovendo soddisfare le esigenze del Piria), nell'essere il giorno spettatori e rare volte coadiutori del lavoro che egli faceva colle proprie mani, con quella precisione che il Dumas ha così ben descritto, e nel conversare poi la sera sulla condotta e sui risultati delle esperienze che avevamo in silenzio seguito».<sup>43</sup>

A Piria deve essere anche accreditato il merito di aver risollevato le sorti della chimica italiana il cui stato possiamo intuire dalle parole del Cossa che riferisce che a Bologna nelle lezioni tenute dal prof. Salvigni, «trovavansi delle ricette per fare i sorbetti e per avere buon brodo in tutti i giorni dell'anno».<sup>44</sup>

Nell'Università di Pavia e di Padova, dopo il Brugnatelli, il Carburì ed il Melandri, l'insegnamento della chimica era così decaduto che:

«Ad allievi che non dovevano, che non potevano entrare in laboratorio per attendervi a studi pratici, un professore in toga discorreva per parecchi giorni delle svariate forme e dimensioni di crogiuoli, delle capsule, delle storte ed occupava tutta la durata di una lezione ad insegnare il difficile meccanismo dello staccio» ... «Le dimostrazioni sperimentali, molte ma non buone, assumevano spesso un carattere teatrale ed erano in gran parte affidate ad un serraglio di microvertebrati che avevano l'incarico di dimostrare che l'acido prussico è un veleno, che l'acido carbonico, l'ossido di carbonio sono irrespirabili, mentre l'ossigeno esalta le funzioni respiratorie. Né mancava pure qualche solenne occa-

<sup>40</sup> F. ZITO, *Galleria Biografica degli Uomini e delle Donne illustri e benemeriti delle Calabrie*, cit., p. 144.

<sup>41</sup> L. PAOLONI (a cura di), *Lettere a Stanislao Cannizzaro 1863-1868*, Quaderni n° 3 (Luglio 1993), Facoltà di Scienze, Università di Palermo.

<sup>42</sup> F. ZITO, *Galleria Biografica*, cit., p. 132.

<sup>43</sup> P. MACRÌ, *R. Piria*, cit., p. 13.

<sup>44</sup> F. ZITO, *Galleria Biografica*, cit., p. 133.



sione nella quale il professore riverente annunciava che il gas idrogeno avrà l'onore di svilupparsi avanti qualche altezza imperiale e reale». <sup>45</sup>

Di contro, a questa presentazione «vuota» della scienza, si pone l'opera di Piria che, pur fortemente informata al rigore scientifico ed all'eleganza sperimentale, non tralascia di mettere in luce, criticamente, il divenire storico della disciplina. In tal modo Egli, realizza una dialettica interna, di livello didattico-pedagogico, guidando il lettore, nei meandri, ora più luminosi, della scienza chimica. Qui di seguito, riporto un'altro brano.

#### Il tema trattato è la *combinabilità dei corpi - affinità*

«Quando si mescolano insieme corpi di diversa natura, spesso avviene che si uniscono per formare un composto, in cui spariscono i primitivi caratteri de' componenti. Si dice allora che i corpi si sono combinati, e la cagione da cui la combinazione è prodotta si domanda affinità. Bisogna adunque considerare l'affinità siccome una particolare specie di attrazione che manifestano le une per le altre le molecole dei corpi di natura diversa. La forza che è causa di tale attrazione, agisce su tutt'i corpi indistintamente, ma inegualmente sopra ciascuno, per modo che alcuni composti sono dotati di grandissima stabilità, e per separare i loro elementi bisogna ricorrere ai mezzi più potenti di decomposizione, dove altri invece si decompongono appena vengono riscaldati». <sup>46</sup>

Come ben sappiamo, il concetto «affinità chimica» è stato ben rappresentato nella tabella redatta da E.F. Geoffroy il quale, così si espresse:

«In chimica si osservano differenti relazioni tra i corpi, che appaiono la ragione per cui una data sostanza si combina più facilmente con un corpo che con un altro. Queste relazioni sono determinate da certe condizioni e leggi. Se si mescolano tra loro due sostanze e ad esse se ne aggiunge una terza, la quale ha verso la prima o verso la seconda un rapporto più vicino, questa si combina con quella più affine lasciando l'altra inalterata. Se la terza sostanza non ha un rapporto vicino con nessuna delle altre due, essa non si combina con nessuna delle due. Questa legge ha una grande importanza in chimica e non si può fare un passo senza imbattersi in relazioni del genere». <sup>47</sup>

Anche T.O. Bergman, nel 1778, redasse una tabella di affinità ove collocò ben 58 sostanze. Tuttavia a Lavoisier <sup>48</sup> si deve la costruzione di un impianto metodologico che vedeva, nell'affinità, un modo per chiarire alcuni aspetti della meccanica chimica. Lo stesso Guyton de Morveau, nel 1786, scrisse di affinità, proponendone quattro tipi, così tentando di contemplare la generalità delle situazioni sperimentali. I suoi studi consentirono di pervenire alla concettualiz-

<sup>45</sup> *Ibidem*.

<sup>46</sup> R. PIRIA, *Trattato Elementare di Chimica Inorganica*, cit., pp. 9-10.

<sup>47</sup> E.F. GEOFFROY, cit., in J.I. SOLOV'EV, *L'evoluzione del pensiero chimico dal '600 ai giorni nostri*, Ed. Scientifiche e Tecniche, Mondadori, Milano 1976.

<sup>48</sup> Egli, nel 1783, pubblicò una *Mémoire sur l'affinité du principe oxygène avec les différents substances auxquelles il est susceptible de s'unir*, ove studiò le varie affinità o possibilità di reagire dell'ossigeno con varie sostanze.

zazione di quella che fu definita «forza di affinità» e, successivamente, con C.F. Wenzel ai metodi per la determinazione dei pesi di combinazione. Il brano del saggio ci consente di notare come le idee di Piria intorno al concetto di affinità siano molto coerenti con quanto ho appena riportato. Scorrendo il testo ci accorgiamo come egli, faccia percorrere, al lettore, un itinerario conoscitivo che si sviluppa coerentemente su alcuni passi fondamentali: *esemplificazione di affinità - fenomeni di contatto - leggi delle proporzioni chimiche*. In quest'ultimo step viene approfondito il concetto di equivalente.

#### A proposito dei *fenomeni di contatto - catalisi*

«L'azione chimica né casi finora esaminati è l'effetto dell'affinità, cioè dell'attrazione che si stabilisce tra molecole di diversa natura, allorché sono messe in contatto. Oltre a queste maniere di combinazioni e di decomposizioni, ve ne ha delle altre prodotte non già dall'affinità degli elementi che si combinano, ma dall'attrazione misteriosa di certe sostanze, che si chiamano corpi di contatto o corpi catalitici. Ho già parlato dell'idrogeno e dell'ossigeno, i quali all'ordinaria temperatura non manifestano azione di sorte alcuna, ma in contatto del platino molto diviso, si combinano producendo una forte detonazione. La combinazione chimica in questo caso è senza dubbio favorita dalla porosità del metallo, il quale condensa né suoi interstizii una gran quantità del miscuglio gassoso, le cui molecole quanto più sono ravvicinate, tanto più facilmente si combinano ... I fenomeni di cui si ragiona non solo si presentano tra sostanze gassose, ma spessissimo ancora si osservano tra corpi allo stato solido, ovvero disciolti ... Le azioni di tal natura vennero considerate come dipendenti da una forza sui generis, e diversa dall'affinità, che Berzelius chiamò forza catalitica.<sup>49</sup> A questo stesso ordine di fatti si sogliono rapportare quelle specie di decomposizioni istantanee che si osservano in alcuni composti, i cui elementi sono riuniti da affinità debolissime, appena le loro molecole sono messe in vibrazione per cause meccaniche ... Il platino non si discioglie nell'acido azotico, ma se si tratta con questo acido una lega di platino e di argento, si discioglierà non solo l'argento, ma anche il platino ... tuttavia non credo che tutti i fenomeni di contatto o catalitici si possano ridurre ad azioni di questa natura».

Anche dalla lettura di questo brano<sup>50</sup> emerge la filosofia altamente pedagogica dell'autore il quale, propone sempre i «fatti della chimica» in maniera discorsiva ma rigorosa e quando s'imbatte in problematiche delle quali non ha certezze di «prima mano» come nel caso dei fenomeni di contatto, si pone in posizione di apertura verso nuove risoluzioni. Ad esempio quando dice: «... tuttavia non credo che tutti i fenomeni di contatto o catalitici si possano ridurre ad azioni di questa natura». Tuttavia il valore didattico di questa sua forma argomentativa non si esaurisce in una semplice questione sintattica, al contrario, essa poggia sulla stratificazione semantica che è interna alla struttura del suo discorso. La sua è una dialettica che si muove costantemente sul confronto tra

<sup>49</sup> J.J. Berzelius (1779-1848) fu uno dei primi a studiare i fenomeni catalitici e conìò il termine catalisi.

<sup>50</sup> R. PIRIA, *Trattato Elementare di Chimica Inorganica*, cit, p. 17.

due livelli storiografici, quello interno e quello esterno e risulta comunicativamente molto efficace. Egli descrive le nozioni che intende divulgare seguendo una successione che può essere così schematizzata:

- disamina degli antefatti e conoscenze dell'epoca di riferimento;
- analisi motivazionale del lavoro svolto dagli studiosi intorno alla problematica in argomento e soluzioni proposte;
- esame delle conseguenze e sviluppi successivi.

Questa metodologia è efficace didatticamente in quanto presenta la chimica, e la scienza in generale, come una struttura dinamica che è disponibile a discutere e farsi discutere. Viene così a crearsi un'interscambio fecondo tra idee nel superamento dei preconcezioni formali cui spesso lo studente si riferisce.

Tutto il *Trattato* è una vera e propria miniera di informazioni chimiche le quali risultano ben organizzate e nella loro organicità ben rappresentano una punta avanzata della chimica ante-Mendeleev. Il *Trattato* è così strutturato: le prime 44 pagine presentano la parte generale e costituiscono una sorta d'introduzione all'opera. Seguono le seguenti sezioni:

*Classificazione de' corpi semplici*

*Combinazione de' corpi metalloidi*

*Metalli*

*De' sali in generale*

Voglio qui riportare la *Tavola I (degli equivalenti)*<sup>51</sup> allo scopo di presentare, in breve, lo stile metodologico che condusse Piria alla sua redazione. Egli scriveva:

«L'analisi dell'acqua, fatta con una estrema precisione, ha dimostrato che 100 parti in peso di questo liquido contengono 88,9 di ossigeno e 11,1 d'idrogeno ... Ciò che si è detto dell'acqua si può dire di tutti gli altri corpi, sicché fatta l'analisi di un composto, tutte le volte che lo stesso corpo si presenterà, si potrà ammettere che contiene le stesse quantità di ciascun componente che l'esperienza vi ha già dimostrato. I Chimici per rendere paragonabili i risultati delle analisi, sogliono rappresentare la composizione de' corpi in centesimi, come si vede negli esempi seguenti:

88,9 Ossigeno

11,1 Idrogeno

100 Acqua

Nulladimeno, siccome i numeri precedenti non esprimono che un semplice rapporto, è chiaro che ad essi se ne potrebbero benissimo surrogare degli altri; quindi sarà più

<sup>51</sup> R. PIRIA, cit., p. 609.

semplice indicare l'idrogeno comune a tutti con un numero costante, p.e. coll'unità, nel qual caso avremo:

$$\begin{array}{r} 8 \text{ Ossigeno} \\ 1 \text{ Idrogeno} \\ \hline 9 \text{ Acqua} \end{array}$$

Donde si deduce che 1 d'idrogeno in peso si combina con 8 di ossigeno ... Applicando queste stesse considerazioni agli altri corpi semplici conosciuti, si è formata una serie di numeri esprimenti il rapporto in cui ciascuno di essi si combina con 1 d'idrogeno. Questi numeri hanno ricevuto il nome di equivalenti o numeri proporzionali. Alcuni Chimici rapportano gli equivalenti de' corpi semplici a quello dell'ossigeno, che rappresentano col numero 100. In tal caso l'equivalente dell'idrogeno diventa 12,5<sup>52</sup>...».<sup>53</sup>

La Tavola è strutturata così<sup>54</sup>

Peso equivalente			
Nome de' corpi	Simbolo	O = 100, 00	H = 1
...	...	...	...
Idrogeno	H	12,50	1,00
Ossigeno	O	100,00	8,00

Questo è un'altro esempio della semplicità con la quale Piria rappresenta la realtà chimica. Anche in questo caso, la cadenza del discorso tende ad interessare una sorta di racconto parlato col lettore.

A proposito della *nomenclatura*

«In chimica la nomenclatura de' corpi semplici non è soggetta a regole fisse, e però i nomi di questi il più delle volte non servono che a rammentare alcuna delle loro proprietà più importanti. Le parole cloro, che in greco significa verde, iodo violaceo, bromo odore infetto e simili, esprimono altrettante qualità dei corpi che hanno ricevuto questi nomi. Molti altri nomi vennero adottati, perché già sanzionati dall'uso, sebbene se ne ignorasse l'origine e l'etimologia: le parole solfo, ferro, piombo, oro ec. sono in questo caso».<sup>55</sup>

Le proprietà de' corpi composti hanno intime relazioni con quelle dei loro componenti; però la maniera più semplice e più ragionevole di formare i loro nomi, è quella di comporli coi nomi stessi de' corpi semplici che racchiudono. Si ha così il doppio vantaggio di compendiare ne' nomi dei composti la parte più essenziale della loro istoria, cioè la composizione, e di richiamare alla mente un gran numero di proprietà che da quella dipendono.

Il primo tentativo di una nomenclatura metodica rimonta al 1782, ed è dovuto a

<sup>52</sup> Tale valore è ottenuto sviluppando una semplice proporzione matematica:  $100 : 8 = x : 1$  dalla quale il valore incognito risulta uguale a 12,5.

<sup>53</sup> R. PIRIA, *Trattato Elementare di Chimica Inorganica*, cit., pp. 18-19.

<sup>54</sup> Riporto solo un rigo a mo' d'esempio.

<sup>55</sup> Interessante è l'attenzione verso la struttura linguistica dei termini della chimica. Questa configura una forma di sensibilità semantica che meriterebbe una più attenta e diffusa disamina.

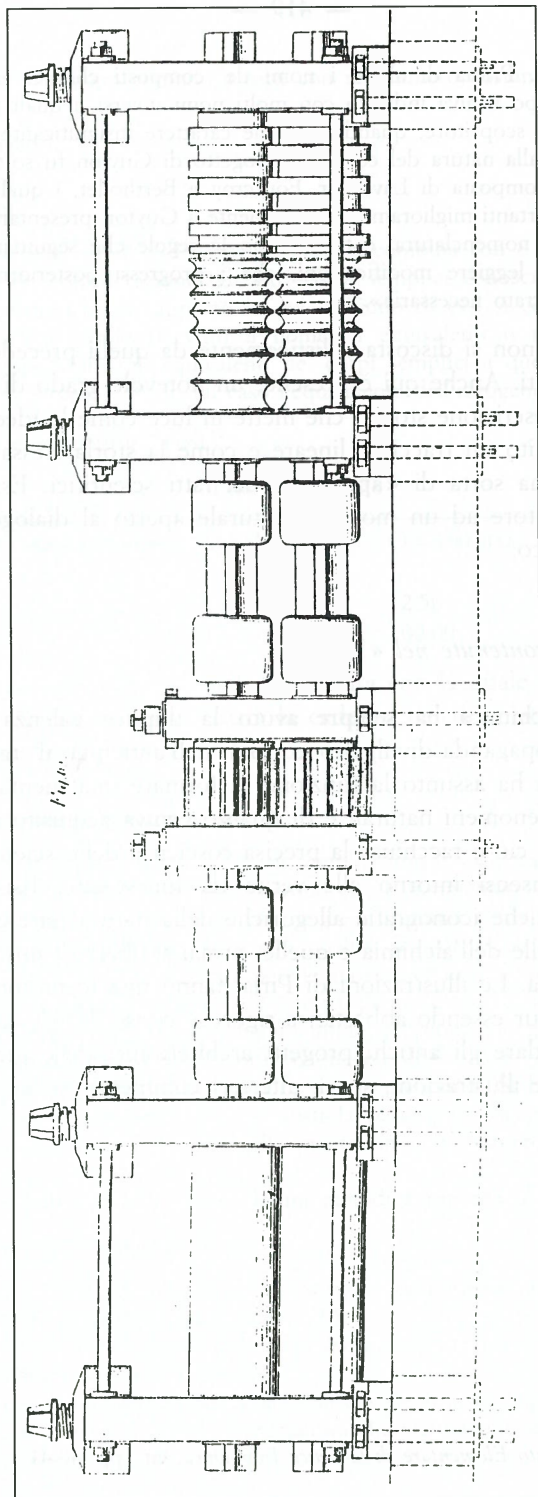
Guyton de Morveau. Prima di allora i nomi de' composti chimici erano arbitrari, e sovente lo stesso corpo veniva indicato con molti nomi diversi, i quali talvolta rammentavano il nome dello scopritore, quando qualche carattere insignificante, spessissimo de' dati inesatti intorno alla natura del corpo. Il progetto di Guyton fu sottoposto all'esame d'una commissione composta di Lavoisier, Fourcroy e Berthollet, i quali dopo di avervi apportato molti importanti miglioramenti, unitamente a Guyton presentarono nel 1787 un sistema compiuto di nomenclatura, e tracciarono le regole che seguiamo ancora oggi-giorno, salvo alcune leggieri modificazioni, che i progressi posteriormente fatti dalla scienza hanno dimostrato necessarie». <sup>56</sup>

Questo brano non si discosta stilisticamente da quelli precedentemente presentati e commentati. Anche qui è presente un notevole grado di comunicatività ed il ricorso alla descrizione storica che mette in luce come le idee chimiche non sempre hanno seguito un tracciato lineare e come la storia stessa non deve servire a compiere una sorta di «apologia» dei fatti scientifici. Essa al contrario deve abituare il lettore ad un modello culturale aperto al dialogo e, in quanto tale non assolutistico.

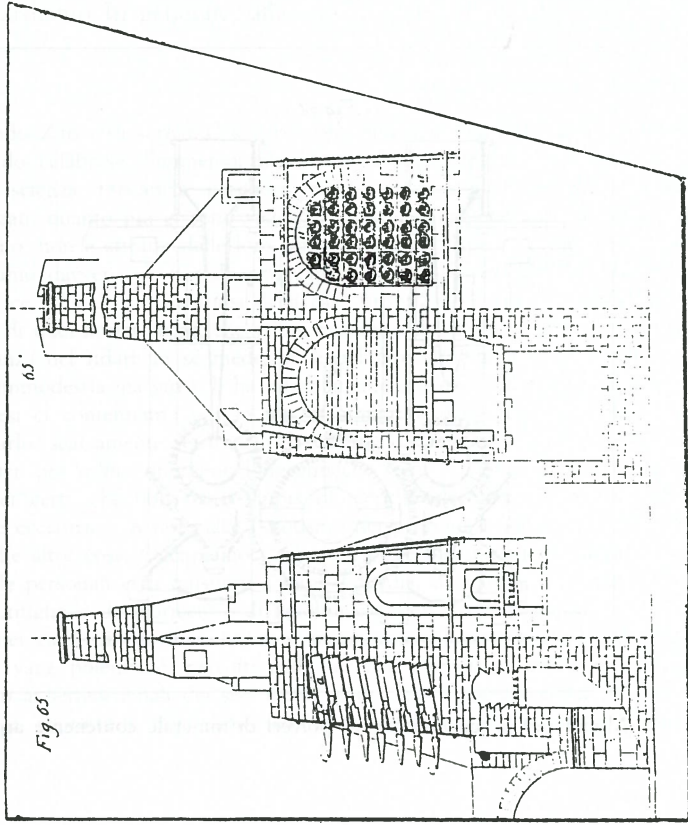
##### 5. *Le illustrazioni contenute nel «Trattato»*

L'iconografia chimica ha sempre avuto la duplice valenza di strumento didattico e di propaganda/divulgazione. Già nell'antichità il rappresentare la scienza e la tecnica ha assunto la funzione di formare una mentalità aperta alla comprensione dei fenomeni naturali e di quanto veniva acquisito nel corso della sperimentazione. In ciò è racchiusa la precisa coscienza dello scienziato che tenta di concentrare consensi intorno alle verità da lui svelate. Esiste un legame profondo tra le antiche iconografie allegoriche della natura tetra-elementare dell'antica Grecia, quelle dell'alchimia e quelle, ormai spoliare di misteriosofie, della chimica lavoisieriana. Le illustrazioni di Piria hanno una forte connotazione tecnica e didattica e pur essendo abbastanza rigorose conservano il fascino che oggi suscita in noi guardare gli antichi progetti architettonici delle grandi cattedrali. Presento ora alcune illustrazioni, senza ulteriori commenti.

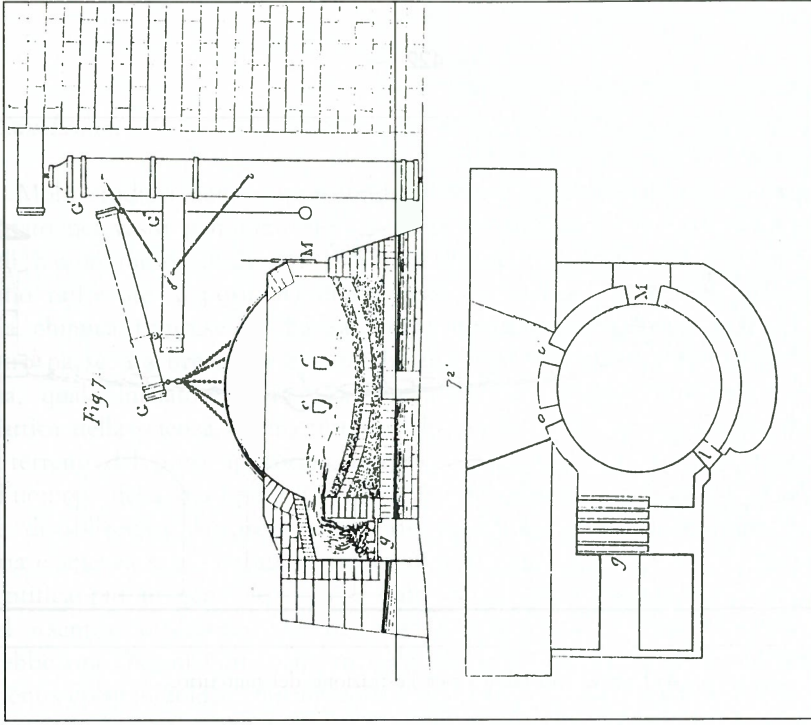
<sup>56</sup> R. PIRIA, *Trattato Elementare di Chimica Inorganica*, cit., pp. 40-41.



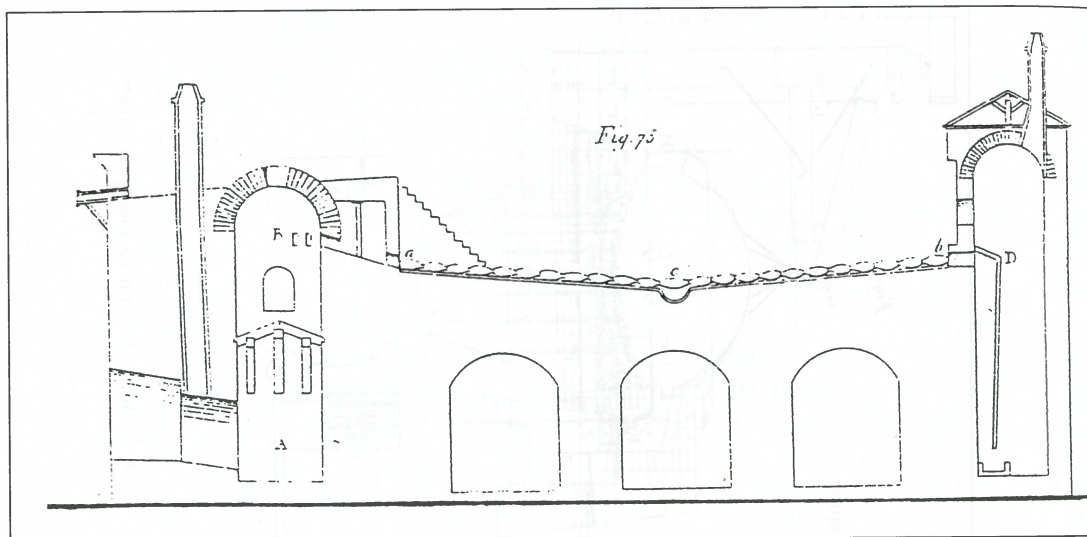
1. Apparato per la raffinazione della ghisa.



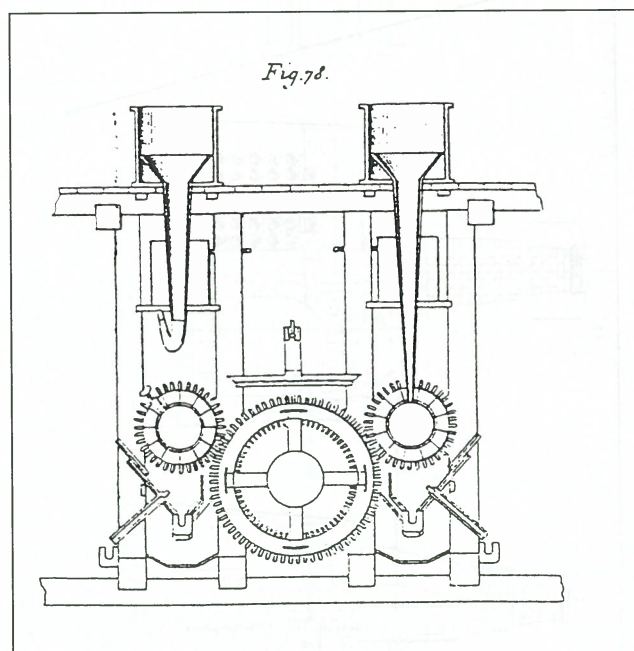
2. Impianto per la produzione dello zinco.



3. Fornello di coppelazione per il piombo.



4. Fornace prismatica per l'estrazione del mercurio.



5. Mulini per la macinazione di polveri di minerale contenente argento.



## 6. Conclusioni

Molti studiosi hanno approfondito, l'opera piriana e ciò che essa ha sedimentato nel vasto panorama della scienza ottocentesca e post-ottocentesca. Tali studi hanno messo in luce il valore scientifico e l'originalità della ricerca ed hanno rafforzato la positività di un personaggio che ha respirato intensamente della chimica francese ed ha saputo trasporre i suoi più fecondi effluvi nel nostro paese. La breve trattazione che qui propongo, è il tentativo di rivalutare Piria, quale iniziatore storico di quella «disciplina» che può essere definita didattica della scienza. Spero tuttavia, che questo mio intento non sia degradato sul terreno del puro approccio esegetico. Ben poca cosa sarebbe fare l'elogio dell'uomo e della sua opera. Credo infatti, nella necessità di guardare ad essa al fine di sollecitare la proposizione di metodologie didattiche che relazionino storia e scienza negli ambiti scolastico-universitari e nel campo della divulgazione scientifica più in generale. Egli è stato infatti, un eminente rappresentante di quel «sentire ottocentesco» che guardava al sapere in maniera totalizzante. Sarebbe ora che, in particolare in Calabria, si promuova lo studio e l'approfondimento epistemologico intorno a questo scienziato e lo si diffonda nel contesto culturale e scientifico. La terra in cui Egli nacque patisce infatti, le conseguenze della scarsa attenzione che le intelligenze ivi esistenti, hanno destinato alla storia.<sup>57</sup> Se guardiamo in generale, alla storia, ed a quella della scienza in parti-

<sup>57</sup> Ferdinando Zito così scriveva: «... confesso sinceramente che allora conoscevo molto poco, pur essendo calabrese, l'immensa importanza di Raffaele Piria nel campo positivo, e sconfinato, della scienza: fors'anche perché i grandi uomini sono tanto meno studiati, conosciuti ed apprezzati, quanto più ci sono vicini. La nostra attenzione affrettata nei tempi vertiginosi che volgono, non è attratta dalle loro opere colossali. "Noi — come bene osserva Tullo Massarani — siamo davvero un popolo singolare". "Pochi — per servirmi sempre delle sue giuste parole — ce n'ha di più incuriosi della casa propria e di più facili lodatori dell'altrui; tutto il rovescio di quei nostri vicini, che taluni accusano di volubili e che sono invece di una inconcussa costanza nel fidare in sé medesimi e nel fare alta stima di sé a petto a tutti: la quale non dirò immodestia ma virtù, li ha mirabilmente aiutati a rialzarsi da disastri immani». Noi altri calabresi ci contentiamo per lo più di ammirare platonicamente l'ingegno; poco o niente incoraggiarlo, scarsamente retribuirlo di stima e di simpatia e ancor meno scarsamente onorarlo: noi altri, per solito, onoriamo l'ingegno che viene da lontano quando siamo certi o crediamo di esser certi, che non sia o sappia di meridionale; come se meridionale voglia e debba significare eccentrico. A noi piace l'esotismo nei profumi e nella moda, nell'arte e nella scienza e in molte altre cose. Occupiamoci meno di pettegolezzi e niente affatto di mefitiche, sterili guerricciole personali e di quistioni a base d'invidia, di gelosia, di dispetti, di antipatie, per motivi di puntiglio o di capriccio e di ignobili elementi di concorrenza, di contrasto e di lotta. Oziando nei caffè di provincia, sempre mormorando scontenti del proprio destino, ci smarriamo nelle vane polemiche, ravvolti nelle tenebre intellettuali prive di amore. ... Non diamo in prestito ai settentrionali dei sentimenti ostili verso i meridionali in genere ed i calabresi in specie; e, soprattutto non siamo nemici di noi stessi. Poiché, senza correre il grave

colare, ci accorgeremo ben presto come essa potrà divenire, il luogo ove è possibile conciliare le diverse istanze provenienti dai vari ambiti disciplinari e dove il dibattito interculturale è più facilmente praticabile. Di più, la ricerca epistemologica è oggi più che mai importante in quanto, la nostra società post-industriale ed informatica, deve soffermarsi a riflettere sul ruolo che la scienza dovrà svolgere negli anni a venire. Questa infatti dovrà approfondire le metodologie atte a superare i gradienti culturali, sociali ed economici che esistono nelle varie regioni del mondo. E solo da un migliore rapporto scienza-cultura potranno derivare effettivi cambiamenti. Per concludere voglio qui riportare quanto scrisse l'eminente allievo di Piria, Stanislo Cannizzaro, a proposito dei rapporti scienza-società:

«... Tra i sintomi, che lo statista esamina sempre, sono da porre in primo ordine tutti quelli, che rivelano la cultura e la diffusione degli studi, lo sviluppo della intelligenza; poiché questo è l'effetto più certo, e nello stesso tempo la cagione più efficace della potenza e prosperità d'ogni umana società.

... Molti cultori delle lettere o delle scienze non si accorgono di questo legame, che è tra i loro studi e l'insieme del progresso intellettuale del paese; isolati operai, che smuovono il terreno in vari angoli del campo del sapere umano, non si avvedono dell'influenza, che ha il tutto sui loro lavori parziali, né dell'azione di quel principio, che li coordina e li connette spesso a loro insaputa.

Quando dunque lo statista, che investiga le condizioni intellettuali di un popolo, si rivolge ad esaminare quanto vi sieno coltivati gli studi delle scienze fisiche, non lo fa solo per l'importanza, che esse hanno per loro medesime, e per le utili applicazioni di cui sono feconde, ma anche per il nesso, che è tra loro e le altre discipline insieme alle quali compongono tutta la ricchezza intellettuale di una nazione».<sup>58</sup>

rischio di esprimere un paradosso, si può con assoluta certezza dire che i veri nemici dei meridionali siano gli stessi meridionali.

<sup>58</sup> S. CANNIZZARO, *La chimica e le scienze naturali*, Prelezione al corso di Chimica Generale dell'anno accademico 1855-56 della Regia Università di Genova.

LEONELLO PAOLONI (\*)

## **Gli appunti di Raffaele Piria sulla visita alle industrie chimiche britanniche nel giugno-agosto 1862 (\*\*)**

**The notes by Raffaele Piria on the visits to the British chemical industries in June-August 1862.**

**Summary** - Raffaele Piria reached London in May 1862 as an Italian commissioner and member of the jury of the International Exhibition. Stanislao Cannizzaro, who was also adjunct member of the same jury reached Piria by the end of June. The notes here reported, which have become available recently, were written by Piria after the visits he made at several industrial plants. These visits started with a gas works and an alcohol distillery in London on June 25 and 26. After about a month on which we have not found documents, Piria was at several sulphuric acid and soda factories in Lancashire during the last week of July. He and Cannizzaro moved to Scotland on 31 July, visiting industrial plants in Glasgow and Edinburgh, and then from August 9 in Northumberland, visiting various chemical works near Newcastle-upon-Tyne, and finally a coal mine on the 14.

The notes give much attention to the sulphuric acid production from pyrites, which had replaced the Sicilian sulphur since the 1850s. Piria had in fact been asked by the Minister of Agriculture, Industry and Trade to make a report on the causes of the reduction of the Sicilian sulphur export. The report aimed at starting in Italy a chemical industry for producing sulphuric acid and soda by the Leblanc process.

### *1. Le carte di Raffaele Piria (1814-1865)*

Giacenti da un imprecisato numero di anni presso la Biblioteca «La Sapienza» della università di Pisa, queste carte sono state riconosciute e classificate dopo il trasferimento della biblioteca stessa, con il nome di «Biblioteca Universitaria», al Ministero dei Beni Culturali. Sulla loro origine è in corso una

(\*) Dipartimento di Chimica Fisica, Università di Palermo.

(\*\*) Relazione presentata al VI Convegno Nazionale di «Storia e Fondamenti della Chimica» (Cagliari, 4-7 ottobre 1995). La ricerca è stata finanziata dal Ministero dell'Università e Ricerca Scientifica con parte dei fondi assegnati a L. Paoloni sulla quota 40% 1992 e 1993, e sulla quota 60% 1991, 1992 e 1993.

ricerca il cui risultato verrà pubblicato congiuntamente alla catalogazione delle carte stesse, ormai quasi completa. Tutte disponibili in microfilm, esse sono segnate nel catalogo manoscritti in sette gruppi, da Ms. 1055 a Ms. 1061, ciascuno suddiviso in parti su una base tematica, di regola già definita dal Piria stesso. Complessivamente il fondo è costituito da 86 quaderni (distribuiti su tre segnature, ciascuno con numero delle carte variabile da 8 a 66, sciolte o legate, con pagine bianche), 9 fascicoli (ciascuno, con copertina in carta colorata, riunisce un tema di lavoro in laboratorio: nn. 1 e 2 anni 1840-1842 in Napoli, n. 3 1851 in Pisa, nn. 4, 5 e 6 raccolte di dati 1862-1864, n. 7, 8 e 9, con dati ed appunti diversi), 3262 carte sciolte di formato vario (alcune fascicolate, con parecchie pagine bianche, su temi specifici di chimica organica e inorganica; note su esperienze fatte e da farsi; schede bibliografiche formato 8x13 cm, riunite in pacchetti; 4 disegni a inchiostro di parti di impianti industriali; 4 tavole con figure per il testo di chimica organica); 722 carte a stampa, descritte come bozze di stampa per la 5a edizione del «Trattato elementare di chimica inorganica», Napoli 1853; 11 lettere, inviate a Piria tra il 1849 e il 1865. Le carte del Ms 1061, nn. 206-258, non sono appartenute a Piria: rubricate sotto il nome «Missaggi Giuseppe», esse sono: — i verbali delle sedute al XII Congresso degli Scienziati Italiani, Classe III, Chimica, Palermo 31 agosto - 6 settembre 1875; — alcuni manoscritti delle comunicazioni ivi presentate.

Gli appunti autografi di Piria sulle visite fatte ad impianti industriali in Inghilterra nel periodo 25 giugno - 14 agosto 1862, oggetto di questa comunicazione, sono tratti soprattutto dal Ms 1061. La loro collocazione archivistica verrà indicata dal numero del manoscritto seguito da quello delle carte, abbreviando ad esempio {1061, c. rst-xyz} quando esse appartengano al Ms 1061.

## 2. *Le ragioni e le vicende del viaggio di Piria e Cannizzaro*

Raffaele Piria, professore di Chimica generale nell'università di Torino dal gennaio 1856, fu coinvolto sin dall'inizio nella preparazione della partecipazione italiana alla Esposizione Internazionale di Londra del 1862. Il Reale Comitato Centrale Italiano, costituito il 14 giugno 1861 a tale scopo dal ministro degli Affari esteri Bettino Ricasoli (Presidente del Consiglio dopo la morte di Cavour, 6 giugno 1861), fu insediato presso il ministero di Agricoltura, Industria e Commercio il 25 giugno dal ministro Filippo Cordova. La Presidenza di tale Comitato venne affidata al marchese Gustavo Benso di Cavour; ne erano componenti Tommaso Corsi (già titolare dello stesso ministero nel governo Cavour) e Giovan Battista Oytana (f.f. Segretario generale del ministero), segretario il deputato Giuseppe Devincenzi. Dai verbali delle sedute risulta che come primo atto il Real Comitato Centrale propose al ministro la nomina di altri sette membri. Tra questi, l'inviato straordinario e ministro plenipotenziario di S.M. Britannica Sir

James Hudson, Raffaele Piria, e da ultimo «un siciliano per cui non si fa alcuna proposta». Verbalizzando questa dizione il Comitato volle probabilmente rispettare l'autonomia decisionale del governo delle Province Siciliane (governo nominato dal Luogotenente generale del Re), allora non sottoposte al governo del regno, ma legate all'Italia solo tramite la dinastia Savoia. Il nome *in pectore* era forse quello di Stanislao Cannizzaro, che però alla data della riunione era professore a Genova. Sta di fatto che egli non venne incluso nelle nomine fatte con i decreti emessi il 27 ed il 30 giugno 1861.

Piria intervenne alla seduta del R. Comitato Centrale dell'11 luglio, ma fu assente dalle sedute successive, anche da quella del 29 agosto nella quale vennero nominati dieci Commissari speciali, ai quali era demandato di «...studiare tutto ciò che riguarda singole industrie in Italia, ... indirizzare a' sotto-comitati nelle varie province del Regno tutti quei quesiti che crederanno più acconci a far meglio conoscere le condizioni attuali ed a far meglio giudicare l'avvenire delle singole industrie fra noi». Tra l'altro era stato stabilito «... che il Cav. Prof. Piria studierà ciò che ha rapporto *all'industria dello zolfo* in particolare, ed alla *Chimica in generale Classe X*...».

Nei verbali del R. Comitato non è menzionato Cannizzaro; della sua nomina a «giurato aggiunto» si ha notizia indiretta in un atto del Presidente in data 15 aprile 1862 (tutti i poteri del governo siciliano dal 1 febbraio 1862 erano stati avvocati al governo centrale) che lo assegnava con tale qualifica alla Classe IV (Sostanze animali e vegetali impiegate nelle manifatture), sotto-classe *a* (Olii, grassi, cera e loro prodotti), il cui giurato effettivo era «Giovan Beniamino Heath, Console generale del Regno d'Italia». Lo stesso atto designava per la Classe II (Sostanze e prodotti chimici e preparazioni farmaceutiche), sotto-classe *a* (Prodotti chimici), giurato Raffaele Piria e giurato aggiunto Angelo Pavesi, professore di chimica nell'università di Pavia, mentre per la sotto-classe *b* (Processi e preparazioni mediche e farmaceutiche) il giurato era Sebastiano de Luca.

Dagli atti del Ministero di Agricoltura, Industria e Commercio risulta che a Londra la «Royal Italian Commission, International Exhibition of 1862» aveva sede nel distretto di Brompton S.W., al n. 44 di Thurloe Square. Questa dal maggio al dicembre 1862 fu la sede di lavoro del segretario Devincenzi, ed il punto di riferimento per quanti si recavano a visitare l'Esposizione o desideravano farlo con o senza il sostegno finanziario dell'amministrazione.

Piria si recò a Londra come uno dei Commissari ordinatori della partecipazione italiana alla Esposizione Internazionale di Londra. Il ministro della Pubblica Istruzione Carlo Matteucci gli aveva accordato il «permesso d'assenza» comunicandolo al Rettore il 15 aprile 1862, quindi Piria poté raggiungere Londra in tempo utile per le riunioni fissate all'inizio di maggio.

Le notizie sul viaggio di Cannizzaro che si possono raccogliere dalla corrispondenza e dal suo fascicolo personale evidenziano che esso ebbe una lunga preparazione ed una realizzazione più travagliata. In una lettera confidenziale al

Segretario generale del ministero della Pubblica Istruzione Francesco Brioschi, dopo aver esaminato la situazione con riferimento anche ai disordini studenteschi (motivati dall'applicazione del Regolamento Universitario emanato da Matteucci) che avevano provocato la chiusura dell'università di Palermo dal 12 al 27 marzo, Cannizzaro il 12 aprile esponeva la prospettiva del proprio viaggio a Londra: «... Mi nominarono giurato aggiunto all'esposizione di Londra e mi invitarono di recarmici il 1° Maggio. Vi prego di dire al ministro che io sono pronto a recarmi a Londra tutte volte che il Ministro mi dà l'ordine di lasciare il corso nel quale non potrei essere supplito da alcuno stante la turbolenza degli studenti. Ad ogni modo se il ministro crede che l'ufficio di giurato aggiunto merita la preferenza su quello di insegnante mi avvisi telegraficamente ed io ubbidirò». Matteucci così gli rispose il 18 aprile: «... Seguitate a stare a Palermo e sarete molto più utile che andando a Londra, dove potrete andare anche più tardi ...».

Forse questa risposta fece mutare di avviso Cannizzaro. Sta di fatto che il 24 aprile il Comitato Centrale Italiano per l'Esposizione di Londra, con una lettera ufficiale del Segretario Devincenzi, chiese al ministro della Pubblica Istruzione il «congedo pel Sig. Prof. Cannizzaro», motivandolo con la circostanza che «Egli dovrebbe trovarsi a Londra ai primi di maggio per prender parte ai lavori che colà saranno compiuti dai Giurati ...». Questa richiesta reca sul foglio una annotazione a matita che esprime la direttiva del ministro: «È il primo anno in cui fa l'insegnamento, il Laboratorio è da ordinare, tutto da fare. Rinresce, ma non può annuire». Il giorno 26 aprile partivano le risposte ufficiali dirette al Reale Comitato a Torino ed al rettore della università di Palermo. Cannizzaro ebbe quindi un nuovo rifiuto, questa volta espresso nella forma rituale, cioè con il rispetto dell'autorità del rettore, al quale Cannizzaro avrebbe dovuto rivolgersi per inoltrare la richiesta al ministro.

I contatti successivi avvennero di presenza, poiché Cannizzaro il 10 maggio giunse a Napoli come componente della Delegazione ufficiale designata dal Consiglio accademico dell'università di Palermo per incontrare il ministro Matteucci in visita in quella città (per unirsi agli altri membri del governo che accompagnavano il re nella sua prima visita alle provincie meridionali). Certamente fu l'occasione per chiarimenti reciproci sui temi trattati nella corrispondenza e per definire i dettagli del viaggio di Cannizzaro a Londra.

Sulla data in cui Cannizzaro partì da Palermo per Londra mancano indicazioni sicure. Giunse a Parigi dopo il 23 giugno avendo compiuto parte del viaggio con Angelo Pavesi.

Piria non era stato informato dell'esito negativo della richiesta fatta dal R. Comitato Centrale per l'Esposizione al ministro della Pubblica Istruzione di un congedo a Cannizzaro in maggio, ed attese invano notizie sul suo arrivo. Ecco il racconto dello stesso Piria nella lettera che scrisse da Londra, in fermo posta a Parigi, il 23 Giugno 1862, rispondendo a Cannizzaro: «Ricevo in questo

momento la vostra lettera ed immediatamente vi rispondo. Prima di tutto ammiro la vostra indeclinabilità, cominciate con dire *verrò a fare il commissario speciale*, ora che i lavori de' giurati sono finiti!! e che mi avete lasciato nell'imbarazzo per un mese e mezzo! ... fate presto a venire: io non resterò a Londra più di un'altra decina di giorni, dopo di che andrò nell'interno a visitare le fabbriche più importanti, come quelle di Manchester, di Glasgow, ecc.

Venendo a Londra, diriggetevi dal comitato — ... Se mi mandate un dispaccio o una lettera da Parigi, avvisandomi del v.o arrivo a Londra, vi farò trovare al Comitato una mia lettera che vi darà l'indirizzo preciso della casa che vi avrò trovata, e cercherò che sia quanto più è possibile in vicinanza della mia casa, e per conseguenza del Comitato, e dell'esposizione. ... A presto a rivederci».

Sul viaggio di Cannizzaro abbiamo alcuni dettagli nella lettera che Pavesi gli scrisse l'8 novembre 1862, esprimendo la propria delusione per non aver potuto visitare l'esposizione di Londra con l'amico che aveva accompagnato, probabilmente da Torino, fino a Parigi. Possiamo presumere che Cannizzaro, volendo evitare di far attendere più a lungo Piria, sia partito subito da Parigi alla volta di Londra. È possibile che abbia voluto evitare di giungere a Londra ed incontrarsi con Piria insieme al Pavesi, che aspirava alla cattedra di Chimica agraria istituita dopo la trasformazione dell'Istituto Tecnico Superiore di Torino in Scuola di Applicazione. Evitò così l'imbarazzo di sollecitare una scelta di Piria a favore di Pavesi. Con decreto del 21 agosto 1862 Michele Peyrone, professore straordinario di Chimica generale inorganica e Vice-direttore del Laboratorio nell'Istituto di Piria ottenne infatti la nomina a professore libero di Chimica agraria (stipendio annuo aggiuntivo £ 3300).

L'insieme di queste notizie, anche se frammentario, suggerisce che Cannizzaro sia partito da Palermo senza aver potuto programmare né la tappa a Parigi, né il soggiorno a Londra.

Sul loro viaggio di ritorno non abbiamo informazioni, ma soltanto per Cannizzaro l'indicazione di una tappa a Parigi contenuta nella lettera che Adolf Lieben gli scrisse, da Vienna, il 5 ottobre 1862. Il riferimento «... J'espère que votre voyage de Paris a Palerme a été agréable ...», indica il loro incontro era avvenuto durante la tappa parigina del viaggio di ritorno da Londra. Cannizzaro gli aveva offerto la disponibilità di una cattedra di chimica in una università italiana (tema che necessariamente aveva un fondamento politico: probabilmente era stato trattato durante il colloquio con Matteucci a Napoli, dopo il 10 maggio), e Lieben apriva la sua lettera spiegando le ragioni per cui aveva «... laissé écouler un temps aussi long avant de vous donner mes nouvelles». Quindi era trascorso circa un mese dal loro incontro, e Cannizzaro era rientrato a Palermo all'inizio di settembre.

### 3. Gli impianti industriali visitati

Prima di intraprendere le proprie visite Piria si documentò attraverso una ricerca bibliografica, come risulta dagli appunti da lui redatti. Il suo interesse fu concentrato soprattutto sulla produzione di acido solforico dalle piriti e di soda da sale marino (processo Leblanc).

Sulla produzione della soda la fonte utilizzata fu la relazione di William Gossage «A History of the Alkali Manufacture» (pubblicata in *Report of the Thirty-first Meeting of the British Association for the Advancement of Science held in Manchester in September 1861*. London 1862) dalla quale trasse notizie che trascriviamo qui di seguito nella parte di più rilevante interesse.

{1061, c. 304-305}

.....

2 - Per la fabbricazione d'una tonnellata di sal di soda, il costo de' materiali greggi è espresso dal seguente quadro:

1 1/4 Tonnellate di Pirite irlandese .....	£	1.15.0
1 Cwt Nitrato di soda .....		0.12.0
1 1/4 Tonn. di sal marino .....		0.10.0
1 1/2 Tonn. di pietra calcare .....		0.10.0
3 1/2 Tonn. di carbone .....		1. 1.0
		4. 8.0

{1061, c. 307}

1 Ton of Limestone broken for use .....	6/6	per ton
1 Ton of Small Coal .....	5/	»
1 Ton Salt .....	8/ to 8/6	»

To make one ton Soda Ash 50° to 54° would require

about 30 to 32 Cwt Pyrite to make  
 30 to 32 » Sulphate of soda  
 36 cwt » Limestone  
 60 to 70 cwt Coal

Wages (labours) about 40/- to 45/- per ton

Package 10/- to 15/- per ton

{1061, c. 308}

Soda Ash 50° to 54° soda (common) 2d per degree per Cwt

idest a Ton of 54° would be £ 9 Free on bord [*sic*] Liverpool

Ditto refined 50° to 54° 2d 1/16 to 2 1/8 per degree Cwt F.o.B. Liverpool

Chloride of Lime 35° Chlorine £ 9 per ton F.o.B. Liverpool

Soda Crystals ..... £ 4 10/ F.o.B. Liverpool

Caustic Soda dry solid 60° to 62° £ 14 10/ » » »

Sulphate of Alumina or Alum Cake at 13° alumina,  
 not more 1° free acid

and mere trace of Iron £ 6 per ton F.o.B. Liverpool

Chlorate of Potash 13d per pound

Oxalic Acid 9d per pound



Sulphite of soda	£ 21 F.o.B. Liverpool
Sulphate ditto	£ 3 10/ to 4 F.o.B. Liverpool
Borax --	£ 52 per ton » » »
Sulphate of copper	£ 32 » » » »

Per documentarsi sulla produzione dell'acido solforico utilizzò la relazione di E. Schunck, R. Angus Smith e H.E. Roscoe «On the Recent Progress and Present Condition of Manufacturing Chemistry in the South Lancashire District» (anch'essa dal citato *Report* della British Association for the Advancement of Science). Trascriviamo qui uno stralcio dei dati raccolti da Piria (la numerazione sequenziale è quella degli autori).

{1061, c. 53-54} (Senza titolo)

1 - Da informazioni raccolte da un distinto fabbricante, 100 parti di solfo commerciale dona da 280 a 290 di acido solforico a 1,85 D. Supponendo lo zolfo del tutto puro, la quantità teorica sarebbe 306.

2 - Nel Lancashire si tende oggigiorno ad aumentare il volume delle camere destinate alla fabbricazione dell'acido solforico. La più grande di cui gli AA. hanno sentito parlare, ha una capacità di 112,000 piedi cubici.

3 - Statistica del commercio degli alcali nel Lancashire:

Sal marino decomposto settimanalmente .....	Tonn. 2600
Acido solforico a 1.6 impiegato .....	3110
Acido cloridrico a 1.15 D prodotto .....	3400
Sal di soda venduto ogni settimana .....	1800
Solfato di soda (salt-cake) venduto per settimana .....	180
Cristalli di soda (NaO,CO <sup>2</sup> + 10 Aq) venduto per settimana .....	225
Soda caustica (solida) venduta per settimana .....	90

Questi prodotti hanno origine da 25 fabbriche.

4 - Nel Lancashire si fabbricano settimanalmente da 4 a 5 tonn. di clorato di potassa per settimana. [*sic*]

.....  
10 - L'arseniato di soda si prepara facendo fondere l'ac. arsenioso con nitrato di soda e carbonato. Se non si aggiunge il carbonato di soda si ottiene un arseniato acido. In questa operazione vi è una gran perdita di acido arsenioso. Questa perdita si evita totalmente col metodo d'Higgin, il quale discioglie l'ac. arsenioso nella soda caustica, vi aggiunge del nitrato introduce la mescolanza in un forno a riverbero in cui l'aria calda passa sulla superficie: Sulle prime si sviluppa ammoniaca, poscia biossido d'azoto (nitric oxide): Si continua finché la massa siasi compiutamente disseccata.

La quantità di arseniato di soda prodotta nel Lancashire è di 10 a 12 tonnellate per settimana.

11 - La quantità di bicromato di potassa che si fabbrica nel Lancashire è di circa 14 tonn. per settimana.

.....  
16 - Allume — Produzione settimanale in tutta l'Inghilterra 300 tonn. di cui la metà circa è fabbricata da Spence.

17 - Cloruro di stagno — Produzione settimanale nel Lancashire 16 1/2 tonn.

18 - Ac. nitrico — Produzione settimanale nel Lancashire — 48 tonn. a 1.40 D.

19 - Ac. ossalico — Nella fabbrica di Rob. Dale l'ac. ossalico si ottiene riscaldando la polvere di legno con una mescolanza di 2 eq. di soda per 1 eq. di potassa caustica. Il

legno dà la metà del suo peso di acido ossalico cristallizzato. Dale produce settimanalmente 9 tonn. di acido ossalico, e la sua fabbrica è suscettibile di produrne fino a 15 che si crede essere la quantità totale di ac. ossalico che si prepara nel mondo.

L'introduzione di questo metodo ha fatto scendere il costo dell'acido ossalico da 15 a 16d per libbra che era nel 1851 a 8d o 9d che è attualmente.

.....

Su questa parte degli appunti non è necessario diffondersi ulteriormente, essendo sufficiente aver mostrato l'ampiezza degli interessi ed il metodo di lavoro, basato sullo studio preliminare delle informazioni bibliografiche più recenti.

Gli impianti visitati sono qui elencati in modo sommario, poiché il testo integrale degli appunti e tutti i materiali grafici annessi sono pubblicati nel *Quadrerno* N. 6 del Seminario della Facoltà di Scienze di Palermo.

Le visite di fine giugno vennero fatte a Londra: il 25 all'Officina del gas in Goswell Street, che utilizzava litantrace; il 26 alla «Fabbrica d'alcole dai cereali» di Octavius H. Smith & Co., una distilleria sul Thames Bank di Pimlico. Non abbiamo documentazione sull'attività di Piria nel successivo periodo di circa un mese, ma solo dall'ultima settimana di luglio quando Cannizzaro, certamente giunto in Inghilterra, lo accompagnò in alcune delle visite.

A Manchester, il 24 luglio, visitò la «Roberts, Dale & Co Chemical Works» produttrice di violetto d'anilina, verde di Schweinfurt (arsenito-acetato di rame), saponi, acetato di allumina, nitrato di piombo. Il giorno successivo visitò l'impianto della stessa ditta a Warrington, dove veniva prodotto acido ossalico dalla segatura di legno. Il 26 luglio si recò nella «Manifattura d'allume» di Peter Spence, dove si fabbricavano anche acido solforico, allumina ed ammoniaca.

In Scozia, a Glasgow si svolsero le visite più impegnative:

31 luglio: «Chemical Works of Mrs Tennant & Company at St Rollex», che producevano acido solforico e cloruro di calce.

2 agosto: «Joseph Townsend's Chemical Works at Crawford Street, Port Dundas», produttore di acido solforico, olio di Dippel, gelatina di ossa, nero animale, nitrato di ammonio, carbonato di ammonio, borace.

4 agosto: visitò, in compagnia di Thomas Anderson (1819-1874), allievo di J. v. Liebig e professore nella locale università, la «Paterson's Chemical Works», in Nelson Street, fabbrica produttrice di iodio; la «George Miller & Co.», in Rumford Street, che distillava catrame di carbon fossile e produceva una varietà di materiali derivati sotto la guida del chimico Charles H. Greville Williams (1829-1910), allievo di A.W. Hofmann. Nella stessa città infine si recò sulla Thomilebank, alla «Walter Crum», per visitare un impianto di stampa a colori su tessuti.

L'8 agosto a Bonnington, vicino Edimburgo, si recò a visitare l'impianto della «Ronalds Chemical Works» dove la produzione di acido solforico era affiancata dalla distillazione di catrame e dalla produzione di acido cloridrico e cloruro di ammonio. Il 9 agosto a South Shields, vicino Newcastle, fu la volta un altro impianto per la produzione di acido solforico destinato alla fabbricazione di soda, bicarbonato di sodio e soda caustica.

Il viaggio si concluse con le visite del periodo 11-14 agosto: a Newcastle un altro impianto di distillazione del carbone fossile per produrre gas, associato con la distillazione del catrame; la «Allhusen & Sons Chemical Works» che aveva un impianto per acido solforico e soda; la «Bramwell Chemical Works» che produceva ferro- e ferri-cianuri di potassio; la «J. Leithart - Lead Works» di Gallowgate, produttrice di cerussa (o biacca, carbonato basico di piombo). Gli appunti del viaggio si concludono al giorno 14 agosto, quando Piria e Cannizzaro scesero insieme in una miniera di carbone alla foce del fiume Wear, 20 chilometri a sud-est di Newcastle.

Risulta chiara da questa rassegna l'attenzione che venne rivolta da Piria alla produzione dell'acido solforico dalla combustione delle piriti, ben cinque dei maggiori impianti di Inghilterra e Scozia, e poi agli impianti chimici che si collegavano all'impiego dell'acido stesso in altre attività industriali. La sostituzione delle piriti allo zolfo come materia prima era infatti il fattore che aveva messo in crisi la produzione e l'esportazione dello zolfo siciliano.

#### 4. *Il problema dello zolfo siciliano*

L'analisi di tale fattore era richiesta dalla delibera del 29 agosto 1861: «il Cav. Prof. Piria studierà ciò che ha rapporto *all'industria dello zolfo* ». Gli era stata cioè affidata una specifica missione, legata occasionalmente, ma non espressamente alla Esposizione londinese. Di questo affidamento non è stata trovata una documentazione esplicita, ma è un fatto che Piria inviò al ministro un rapporto del quale troviamo tra le carte la copia fatta da un segretario, con le correzioni autografe del suo autore. Su di esso i proprietari delle miniere, parti in causa, intervengono già nel febbraio del 1863. Tale rapporto non figura nei quattro volumi delle relazioni pubblicate dal R. Comitato Centrale dal 1864 al 1867. Si potrebbe supporre che ciò sia accaduto per la prematura morte del suo autore (18 luglio 1865). Se il ministro avesse inteso inserirla negli atti, poteva metterne una copia a disposizione del Segretario Devincenzi e farla apparire già nel primo volume (1864), o in qualcuno dei successivi come atto di omaggio alla memoria del suo autore. Non si trattò di un rapporto riservato, ma di una informativa, richiesta ad un competente non legato alle parti, che il ministro intendeva usare per valutare gli aspetti rilevanti del problema.

Al fine di prepararsi ad assolvere l'incarico ricevuto su «*l'industria dello zolfo* », Piria aveva chiesto a Cannizzaro di fargli avere la documentazione pertinente, e questi si era rivolto al collega professore di mineralogia Gaetano Giorgio Gemmellaro. Sulle circostanze di questa richiesta abbiamo informazioni soltanto da una lettera del Gemmellaro che il 1 agosto 1862 da Palermo così ne scriveva a Piria (in quei giorni in visita agli impianti industriali di Glasgow):

{1060, P. II, lettera 2}

«Incaricato dal carissimo Professore Cannizzaro a procurarle i dati statistici sulla produzione e movimento del solfo in Sicilia, non che le pubblicazioni che sull'industria solfifera han veduto la luce appo noi, io glieli avrei subito rimessi se la grave malattia di mio padre non mi avesse a rompocollo chiamato in Catania. Ma il Professore Piccolo che attesa la mia lontananza da questa è stato a ciò incaricato dalla gentile Signora Cannizzaro, avendomi gentilmente ammannito tale materiale, mi pregio inviarglielo, pregandola di avermi per iscusato di non averla potuto pria d'ora servire».

Le informazioni che si trovano negli appunti sul tema generale dello zolfo sono numerose. Quelle qui presentate, concernenti lo zolfo siciliano ed i suoi problemi, sono una selezione operata per metterne in evidenza il collegamento con le visite fatte in Inghilterra. Ad esse è stata premessa una lista, redatta da Piria, di 23 quesiti concernenti i diversi aspetti del contesto che egli si proponeva di definire. Parte dei quesiti trova risposta negli appunti delle altre carte. Questa lista e una nota del 14 gennaio 1862, precedono il viaggio in Inghilterra e documentano che l'interesse di Piria ai problemi dell'industria chimica e del suo sviluppo in Italia, era preordinato al viaggio, discendeva dalla decisione del luglio 1861, ed era connesso in modo diretto alla visita delle fabbriche inglesi.

{1061, c. 55} (Senza titolo; autografa)

*[Avanti al numero d'ordine di alcuni quesiti, Piria ha posto un segno x oppure un segno +. La lettura delle carte successive induce a ritenere tali segni come indicazione dei quesiti che hanno trovato una risposta. Il segno x è anteposto ai quesiti 2, 3, 6, 21; il segno + ai quesiti 4, 5, 16. Questi segni sono stati omissi nella trascrizione.]*

1. Vi sono in Sicilia miniere di manganese e che quantità possono somministrarne?
2. Qual'è in media la ricchezza del minerale di solfo e quanto costa?
3. Quanto sale producono le saline di Sicilia, e quanto costa?
4. Qual'è la quantità ed il grado di purezza del sal gemma?
5. Quanto costerebbe il trasporto del minerale di solfo ai porti di mare?
6. Quanto costa il solfato di soda in Francia, quanto in Inghilterra ed in altri paesi?
7. Qual'è il prezzo medio del carbon fossile ne' porti della Sicilia?
8. Quanto costa il cloruro di calce in Italia, in Inghilterra, in Francia?
9. Quali sono i prezzi de' trasporti per tonnellata da Sicilia in Francia ed in Inghilterra?
10. Qual'è in Italia il costo degli stracci?
11. Quale la quantità che può somministrarne annualmente?
12. Quanto cloruro entra nella fabbricazione della carta?
13. Quanto costa in Inghilterra la fabbricazione del solfato di soda. Quanto in Francia, ne' 2 casi colle piriti?
14. Quanto costerebbe in Italia impiegando il minerale di solfo greggio?
15. Quanto id..... id..... » il solfo?
16. Quanto solfo produce la Sicilia. Qual'è l'entrata del governo per dazio di esportazione?
17. Quanto percepirebbe il governo per dritti di navigazione sull'esportazione del solfato di soda?
18. Che quantità di acido idroclorico commerciale si ottiene dalla fabbricazione d'una tonnellata di solfato di soda?

19. Quanto cloruro di calce si fa con una tonnellata di acido idroclorico?
20. Costo comparativo di tale fabbricazione ne' diversi paesi.
21. Il residuo della combustione del minerale di solfo può venire utilizzato in qualche modo?
22. Ne' terreni demaniali della Sicilia ed ecclesiastici esistono solfare.
23. Di che qualità è in Sicilia la calce da costruzione ordinaria e quanto costa.

{1061, c. 87-88} Numero delle zolfare nel quadriennio 1834-37 (autografa)

che produssero	193
che non produssero	62
totale	255

Prodotto nello stesso quadriennio Q.li 1.478.254 approssimativo  
(Giornale di Stat[istic]a, fasc. 7°)

Esportazione 1837.

Zolfo: Quantità q.li 828107  
 Prezzo D 1,60  
 Valore D 1324971,20  
 (Atlante del Giornale di Statistica 1837)

Esportazione 1838.

Zolfo: Quantità q.li 1.059.567,20  
 Prezzo D 2,50  
 Valore D 2.648.918  
 (Idem 1838)

(si velti)

*[Gli importi sono in D (ducati). Nel calcolo del valore per il 1859 Piria introdusse un piccolo errore di copia, la cifra corretta essendo D 5.998.819,26. Il ducato equivaleva a £it 3 circa. ]*

.....

Segue Esportazione (Dati off[icia]li)

		Valore	Montare del valore
1853 Q.li	1.387.241,44	D 1,40	D 1.942.138,01
1854	1.764.767,57	1,50	2.647.151,35
1855	1.404.805,41	1,50	2.107.208,12
1856	1.850.643,86	2,40	4.441.543,20
1857	1.746.840,78	2,50	4.367.101,95
1858	1.683.971,39	2,70	4.546.721,70
1859	1.999.606,42	3,—	5.998.919,26
totale	11.837.876,87		
Media	1.691.125,26		
1860			
1861	Da ricercarsi		

I dati relativi agli anni 1860 e 1861 sopra indicati come «da ricercarsi», furono ottenuti dalla Direzione Generale dei Dazi Indiretti, e conservati da Piria sul foglio stesso di chi li aveva forniti, trascritto qui di seguito.

{1061, c.85} [Foglio intestato «Direzione Generale dei Dazi Indiretti — Ufficio Sez. — Num. — Oggetto», che tuttavia è privo di ogni altra indicazione ufficiale.]  
(anonimo)

Zolfo esportato all'estero dalle Dogane di Sicilia negli anni 1860 e 1861

Anno 1860

Quantità Q.li 1.797.282,24. Dazio D 322.410,27

Anno 1861

Quantità Q.li 2.141.127,64. Dazio D 404.854,32

Questi dati sono stati esaminati da Piria congiuntamente a quelli a lui forniti da una azienda commerciale di Palermo il 14 gennaio 1862, cioè nella fase preparatoria del viaggio. Gli appunti relativi alla fabbricazione del solfato di soda mostrano come l'attività di ricerca delle fonti e la elaborazione delle informazioni ottenute siano direttamente collegati alla visita delle fabbriche inglesi.

{1061, c. 43-44} Dati relativi alla fabbricazione del Solfato di soda (autografa)  
[Il testo delle due carte trascritte qui di seguito è barrato da una linea trasversale che viene intesa come una cancellazione fatta dopo aver scelto una diversa impostazione del documento cui erano destinati i dati.]

.....

Se il solfo ed il sal marino si esportassero in natura si avrebbero 74,5 tonnellate.

Se invece si esportassero dopo averli convertiti in solfato di soda, queste 74 1/2 tonnellate si riducono a 71 soltanto; ond'è che sull'esportazione del prodotto manifatturato si ha per questo lato un'economia di 4,7 per %.

Questa economia diviene maggiore se si considera che lo zolfo che ordinariamente si esporta dalla Sicilia racchiude in media 7/100 di corpi estranei. Di guisa che l'economia totale è di più del 10%.

Quanto costa il solfato di soda quale si cava dai forni dopo aver fatto reagire l'ac. solforico sul sal marino?

Secondo mi ha riferito Allusen [*leggere*: Allhusen], quello che contiene 99/100 di solfato puro costa a Liverpool 4 £ e 3 scellini per tonnellata, cioè 106<sup>l</sup>, 25<sup>c</sup>.

Quello che si fabbrica a Dublino è meno puro, contenendo 95/100 di solfato circa; e costa 3£ e 15 scellini, ossia 98 fr e 75 cmi per tonnellata.

{1061, c. 44} Prezzo d'una tonnellata di sal marino in diversi paesi (autografa)  
[Anche il testo di questa pagina è barrato da due linee trasversali intese come una cancellazione.]

A New-Castle upon Tyne  
A Liverpool  
A Trapani

Franchi C.mi  
20. —  
10.62 a 11.25  
5. —

{1061, c. 46} Fabbricazione del solfato di soda in Inghilterra (autografa)

La pirite d'Irlanda contenente da 33 a 35% di solfo, di cui 5 restano nel residuo della combustione, e costa da 26 a 27 scellini.

Ammettiamo dunque che 1 ton. di pirite possa dare 29% di solfo trasformabile in ac. solforico. 1000 ch. di solfato di soda contengono:

Quantità teoriche			
Na ...	23,0 .....	324,0	Cloruro di sodio 824,1
S ...	16,0 .....	225,4	Pirite irlandese 777,2
O <sup>4</sup> ...	32,0 .....	450,6	Nitrato di soda
	71,0	1.000,0	

.....

L'Inghilterra produce annualmente in soda e cloruro di calce

3000 tonn. sal di soda .....	3000 carbonato di soda
2000 id cristalli di soda .....	740 idem
250 id Bicarb.to NaO <sub>12</sub> CO <sub>2</sub> , HO?	158 id
Soda totale a fr. 250 .....	3898 fr. 974.500 settim.te

[tonn.] 202.696 [fr] 50.674.000

*[Questi ultimi valori annuali sono stati calcolati da Piria nello stesso foglio, moltiplicando per 52 la produzione settimanale ed il corrispondente valore.]*

L'appunto redatto sulla carta che segue si conclude esplicitando questo obbiettivo: «...creare un'industria importantissima che creerebbe immense risorse all'Italia...». Quello successivo, {1061, c.302-303}, svolge considerazioni sullo stesso tema, giungendo a conclusioni più realistiche.

{1061, c. 306} (Senza titolo; autografa)

Materia organica scarsissima

Circolo rientrante. Ufficio de' piccoli infusorii. Produzione e distruzione di materia organica; uscita ed entrata nell'atmosfera funzioni vitali.

Sviluppo di forza - Circolo rientrante in senso inverso.

Economia di forza - Economia di materia = due grandi problemi della Civiltà moderna

Carbon fossile = magazzino di forza quasi inesauribile

Depositi attualmente scoperti bastano almeno per 2000 anni. Questa forza non si crea. Viene tutta dalle radiazioni solari. Quella del carbon fossile, sole dell'epoca antediluviana.

Inghilterra in condizioni prosperissime

Produce forza e produce anche materia, o almeno ne aumenta il valore.

Essa vende il suo carbone al mondo intiero condensato sotto piccola massa ne' prodotti della sua industria (acciajo - colori dell'anilina)

Noi sotto questo aspetto non siamo stati favoriti dalla natura

Ma abbiamo forza a buon mercato nelle cascate delle Alpi. Difetto è di essere costretti ad utilizzare questa forza nel luogo stesso della produzione.

Trafo del Cenisio fa sperare di poterla mobilitzare.

Nostra inferiorità nelle arti metallurgiche

Zolfo altra sorgente di ricchezza quasi trascurata. Noi lo vendiamo in natura come prima gl'Inglese vendevano il carbone. Quali ne sono state le conseguenze? Impiego della pirite ha diminuito il consumo e per conseguenza il prezzo dello zolfo.

Si potrebbe ciò non ostante creare un'industria importantissima che creerebbe immense risorse all'Italia, trasformando il cloruro di sodio in solfato ed in ac. muriatico. Con quest'ultimo si farebbe il cloruro di calce.

{1061, c. 302-303} Considerazioni sulla manifattura della soda in Italia  
(autografa)

In Inghilterra il carbonato di soda (Soda-ash) costa 8 Lire sterline per tonnellata, ossia 200 franchi.

Il costo de' materiali greggi che s'impiegano è il seguente ragguagliato in franchi per una tonnellata di soda.

1 1/4 Tonnellata di pirite	44
1 Cwt ([spazio bianco]) nitrato di soda	15
1 1/4 Tonnellata sal marino	12,50
1 1/2 id Pietra calcare	12,50
3 1/2 id Carbone	26,25
	<hr/>
	110,25

Il resto, cioè Fr 89,75, rappresenta interesse del capitale .....

In Italia quasi tutti questi prezzi sono maggiori, ciò non ostante ammettiamoli eguali, e teniamo conto soltanto della differenza del prezzo del combustibile (50 fr per tonnellata), avremo per 3 1/2 tonnellate 175 fr, cioè 148,75 di più del combustibile usato in Inghilterra. La spesa totale adunque per la fabbricazione d'una tonnellata di soda sarebbe in Italia  $110,25 + 148,75 = 259,00$ , ossia 59 franchi maggiore del costo del carbonato di soda in Inghilterra. A cui aggiungendo 89,75 si ha un'eccedenza totale del passivo sull'attivo di 148,75. È impossibile che in tali condizioni si possano impiantare in Italia fabbriche di soda artificiale.

In questo calcolo non figura il prezzo dell'acido cloridrico che si ottiene, il quale, dove trovasse un utile impiego, come p.e. la fabbricazione del cloruro di calce, potrebbe fino ad un certo punto creare una sorgente di guadagno; ma questa non potrebbe mai essere tale da compensare la forte eccedenza delle spese.

Questi appunti sono certamente pertinenti all'*industria dello zolfo* sulla quale Piria si preparava a redigere la relazione al ministro. Considerata l'ampiezza di questa relazione e la perdita di significatività che provocherebbe la sua separazione dalla memoria che i proprietari delle miniere inviarono al ministro, concludiamo qui la trascrizione degli appunti di Piria. I due testi sono integralmente disponibili nel *Quaderno* N. 6 già citato.

##### 5. Considerazioni conclusive

Riteniamo di aver sufficientemente provato che Piria curò il reperimento dei dati essenziali per comprendere le cause della crisi nell'esportazione degli zolfi siciliani, e si preparò adeguatamente per recarsi a visitare l'Esposizione internazionale di Londra dopo aver ricevuto un preciso mandato in ordine ai problemi che tale crisi poneva. L'obbiettivo politico per superare la crisi era l'avviare



anche in Italia una industria chimica capace sia di agire come propulsore di attività manifatturiere nuove che di modernizzare quelle tradizionali. Su questa prospettiva si collocava il compito assegnato a Piria dal R. Comitato nel luglio 1861, quando era ministro il siciliano Filippo Cordova, compito mantenuto dal successore, il bolognese Gioacchino Pepoli. Si trattava infatti di un problema nazionale del massimo rilievo, sul quale tuttavia le volonterose iniziative degli uomini politici e degli uomini di scienza incontrarono, allora e poi, ostacoli e resistenze.

Gli ostacoli erano un dato oggettivo, inerente al processo, che Piria aveva così espresso nei suoi appunti: «È impossibile che in tali condizioni si possano impiantare in Italia fabbriche di soda artificiale». Questa conclusione tuttavia non venne inserita nella relazione al ministro, limitata al problema dello zolfo siciliano, almeno nel testo che ci è pervenuto. Si può anche considerare che essa fu giustamente esclusa, perché tale conclusione era legata alle «condizioni» delle conoscenze chimiche e delle capacità tecnologiche del momento: rimuovere gli ostacoli è un carattere intrinseco del progresso scientifico e tecnologico, e l'innovazione del processo Solvay, accennata anche negli appunti, era alle porte.

Le resistenze tuttavia avevano una radice ben diversa e profonda. Lo storico Francesco Renda ha scritto (1989) in proposito: «...Fra il 1860 e il 1890 lo zolfo estratto in provincia di Caltanissetta e nelle province contermini, rappresentava un supporto fondamentale del rapporto dell'Italia con il mercato internazionale. Allora la bilancia commerciale italiana aveva assai bisogno di valuta pregiata che facilitasse la crescita industriale del paese, e gran parte di questa valuta veniva fornita appunto dall'industria siciliana dello zolfo. Ma pur con quelle circostanze favorevoli le innovazioni tecnologiche come pure le modificazioni dell'organizzazione produttiva per incapacità, per mancanza di capitali, per inesperienza imprenditoriale, ma anche per errato calcolo economico (lo sfruttamento sic et simpliciter del lavoro umano rendeva più che la costosa e non sempre promettente introduzione di nuove macchine), ancora fino alla vigilia della seconda guerra mondiale, vennero sistematicamente scartate. Gli unici provvedimenti adottati furono di carattere commerciale, cioè vennero rivolti ad assicurare una qualche forma di partecipazione garantita o protetta al mercato mondiale, fino all'introduzione operata durante il fascismo dei prezzi minimi garantiti ad opera di un ente pubblico, come l'Ente Zolfi Italiani, cui fu conferito il monopolio del commercio interno ed estero del minerale.

Nel dopoguerra ... l'industria zolfifera ... rimase sotto il controllo dello Stato; né ciò suscitò proteste da parte alcuna; non da parte degli industriali zolfiferi e da parte delle organizzazioni sindacali che rappresentavano gli operai e gli impiegati, in qualche modo condizionati dall'esistente sistema istituzionale dei prezzi minimi garantiti, che costituivano l'ossatura non facile da modificare dell'organizzazione commerciale dell'industria mineraria siciliana. Ma nemmeno da parte del governo regionale, o dell'assemblea regionale, o dei più impegnati e puntigliosi rappresentanti degli interessi autonomistici, si ebbe una convinta

rivendicazione di passaggio di competenze... dallo Stato alla Regione, d'altronde non sorretto dal consenso delle forze sociali interessate. Il settore zolfifero rimase quindi per tutti gli anni '40 e per la prima metà degli anni '50 di esclusiva competenza dello Stato...».

Quando il trasferimento si realizzò, con la creazione dell'Ente Minerario Siciliano nel gennaio del 1963, protagonisti e partecipanti dovettero confrontarsi con un ben diverso contesto, caratterizzato dal fatto lo zolfo entra nel mercato mondiale come sottoprodotto di altre attività industriali. Esaminando il resto della storia, Renda conclude: «...c'era una volta l'industria zolfifera. Ciò che rimane non autorizza certo la speranza che la stessa industria possa rinascere».

## FONTI ARCHIVISTICHE

### *Archivio Centrale dello Stato*

- atti del Ministero di Agricoltura, Industria e Commercio, terzo versamento, serie II, buste da 17 a 20: {ACS, MAIC, b. ...}.
- fascicoli del personale del Ministero della Pubblica Istruzione: {ACS, fasc. ...}.

### *Carte di Raffaele Piria*

- Biblioteca Universitaria, Pisa, segnature da Ms 1055 a Ms 1061: {1061, c. ...}.

### *Carte di Stanislao Cannizzaro, pubblicate in:*

- PAOLONI L. (a cura di): *Quaderni* N. 2 (1992), N. 3 (1993), N. 4 (1994), N. 5 (1995). Seminario di Storia della Scienza, Università di Palermo.

## BIBLIOGRAFIA

Vengono qui elencate, ordinate secondo la data di pubblicazione, le opere citate o utilizzate in riferimento ai temi trattati.

- Reale Comitato, Esposizione Internazionale di Londra del 1862.
- *Catalogo descrittivo. Mineralogia e metallurgia (Miniere e Saline)*. Torino, 1862.
  - *Atti ufficiali del Reale Comitato*. Torino, senza data (1863).
  - *Relazioni dei Commissari Speciali*.
    - Volume I: *Mineralogia e metallurgia. Armi ed artiglierie*. Torino, 1864.
    - Volume II: *Istruzione. Igiene. Carta, stampa e rilegatura libri*. Torino 1864.
    - Volume III: *Vini. Vetri e cristalli. Ceramica. Lanerie. Seta e tessuti di seta. Cotoni. Mobili ed oggetti d'addobbo. Olii, grassi e cera*. Torino 1865.
    - Volume IV: *Mappe e carte. Combustibili fossili. Sali, solfo marmi e altri prodotti litoidi. Prodotti vegetali adoperati nelle arti. Concimi. Sostanze alimentari. L'insegnamento in Inghilterra*. Firenze, 1867.
    - Volume V: *Indice alfabetico delle materie contenute nei volumi precedenti*. Firenze 1867.
- PROVENZAL G. (a cura di): *Cesare Bertagnini (1827-1927). Vita, opere e carteggio inedito*. Istituto Nazionale Medico Farmacologico «Serono», Roma 1928.
- MAROTTA D. (a cura di): *Raffaele Piria. Lavori scientifici e scritti vari*. Roma 1932.
- PROVENZAL G.: «La vita e i tempi di Raffaele Piria», *ivi* pp. 603-632.
- MORRIS P.J.T. and RUSSELL C.A. (Editor: J.G. Smith): *Archives of the British Chemical Industry 1750-1914. A Handlist*, British Society for the History of Science, Faringdon, UK 1988.
- RENDA F.: «L'industria mineraria siciliana ieri e oggi», in G. Barone e C. Torrisi (a cura di): *Economia e società nell'area dello zolfo (secoli XIX-XX)*. Caltanissetta-Roma 1989, pp. 13-41, citazione da pp. 20-21.
- VAUPEL E.C.: «A.W. Hofmann und die Chemie auf den Weltausstellungen», in *Die Allianz von Wissenschaft und Industrie — August Wilhelm Hofmann (1818-1892); Zeit, Werk, Wirkung*. hrsg. von C. Meinel und H. Scholz. VCH, Weinheim 1992, pp. 183-209.
- BRIGGS A.: *L'età del progresso. L'Inghilterra fra il 1783 e il 1867*. Bologna 1993.
- PAOLONI L. (a cura di): R. Piria — *Appunti sull'industria chimica. Dai viaggi in Inghilterra del 1851 e del 1862 in Quaderno* N. 6 del Seminario di Storia della Scienza, Palermo 1995.

GABRIELLA RAMBALDI (\*)

## **La nascita dell'Industria Chimica nelle testimonianze di fine '800 (\*\*)**

**The birth of the Chemical Industry through the latest nineteenth century's witnesses.**

**Summary** - The Istituto di Chimica Generale has recently reorganised its collection of historical scientific instruments with the aim of creating the Museum of Chemistry. Till now we have registered 600 scientific equipments which may be dated between the beginning of the nineteenth century and the first half of the twentieth. It will be described some didactic-tables by G. & J. Von Schroeder and some coloured technological-tables (edited by Lenoir & Forster) recently restored. They are an example of didactic Chemistry of the latest nineteenth century and they represent the cultural and scientific roots of the modern Chemical Industry.

It will be also described the Orsat-Salleron-Demichel apparatus used for the analysis of gases in the industrial plants.

### *Introduzione*

L'Istituto di Chimica Generale ha avviato ormai da qualche anno il progetto di recupero della propria «memoria storica» con l'intento di salvaguardare il patrimonio strumentale e cartaceo di interesse storico ad esso appartenente.

Il lavoro fin qui svolto, condotto in collaborazione anche con la Regione Liguria, rientra nel programma di intervento mirato al recupero, censimento e schedatura della strumentazione di interesse storico appartenente all'Istituto di Chimica Generale, anche in previsione della sua esposizione permanente in vista della costituzione del Museo di Chimica.

Allo stato attuale sono stati censiti 600 reperti databili tra l'inizio dell'800 e la prima metà del '900, ma occorre proseguire in questa azione per recuperare altro materiale «a rischio».

(\*) Istituto di Chimica Generale, Università degli Studi di Genova.

(\*\*) Relazione presentata al VI Convegno Nazionale di «Storia e Fondamenti della Chimica» (Cagliari, 4-7 ottobre 1995).

Particolare attenzione è stata rivolta alla ricerca di criteri omogenei ed obiettivi, connessi al sistema di schedatura. A questo proposito la scheda cartacea utilizzata è stata elaborata confrontando i diversi esemplari in uso presso varie sedi (Siena, Bologna, Torino, Firenze). In vista di una futura informatizzazione delle schede inventariali è stata inoltre sperimentata, su alcune nostre apparecchiature, la scheda informatica SIC (Scientific Instruments Catalogue) elaborata dall'Istituto e Museo di Storia della Scienza di Firenze, nell'ambito della sperimentazione a livello nazionale.

### *All'origine dell'Industria Chimica*

Nella seconda metà dell'800 inizia il processo di industrializzazione che stimola la nascita di una cultura nuova: nel 1870 nasceva a Genova la Regia Scuola di Ingegneria navale; nel 1884 la Regia Scuola superiore di applicazione di studi commerciali. Sicuramente l'interesse per le applicazioni industriali a Genova nasceva alcuni anni prima con la presenza e l'attività didattica di Cannizzaro. Egli negli appunti autobiografici scriveva: «... sbarcato a Marsiglia (siamo nel maggio 1849) dopo l'interruzione per due anni degli studi di chimica, procurai riprenderli colla lettura e colla visita degli stabilimenti delle industrie chimiche. Dopo alcune settimane passate a Marsiglia, visitai Arles, Avignone, Lione, Nimes e Montpellier tornando a Lione ove mi fermai qualche tempo per studiare le industrie che mi ero permesso di visitare ...».<sup>1</sup>

Questo suo interesse continua e si intensifica durante il suo soggiorno a Parigi, frequentando la scuola di Gay-Lussac e M.E. Chevreul, entrambi interessati alle attività produttive. Anche dopo il suo ritorno in Italia e per tutta la sua attività universitaria e politica mostrerà sempre vivo l'interesse per la tecnologia intesa come mediazione fra la conoscenza teorica e la produzione materiale che si realizza in scelte operative e concrete.

Già nel 1857, presentando a Genova il programma delle lezioni del «Corso di chimica applicata all'arte del costruttore» affidatogli, scriveva: «... per rendere lo studio realmente proficuo è necessario che gli studenti possano riconoscere i vari materiali da costruzione e farne prove ed esperimenti per migliorare i cementi. È così che gli allievi dell'ingegnere francese Vicat, sparsi nei dipartimenti della Francia, hanno potuto completare importanti ricerche statistiche sulle sostanze calcari ...».

Ed ancora nel 1892 in un discorso pronunziato in Senato intorno all'abolizione del dazio sull'esportazione dello zolfo, il Senatore Cannizzaro si preoccupa

<sup>1</sup> Associazione italiana di Chimica Generale ed applicata, *Stanislao Cannizzaro. Scritti vari e lettere inedite nel centenario della nascita*, Roma 1926, p. 7.

pava dell'avvenire economico delle miniere di zolfo in Sicilia definite «... importante sorgente di ricchezza naturale che, per errore, fu creduta un monopolio sicuro da ogni concorrenza ...».<sup>2</sup>

In questa relazione traspare l'interesse di Cannizzaro scienziato e politico, convinto sostenitore che l'industria chimica e la sua innovazione produttiva potesse contribuire allo sviluppo civile ed economico del Paese; a tal fine invitava il ministro di agricoltura e commercio a vigilare sull'andamento industriale e commerciale di questa importante produzione.

Come scienziato egli compiva una lucida analisi dei motivi che avrebbero portato inevitabilmente alla depressione dell'industria dello zolfo se non fosse stato abbassato il suo prezzo, aumentato in passato ingiustificatamente dal governo di Napoli. Egli ricordava che alla Seconda Esposizione Internazionale di Londra del 1862 le maggiori industrie di acido solforico e di soda di Francia, Inghilterra e Germania avevano già sostituito lo zolfo di Sicilia con la pirite. Preoccupato allora dei possibili riflessi negativi che ciò avrebbe comportato sull'industria dello zolfo siciliano, Cannizzaro insieme a Piria visitava intorno al 1862 le Industrie Chimiche di Inghilterra e Scozia che ancora impiegavano lo zolfo nelle loro produzioni industriali. Convinto che solo la riduzione del costo dello zolfo avrebbe potuto dissuadere le fabbriche di Soda Leblanc a compiere la trasformazione degli impianti necessari per bruciare la pirite al posto dello zolfo, Cannizzaro al suo ritorno chiedeva al governo la riduzione del dazio sullo zolfo e ai proprietari delle solfatare la diminuzione del suo costo.

In questa analisi egli segnalava inoltre altre cause di concorrenza all'orizzonte:

1) la proposta di rigenerazione dello zolfo presente nei residui della fabbricazione della soda che avrebbe raggiunto il duplice scopo di eliminare residui nocivi ed ingombranti dalle Fabbriche Leblanc e di fornire uno zolfo di purezza equivalente allo zolfo di miniera ad un costo competitivo.

2) Il possibile futuro sviluppo del metodo Solvay all'ammoniaca che avrebbe azzerato il consumo dello zolfo nell'industria della soda.

### *Le Tavole ritrovate*

Oltre a strumenti ed apparecchiature sono state recuperate alcune tavole didattiche-tecnologiche di varia tipologia che vengono di seguito elencate:

1) Tavola di G. e J.Von Schroeder N° II - Raffinazione dello zolfo grezzo.- Cromolitografia edita in Kassel da V. Theodor Fischer.

<sup>2</sup> Discorso del Senatore Cannizzaro pronunciato in Senato nella tornata del 18 giugno 1892, Roma 1892, p. 12.

- 2) Tavola di G. e J. Von Schroeder N° III - Fabbricazione dell'acido nitrico - Cromolitografia edita in Kassel da V. Theodor Fischer.
- 3) Tavola di G. e J. Von Schroeder N° XII - Apparecchio di graduazione del sale - Cromolitografia edita in Kassel da V. Theodor Fischer.

Le tavole di Von Schroeder<sup>3</sup> originariamente erano accompagnate dal testo esplicativo che però non è stato ritrovato. L'anno di edizione è compreso fra il 1884-1887.

- 4) Tavola «Schwefeldestillation-Hutte in Cesena»<sup>4</sup> - Aufgenommen v. V. HR. Prof. Pasqualini in Forlì. Eigentum und verlag von Lenoir & Forster chem. physic. Institut, Wien. - Jede vervielfältigung vorbehalten - chromografie u. druk v. Conrad Grefe in Wien.
- 5) Tavola «Ammoniak-Eismaschine von F. Carrè»<sup>5</sup> - Jede vervielfältigung vorbehalten - Zinkogr. v. Druck D.K.K. Hof - Chromolith V. Ant. Hartinger & Soho - Wien. - Eigentum und Verlag von Lenoir & Forster. - Chem. Physic Institut, Wien.

Le tavole edite da Lenoir & Forster furono acquistate molto probabilmente intorno al 1886. È stata infatti trovata l'indicazione della somma liquidata in favore di Lenoir & Forster in data 2 novembre 1886 nel registro relativo alle spese sostenute per il funzionamento del laboratorio di Chimica Generale con la causale: «Tavole Mendelejeff» che facevano parte della serie di tavole didattiche in elenco nel catalogo Lenoir & Forster.

- 6) Tavola manoscritta N° 16 - «Destillir apparat»<sup>6</sup> - tempera ed inchiostro su carta. Literarisch - artistische Anstalt in Munchen.
- 7) Tavola manoscritta N° 36 - «Bleigenwinning Sumpfofen»<sup>7</sup> - Tempera ed inchiostro su carta. Literarische - artistische Anstalt in Munchen.
- 8) Tavola manoscritta N° 31 «Kalkofen»<sup>8</sup> - tempera ed inchiostro su carta - Literarische - artistische Anstalt in Munchen
- 9) Tavola manoscritta N° 55 «Appolt's ofen»<sup>9</sup> - tempera ed inchiostro su carta - Literarische - artistische Anstalt in Munchen.

<sup>3</sup> Le tavole murali di Von Schroeder, Electa 1992

<sup>4</sup> Distillazione dello zolfo. Fabbrica in Cesena: PAYEN A., *Precis de chimie industrielle*, Tm. 1, Librairie Hachette et C.ie, Paris 1877, p. 159.

<sup>5</sup> Apparecchio di Carrè, a lavoro continuo, per la produzione del ghiaccio.

<sup>6</sup> Apparato di distillazione.

<sup>7</sup> Forno per l'estrazione del piombo: REGNAULT M.V., *Cours elementaire de chimie*, Tm. 2, V. Masson, Paris, p. 215; WURTZ A.D., *Dictionnaire de chimie*, Tm. 2, Librairie Hachette et C.ie, Paris 1876, p. 1092.

<sup>8</sup> Forno continuo per la preparazione della calce: REGNAULT M.V., *Cours elementaire de chimie*, Tm. 1, V. Masson, Paris, p. 617.

<sup>9</sup> Forno di Appolt per la produzione del coke: GUARECHI I., *Nuova enciclopedia di chimica*, Vol. 5, Unione Tip. Edit., Torino 1901, p. 938; CALCAGNI G., *La combustione e i combustibili*, Lattes & C., Torino 1923, p. 289.

Purtroppo solo 9 delle circa 40 Tavole originariamente presenti sono state salvate. È avvenuta così, anche in tempi recenti, la sconsiderata dispersione di un importante materiale didattico che costituisce le radici culturali e scientifiche dell'Industria chimica odierna.

Le tavole tecnologiche recuperate documentano quello stesso interesse per le attività produttive coltivato da Cannizzaro anche durante il suo soggiorno genovese. Non a caso le tavole di Von Schroeder dello stesso periodo (1884-1887) sono a Roma nel Regio Istituto Chimico di Via Panisperna costruito e diretto a quell'epoca da Cannizzaro.

### *Il restauro*<sup>10</sup>

Le tavole, disegnate su carta, si presentavano incollate su di una spessa tela in molti casi allentata dal telaio ligneo su cui era stata montata. Sia la tipologia della tela di supporto che quella delle cornici di rifinitura fanno pensare ad un montaggio coevo alla edizione delle tavole. Tutte le opere si presentavano coperte da uno spesso strato di polvere, in alcuni casi la carta era macchiata da gore di umidità ed inoltre vi erano vaste aree in cui la carta era completamente distaccata dalla tela.

La carta si presentava inoltre lacerata in molti punti e notevolmente imbrunita per effetto della prolungata esposizione alla luce e all'atmosfera ambiente.

L'intervento di restauro è stato finalizzato al recupero delle tavole al fine di una ulteriore possibile esposizione: per questo motivo è stato scelto di distaccarle dalla vecchia tela e di riposizionarle dopo i necessari trattamenti di pulitura e deacidificazione, su di un supporto in tela poliestere che elimina le inevitabili deformazioni della tela in fibra naturale.

Si è proceduto infine agli innesti cartacei per integrare le parti mancanti dell'originale. Tali innesti sono stati portati a tono con acquerello. Tutte le tavole elencate sono state restaurate. Ne vengono presentate alcune:

Tavola di G. e J. Von Schroeder N° XII - Apparecchio di graduazione del sale.<sup>11</sup>

È un edificio costruito opportunamente nel quale avviene l'evaporazione spontanea dell'acqua salata per azione del calore solare e della circolazione di aria secca (venti).

È costruito con travi di legno connessi fra loro stabilmente e sostenuti da una base in muratura. Fra le travi sono accatastate diverse fascine di piante ramosse e di legno duro (B) sovrapposte in modo da formare un alto muro attraverso il quale passa facilmente l'aria fra ramo e ramo. Alla sommità dell'edificio

<sup>10</sup> Il restauro è stato eseguito da Alice Ferroni.

<sup>11</sup> PELOUZE J., FREMY E., *Traité de chimie generale, analytique, industrielle et agricole*, Tm. 2, Masson et Fils, Paris 1865, p. 358.



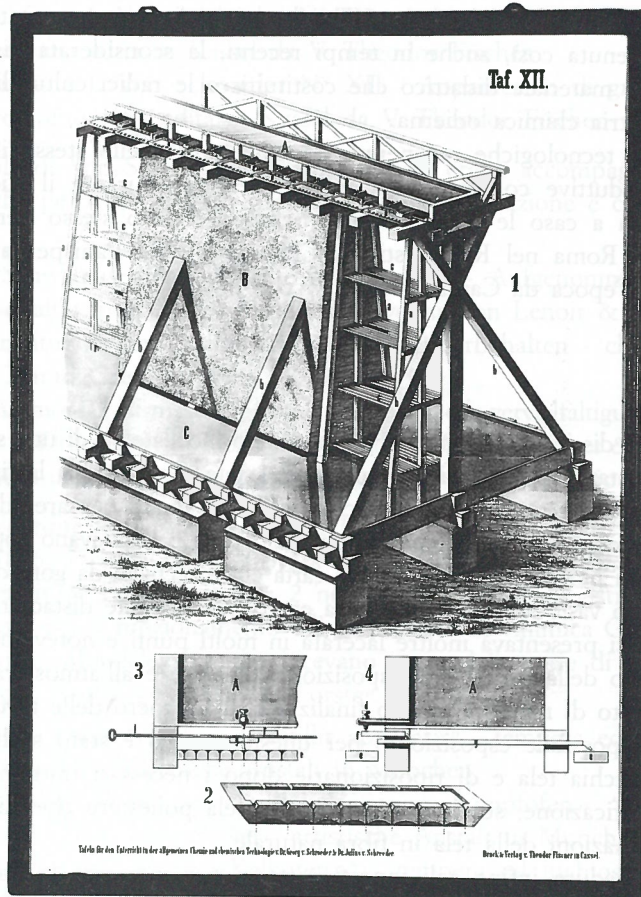


Fig. 1 - Apparecchio di graduazione del sale.

e per tutta la sua lunghezza scorre un canale (A) contenente l'acqua salata da evaporare che attraverso i rubinetti (d) viene travasata nelle vaschette (e) poste ai lati del canale, descritte in dettaglio nella fig. 2.

La soluzione percolando lentamente sulle fascine (B) deposita i carbonati e fosfati di calcio essendo poco solubili.

La soluzione salina concentrata si raccoglie nella vasca di evaporazione (C) al fondo dell'edificio. Nelle fig. 3 e 4 viene rappresentato il dispositivo che mediante le vaschette (f) e (g) consente di far gocciolare la soluzione salina su un lato o sull'altro dell'apparecchio a seconda della direzione del vento che influisce notevolmente sulla rapidità di evaporazione; trascurando tale precauzione una parte delle gocce andrebbe fuori della superficie evaporante. L'altezza di tali edifici è fra i 10 e i 15 metri. Spesso vengono collocati uno accanto all'al-

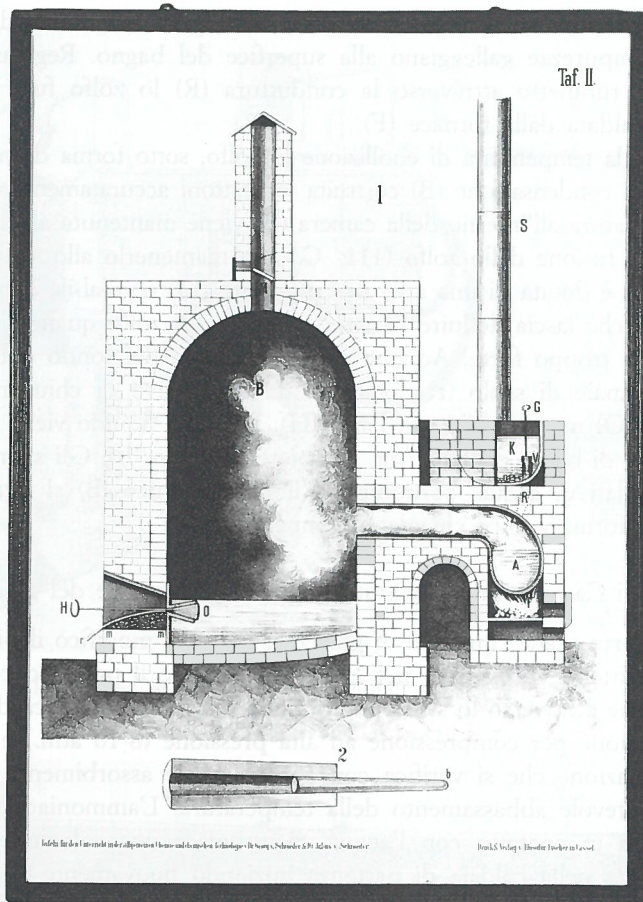


Fig. 2 - Raffinazione dello zolfo grezzo.

tro (in serie) ottenendo un percorso totale di 400-500 metri. Si preleva la soluzione dalla vasca (C) del primo apparecchio e mediante una pompa si porta alla sommità dell'apparecchio successivo e così via finchè si sia raggiunta una concentrazione conveniente (15-20% di sale).

Tavola di G. e J. Von Schroeder N° II - Raffinazione dello zolfo grezzo.<sup>12</sup>

Lo zolfo grezzo, contenente diverse impurezze, viene raffinato mediante distillazione. Esso viene posto nella caldaia di fusione (K) riscaldata dal gas di scarico della fornace (F), convogliato infine attraverso il camino (S).

<sup>12</sup> PELOUZE J., FREMY E., *Traité de chimie generale, analytique, industrielle et agricole*, Tm. 1, Masson et Fils, Paris 1865, p. 504.

Lo zolfo fonde, le sostanze terrose si raccolgono al fondo della caldaia mentre altre impurezze galleggiano alla superficie del bagno. Regolando opportunamente un rubinetto attraverso la conduttura (R) lo zolfo fuso passa nella storta (A) riscaldata dalla fornace (F).

Raggiunta la temperatura di ebollizione lo zolfo, sotto forma di vapore, passa nella camera di condensazione (B) costruita in mattoni accuratamente cementati.

La temperatura all'interno della camera (B) viene mantenuta al di sopra della temperatura di fusione dello zolfo (111° C.) per mantenerlo allo stato liquido.

La camera è dotata di una apertura superiore (M) regolabile con un sistema a contrappeso che lascia defluire l'aria ed il vapore di zolfo quando la pressione interna diventa troppo forte. Ad una piccola distanza dal fondo della camera è presente un canale di scolo (r) dotato di un dispositivo di chiusura tramite il tappo conico (O) manovrabile con l'asta (H). Lo zolfo liquido viene travasato in forme di legno di bosso coniche (fig. 2) dotate di tappo (b). Gli stampi vengono quindi raffreddati in acqua; perquotendo il tappo conico (b) si estrae lo zolfo solidificato in forma conica chiamata «cannello».

Apparecchio di Carrè, a lavoro continuo, per la produzione del ghiaccio.<sup>13</sup>

Per produrre grandi quantità di ghiaccio, F. Carrè modificò il piccolo apparecchio intermittente, progettato nel 1860, per rendere il processo continuo.

Ciò avviene attraverso lo sviluppo continuo del gas-ammoniaca dalla caldaia, la sua liquefazione per compressione ad alta pressione (8-10 atm.) e la sua successiva evaporazione che si verifica con considerevole assorbimento di calore e quindi con notevole abbassamento della temperatura. L'ammoniaca gassosa così ottenuta, posta in contatto con l'acqua, ricostituisce una soluzione satura che viene ricondotta nella caldaia di partenza iniziando nuovamente il ciclo con la stessa ammoniaca che alternativamente si liquefa e vaporizza. Il rendimento è di 8-10 Kg. di ghiaccio per ogni Kg. di carbone bruciato.

Apparecchio d'Orsat-Salleron-Demichel.<sup>14</sup>

Questo apparecchio, recentemente restaurato, testimonia l'interesse per il controllo dei gas di scarico industriali già alla fine dell'800. Esso era strettamente connesso allo sviluppo industriale del momento e rappresentava una risposta alla necessità di realizzare l'analisi delle miscele gassose sul posto, all'uscita dei

<sup>13</sup> PAYEN A., *Precis de chimie industrielle*, Tm. 1, Librairie Hachette et C.ie, Paris 1877, p. 67.

<sup>14</sup> BALLING, *Manuel pratique de l'art de l'essayeur*, Librairie F. Savy, Paris 1881, p. 184; SALLERON J., *Revue des sciences*, G. Tissandier, 3° année, 2° semestre, Masson Editeur, Paris 1875, p. 69.

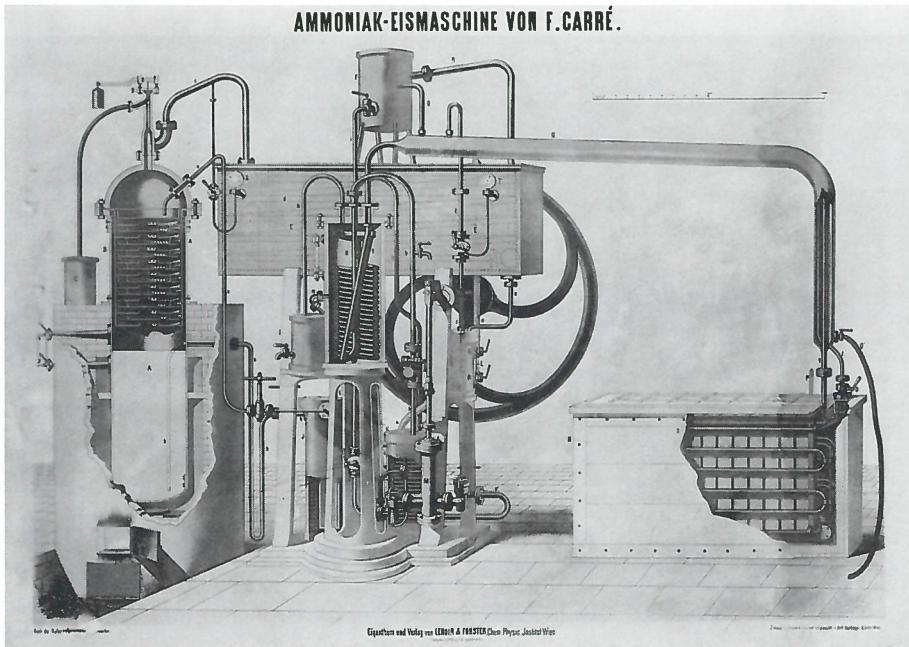


Fig. 3 - Apparecchio di Carré, a lavoro continuo, per la produzione del ghiaccio.

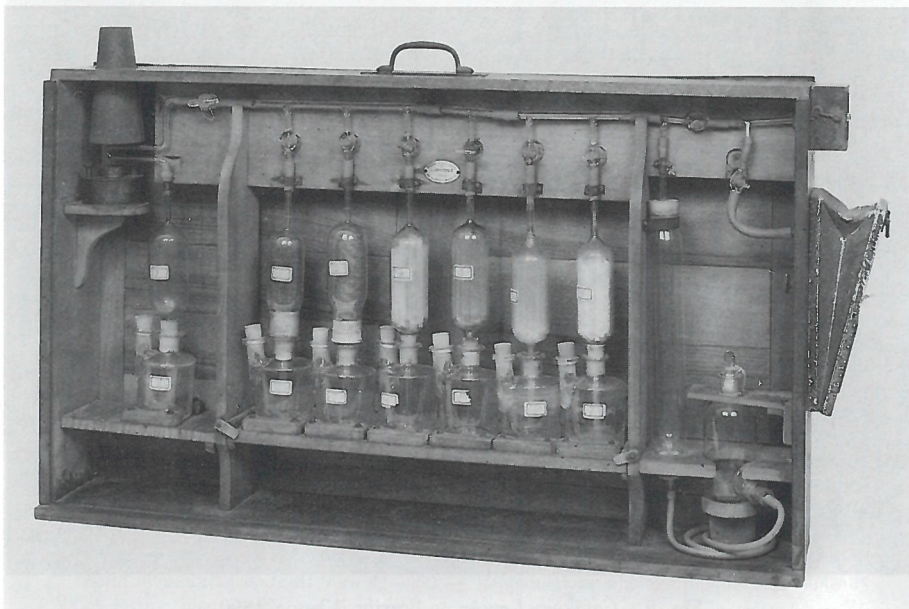


Fig. 4 - Apparecchio D'Orsat-Salleron-Demichel.

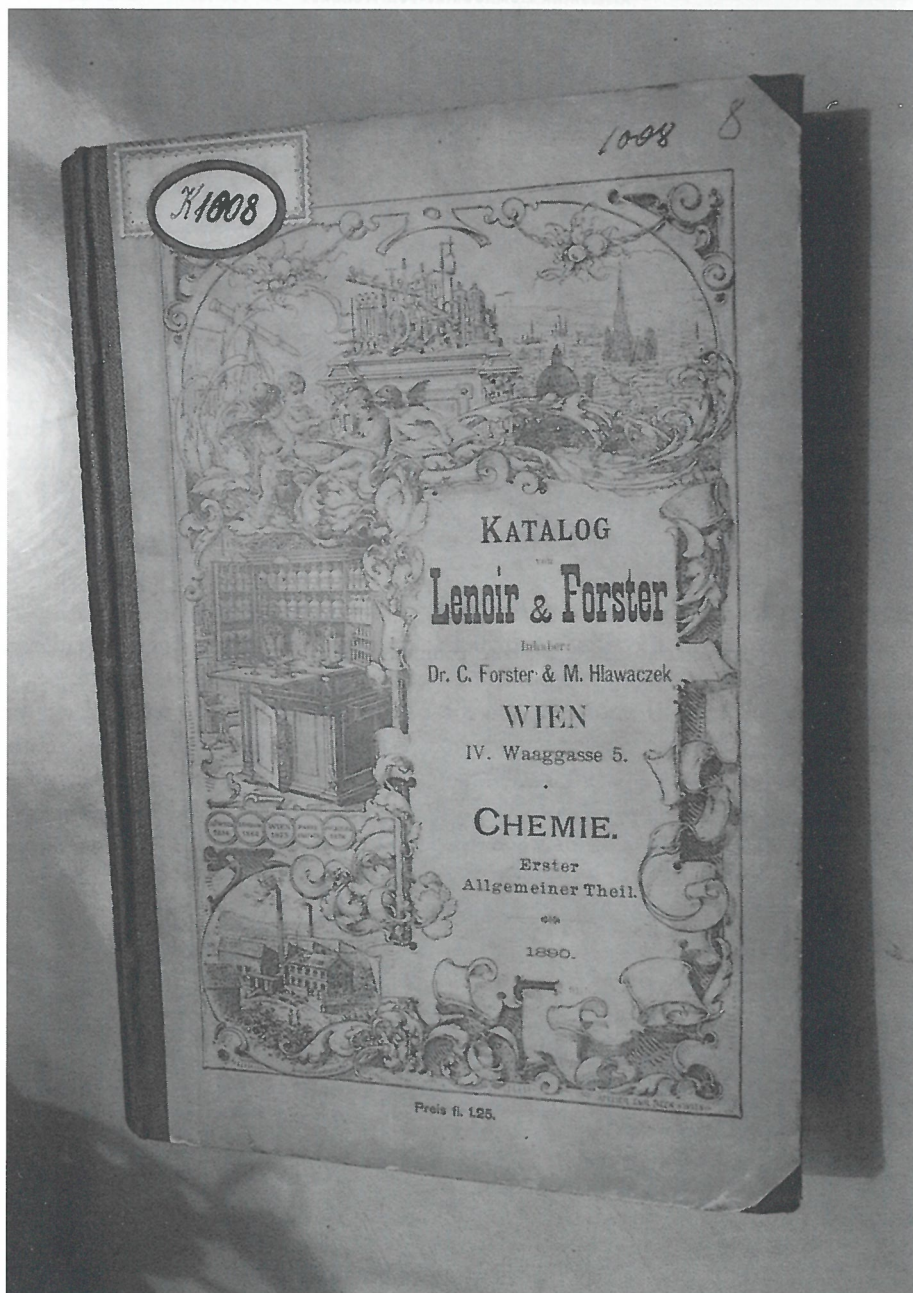


Fig. 5 - Catalogo Lenoir & Forster, Vienna 1890.

In unserem Verlage erschienen:

## Technologische Wandtafeln in Oelfarbendruck — *Tavole tecnologiche, oleografia* — *Tableaux technologiques, imprimés en couleurs.*

Eine Folge technologischer Wandtafeln, welche die wichtigsten Zweige der **Metallurgie**, der **chemischen Grossindustrie** und der **landwirthschaftlichen Gewerbe** umfassen.

Diese Tafeln sind correcte Wiedergaben von **thatsächlich bestehenden, mustergiltigen Werken** und sind in vollendetem Farbendruck ausgeführt.

**Format 170×125 cm.**

Preis einer Tafel — *Prezzo di una tavola* — *Prix de chaque tableau* fl. 5.— Gold = Mark 10.— = *Frcs.* 12.50.

Auf Leinwand aufgezogen, mit Rollstäben — *Apparecchiati su tela, con bastoni* — Collé sur toile avec gorge et rouleaux — mehr — *di più* — en plus fl. 3.50.

Tafel I. Bessemerstahl-Fabrikation, entworfen von dem Herrn Bergrath A. v. Kerpely, Professor an der königl. ungar. Bergakademie in Schemnitz — *Fabbricazione dell'acciajo Bessemer* — *Fabrication de l'acier Bessemer.*

Tafel II. Gloverthurm, Darstellung der englischen Schwefelsäure aus Schwefelkiesen. Einrichtung der chemischen Fabrik in Aussig, entworfen von dem Herrn Fabriks-Direktor M. Schaffner — *Torre Glover. Fabbricazione dell'acido solforico inglese da solfuro di ferro (piriti)* — *Fabrication de l'acide sulfurique.*

Tafel III. Ammoniak-Eismaschine für den Grossbetrieb von F. Carré — *Macchina per la fabbricazione del ghiaccio con ammoniaco pel consumo in grande* — *Fabrication de la glace, machine Carré.*

Tafel IV. Bierbrauerei: Sudhaus, Einrichtung der Herren Brüder Noback & Fritze in Prag, entworfen von dem Herrn Gustav Noback, Brauerei-Ingenieur — *Fabbricazione della Birra* — *Fabrication de la bière.*

Tafel V. Salzsäure-Condensation für einen Sulfatofen. System der chemischen Fabrik in Aussig, entworfen von dem Herrn Fabriks-Direktor M. Schaffner — *Condensazione dell'acido cloridrico per un forno di solfato* — *Fabrication de l'acide chlorhydrique.*

Tafel VI. Zucker-Fabrikation, Gesamtansicht des Verfahrens nach den neuesten Prin-

cipien — *Fabbricazione dello zucchero, totale della procedura* — *Fabrication du sucre, vue totale.*

Tafel VII. Diffuseur mit selbstständigem Calorisator und Apparat für kontinuierliche Diffusion, entworfen von dem Herrn Julius Robert in Seelowitz — *Diffusore col proprio calorizzatore ed apparato per la diffusione continuata* — *Diffuseur seul (détails).*

Tafel VIII. Martinstahl-Fabrikation mit Regenerator von Siemens — *Fabbricazione dell'acciajo Martin col rigeneratore di Siemens* — *Fabrication de l'acier Martin.*

Tafel IX. Hochofen für Coakes, neuester Construction — *Fornace per Coaks* — *Haut Fourneaux au coke.*

Tafel X. Puddelofen — *Forno puddler* — *Four à pudler.*

Vorstehende drei Tafeln entworfen von dem Herrn Ober-Bergrath Josef Schmiedhammer, Central-Betriebs-Direktor der Alpinen Montan-Gesellschaft in Neuberg.

Tafel XI. Schwefeldestillation. Hütte Cesena entworfen von dem Herrn Professor Dr. Pasqualini in Forlì — *Distillazione dello Solfo, Cava Cesena* — *Distillation du soufre.*

Tafel XII. Ziegelfabrikation. Hofmann'scher Ringofen — *Fornace rotondo da mattoni a gaz* — *Fabrication des tuiles.*

NB. Die Tafeln II und VI sind vergriffen und erscheinen demnächst in neuer Auflage.

Photolithographische Abdrücke von vorstehenden zwölf Tafeln, im Format 18×25 cm sammt Text, sind zum Preise von 50 kr. per Stück zu haben — *Inoltre facciamo eseguire dalle nostre grande tavole copie fotolitografiche del formato di 18×15 cm che vendiamo unitamente al testo fl. —.50* — *Reproductions photographiques des tableaux ci-dessus, pour servir aux étudiants, grandeur 18×25 cm, prix de la pièce fl. —.50.*

Fig. 6 - Elenco delle Tavole tecnologiche tratto dal catalogo Lenoir & Forster.

camini e negli altiforni, con un apparecchio semplice nella sua operatività, completamente montato e pronto a funzionare.

Venne ideato da M. Schloesing e Rolland nel 1868 per il dosaggio dell'acido carbonico. M. Orsat in seguito generalizzò il procedimento adattandolo ai gas dei camini ed infine Salleron e Demichel lo modificarono ulteriormente introducendo alcuni dispositivi che lo rendevano maneggevole e portatile.

Esso riunisce stabilmente in un tutto unico, rigido, facilmente trasportabile, l'apparecchio misuratore del gas, le pipette di assorbimento ed un dispositivo per effettuare la combustione del gas. Questo apparecchio permette l'analisi rapida dei gas di scarico con una approssimazione sufficiente alla pratica industriale.

Esso si compone essenzialmente di 3 parti distinte:

1) Un aspiratore del gas che serve a misurare il suo volume all'inizio dell'esperienza e dopo il suo assorbimento in ciascun reattivo.

2) Una serie di tubi di assorbimento («laboratori») nei quali si effettua l'assorbimento di ciascun gas (anidride carbonica, ossigeno, ossido di carbonio ed altri) da parte di un reattivo specifico.

3) Un mantice che ha la funzione di ripulire la condotta del gas da analizzare, cioè il tubo che mette in comunicazione l'apparecchio con la sorgente gassosa. I «laboratori» sono innestati ermeticamente su flaconi di vetro contenenti soluzioni adeguate al tipo di gas che deve essere assorbito, quali ad esempio una soluzione di idrossido di sodio come assorbente per l'acido carbonico, una soluzione di pirogallato di potassio per assorbire l'ossigeno, una soluzione di protocloruro di rame ammoniacale per assorbire l'ossido di carbonio. L'apparecchio modificato da Demichel è costituito da sei «laboratori» ed ha quindi la possibilità di analizzare altri gas. Alcuni tubi di assorbimento contengono un gran numero di canne di vetro che, immerse nei reattivi, hanno la funzione di aumentare la superficie di contatto fra il gas e la soluzione assorbente.

Originariamente era presente un tubo capillare a combustione contenente fili di amianto palladiato (ora mancante) che permetteva anche la determinazione dell'idrogeno e degli idrocarburi, per combustione, a seguito del riscaldamento prodotto dal fornello a spirito.

ROBERTO BADIELLO (\*) - ALBERTO BRECCIA (\*)

## **Applicazione di alcuni principi di chimica alle problematiche di sicurezza ed igiene del lavoro (\*\*)**

### **Application of Some Principles of Chemistry to the Problems of Occupational Safety and Hygiene.**

**Summary** - Information on occupational safety and hygiene may be supplied to the students of chemistry from the first propaedeutic courses and further in the courses of Organic Chemistry, Physical Chemistry, Industrial Chemistry and Chemical Plants.

In fact some elementary principles of chemistry may be easily applied to safety problems. In particular some aspects of chemical reactivity, of combustion and fire chemistry, of gas reactions, of corrosion and of metal toxicity are presented and discussed in the light of the elementary notions of thermodynamics, kinetics, redox reactions, gas laws, electrochemistry and properties of transition and post-transition elements.

#### *1. Introduzione*

Gli studenti e i neolaureati in materie chimiche mostrano frequentemente carenze culturali nel campo della sicurezza e dell'igiene del lavoro e di conseguenza le aziende trovano difficoltà nella ricerca di giovani disponibili e preparati ad affrontare problemi di natura ambientale e di sicurezza del lavoro.

Anche se negli ultimi anni si sono avuti significativi progressi in tale campo, il mondo accademico italiano è in larga parte responsabile di questa situazione. Purtroppo nell'Università italiana, a parte qualche settore, vige ancora la mentalità che l'attività di studio e ricerca non può essere distratta dalla applicazione delle normative sulla sicurezza e l'igiene del lavoro. L'adeguamento insufficiente delle strutture universitarie alla normativa esistente non è dovuto solo a carenze finanziarie degli Atenei ma anche a questa mentalità.

(\*) Istituto di Scienze Chimiche, Università di Bologna.

(\*\*) Relazione presentata al VI Convegno Nazionale di «Storia e Fondamenti della Chimica» (Cagliari, 4-7 ottobre 1995).



La figura professionale che pertanto esce dall'Università italiana, se si esclude forse l'ingegnere ed il laureato in Scienze Ambientali, è piuttosto incompleta ed incapace di valutare le implicazioni della propria attività nei riguardi sia dei lavoratori che dell'ambiente esterno.

Non si pretende che agli studenti vengano impartite «nozioni» particolari ed approfondite di sicurezza fine a se stessa, ma sarebbero sufficienti informazioni che colleghino le conoscenze di base con gli aspetti più pratici della sicurezza, dell'antinfortunistica e dell'igiene del lavoro.

Negli ultimi decenni lo sviluppo industriale in genere, e quello dell'industria chimica in particolare, sono stati accompagnati da un aumento di incidenti con perdite di vite umane e di beni materiali ed ambientali [1].

Questi eventi dannosi sono imputabili solo in parte a cause accidentali non prevedibili, mentre nella maggior parte dei casi possono essere spiegati con una analisi insufficiente e superficiale del processo chimico, con errori di progettazione, scarsa conoscenza delle proprietà chimico-fisiche e tossicologiche dei reagenti e dei prodotti, errori di gestione, etc.

Numerosi sono i casi di incidenti accaduti in laboratorio riportati in letteratura che ci fanno capire quale energia può essere messa in gioco anche con modeste quantità di materia [2]; alcuni di questi incidenti sono stati certamente provocati dalla mancanza di conoscenze chimiche o per non aver consultato la letteratura. Il fatto significativo è offerto, in qualche caso, dalla sorpresa del ricercatore universitario che apprende, solo dopo una sgradevole esperienza diretta, cose piuttosto ovvie, per esempio che una miscela di un forte ossidante e di un combustibile può reagire in modo esplosivo.

È pertanto importante che i giovani che si preparano ad attività di tipo chimico possano acquisire, fin dai primi anni di studio, quegli elementi che permettano loro, nella professione, interventi logici ed utili per evitare e ridurre gli incidenti e per rimediare in casi di emergenza.

Alcune informazioni di base, utili per gli aspetti di sicurezza, possono essere fornite agli studenti fin dai primi corsi propedeutici di Chimica Generale ed Inorganica e successivamente ancor meglio nei corsi di Chimica Organica, Chimica Fisica, nonché in quelli di Chimica Industriale, di Impianti Chimici e di Impianti della Industria Farmaceutica.

In questa comunicazione verrà presentata la applicazione di alcuni principi elementari descritti nei corsi di Chimica Propedeutica alle problematiche della sicurezza nei laboratori chimici.

## 2. Legge dei gas ideali e reazioni fra gas

L'equazione della legge dei gas ideali permette di operare, nei calcoli stechiometrici relativi alle reazioni fra gas, con variabili sperimentali oltre che con la massa.

Trascurando in questo contesto i sistemi sotto pressione (ad esempio le

bombole) e le reazioni sotto pressione che si fanno avvenire in autoclave, prendiamo in esame le reazioni che implicano sviluppo e successiva analisi di prodotti gassosi. Tali reazioni vanno studiate in apparecchiature da vuoto, costituite essenzialmente da un sistema di pompaggio (pompe rotative e diffusive), da uno di controllo del vuoto e dal corpo vero e proprio della linea da vuoto. Questa è costituita da un sistema di tubi di collegamento, trappole, valvole e rubinetti in vetro pyrex. I gas possono essere trasformati in liquidi (o solidi) mediante trasferimento con variazioni di temperatura e pressione ed intrappolati in contenitori ad immersione raffreddati con gas liquidi tipo azoto, elio od altra miscela refrigerante. Poiché P, V, T possono essere misurati, l'applicazione della legge dei gas ideali può essere utile per calcolare, in prima approssimazione, le moli di gas (n) senza alcuna determinazione ponderale.

Le pressioni all'interno della linea da vuoto sono sempre inferiori alla pressione atmosferica e pertanto il maggior rischio che si deve fronteggiare è rappresentato dalla possibilità di implosioni che potrebbero avvenire a causa di rotture accidentali della linea con danni anche rilevanti soprattutto se l'impatto interessa il viso dell'operatore, in particolare gli occhi.

Le apparecchiature da vuoto devono essere munite oltre che dei quadri di comando, di sistemi di protezione che garantiscano la sicurezza delle operazioni e devono essere utilizzate solo da personale adeguatamente addestrato.

Innanzitutto le linee vanno installate a parete ed in posizione tale da risultare il più possibile protette nei confronti degli urti accidentali, i vasi Dewar, utilizzati come contenitori di gas liquidi o altre miscele frigorifere per le trappole ad immersione, vanno protetti con una struttura metallica esterna od avvolte con nastro adesivo plastificato. Va fatto obbligo agli operatori di proteggersi il viso, o perlomeno gli occhi, con apposite visiere od occhiali in materiale infrangibile. Infine, onde proteggere l'operatore e l'altro personale eventualmente presente nelle vicinanze da rischi derivanti da eventuali implosioni, le linee da vuoto andrebbero dotate di schermi fissi e semifissi in plexiglas [3].

### 3. *Reattività chimica; aspetti cinetici*

Reazioni chimiche non controllate possono causare, anche se avvengono in piccola scala, incendi ed esplosioni, per cui è necessario conoscere i fattori che influenzano i sistemi chimici e le relative reazioni.

Tutte le reazioni chimiche coinvolgono scambi energetici che si manifestano soprattutto sotto forma di calore.

I pericoli maggiori sono connessi a reazioni che implicano il rilascio di discrete quantità di calore (reazioni esotermiche) ad una velocità troppo elevata per essere assorbita dall'immediato intorno del sistema reagente. Le misure atte a minimizzare i rischi sono perciò dirette a controllare sia l'estensione che la

velocità del rilascio dell'energia; ne consegue quindi che i fattori che influenzano la cinetica di reazione sono molto importanti per avere un quadro esatto della reattività del sistema: ad esempio la temperatura, la capacità dei reagenti ad incontrarsi, la concentrazione dei reagenti e l'effetto dei catalizzatori

Per un possibile controllo della reazione è infatti importante valutare in quanto tempo una determinata quantità di calore viene svolta o, in altri termini, quanto varia la cinetica di reazione al variare della temperatura. Quasi tutte le reazioni chimiche avvengono tanto più velocemente quanto più alta è la temperatura ed un aumento di 10°C raddoppia mediamente la velocità di reazione.

Può essere utilizzata, in questo contesto, l'equazione di Arrhenius

$$k = A \cdot e^{-E/RT}$$

ove  $k$  è la costante di velocità,  $A$  è il fattore di Arrhenius o di frequenza ed  $E$  è l'energia di attivazione, poiché tutte le reazioni chimiche presuppongono uno stato intermedio attivato avente un contenuto energetico superiore a quello iniziale pari al valore di  $E$ .

Il calore generato dalla reazione viene in parte dissipato all'ambiente ed in parte accumulato in un processo di progressivo innalzamento della temperatura. Il calore generato è funzione esponenziale della temperatura mentre quello dissipato è funzione lineare. Se questi effetti si bilanciano la temperatura raggiungerà un valore massimo per poi lentamente decrescere con la diminuzione della concentrazione dei reagenti, altrimenti la velocità della reazione aumenterà in modo esponenziale con l'esplosione ed i relativi effetti dirompenti.

Nelle reazioni eterogenee, cioè fra reagenti in fasi diverse, i reagenti possono entrare in contatto fra loro solo sulla superficie dell'interfaccia fra le due fasi e la grandezza di quest'area determina la velocità della reazione.

Nella combustione dei solidi, le modalità della combustione dipendono, fra le altre cose, dalla pezzatura, definita come rapporto fra il volume e la superficie esterna.

Questo spiega perché è difficile accendere un pezzo di legno di grandi dimensioni con un fiammifero nonostante la fiamma raggiunga i 1000°C mentre è facile accendere pezzi delle dimensioni di un truciolo.

In questo caso la superficie di attacco per l'ossigeno è relativamente grande rispetto al volume sicché è sufficiente una modesta quantità di calore per portarlo alla temperatura di accensione. Se le dimensioni sono molto piccole, le reazioni eterogenee possono essere esplosive ed innescate anche da una modesta scarica elettrostatica. Ciò può accadere nelle falegnamerie con un'alta concentrazione di polvere di legno nell'ambiente ed impianti elettrici non protetti (o con fiamme libere) od in altri ambienti ove ci siano particelle infiammabili nell'aria.

Una esplosione avvenuta in un impianto di sollevamento per il grano a New Orleans, Louisiana, nel 1977, causò la morte di ben 35 persone. L'esplosione

avvenne perché una scintilla innesco la reazione di particelle di grano finemente suddivise e mescolate con l'aria.

La velocità sia delle reazioni omogenee che eterogenee è influenzata dalle concentrazioni di reagenti. È noto che tutti i materiali bruciano più facilmente in ossigeno puro che in aria. I pericoli di una atmosfera composta da ossigeno puro sono stati dimostrati nel 1967 dall'incidente con la morte di tre astronauti, avvenuto in una navicella spaziale Apollo riempita di ossigeno per una esercitazione di volo simulato a Cape Canaveral.

Quando nel primo anno di chimica si affronta il capitolo delle reazioni di ossido-riduzione lo studente dovrebbe essere informato sull'importanza dell'ossigeno molecolare come agente ossidante e, seppur superficialmente, su alcuni aspetti della chimica della combustione e dell'incendio, che possono essere utili fin dalle prime esperienze in laboratorio [4].

In particolare la combustione del carbone e dei composti organici in presenza di una quantità di ossigeno insufficiente può produrre monossido di carbonio che è estremamente velenoso. Per queste ragioni gli ambienti, ove avvengono tali combustioni, devono essere ventilati e con un numero sufficiente di ricambi d'aria per permettere l'ossidazione completa del combustibile.

#### 4. *Reattività chimica; aspetti termodinamici*

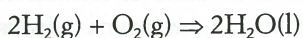
Si è già detto che alle reazioni chimiche è sempre associata una certa variazione di energia. Tale energia non è solo quella determinata dal calore o entalpia di reazione ( $H$ ) ma anche da un'altra funzione termodinamica, l'entropia ( $S$ ). L'entropia descrive il grado di disordine di un sistema ed ogni evento, accompagnato da un aumento di entropia, tende ad essere spontaneo. Le reazioni tendono sempre a muoversi verso stati di equilibrio caratterizzati da una bassa energia e da un alto disordine. L'equazione che combina queste forze trainanti assume l'espressione dell'energia libera di Gibbs

$$\Delta G = \Delta H - T\Delta S$$

È questo il completo indice termodinamico che ci indica la spontaneità o meno di una reazione chimica.

Valori di  $\Delta G < 0$  indicano reazioni termodinamicamente possibili (a quella temperatura), mentre valori positivi indicano che la reazione (a quella temperatura) è termodinamicamente impossibile.

Pertanto le leggi della probabilità statistica non sono le sole da prendere in esame, ma si dovranno considerare anche le variazioni energetiche che avvengono nel corso dell'evento. Per esempio se consideriamo la reazione fra idrogeno ed ossigeno gassosi nella formazione di acqua liquida:



si osserverà che le molecole di reagenti gassosi rappresentano una situazione più disordinata rispetto al raggruppamento di due atomi di idrogeno ed uno di ossigeno nelle molecole di acqua liquida. Basandoci solo sul concetto di variazione di entropia osservata per questa reazione, la stessa sembrerebbe non spontanea. Ciò non è assolutamente vero come dimostrato dagli incidenti avvenuti in laboratorio od in ambiente scarsamente protetto ove venga impiegato idrogeno.

La reazione spontanea dell'idrogeno con l'ossigeno contenuto nell'aria portò, nel 1937 nel New Jersey, alla esplosione del dirigibile rigido tedesco Hindenburg riempito con il gas leggero idrogeno. Il disastro causò la morte di trenta persone e fece sì che negli aerostati l'idrogeno fosse sostituito da gas inerti, come l'elio e quindi assolutamente incombustibili.

Nella reazione suddetta fra idrogeno ed ossigeno, la forte natura esotermica della variazione di entalpia compensa la variazione negativa di entropia. Per determinare, pertanto, se una trasformazione chimica o fisica sia spontanea, è necessario analizzare l'importanza relativa delle variazioni di energia e di entropia.

Nel caso dell'impiego di idrogeno in laboratorio, lo studente deve sapere, fin dai primi anni di studio, che è necessario non usare fiamme libere, lavorare in ambiente con impianti elettrici protetti onde evitare scintille, e provvisti di sensori in modo tale da interrompere automaticamente il flusso di idrogeno quando il gas abbia raggiunto una concentrazione pericolosa nell'ambiente.

## 5. *Reattività chimica e struttura*

Nel trattare le reazioni redox in laboratorio, con le relative applicazioni in campo analitico e preparativo, ed i più comuni agenti ossidanti e riducenti, è opportuno far presente che i forti agenti ossidanti, ad esempio il permanganato, il cromato ed il bicromato, vanno maneggiati con cautela, evitando il loro contatto con materiali organici. Essi mettono facilmente a disposizione l'ossigeno necessario per la formazione dei normali prodotti di ossidazione delle sostanze organiche, quindi sono potenziali responsabili di incendi.

I solventi organici vanno sempre compartimentati in reagentari realizzati in materiale resistente al fuoco ed isolati dagli ossidanti inorganici, cosa che non sempre avviene nei laboratori didattici e di ricerca.

La conoscenza della struttura di un composto organico può fornire utili indicazioni circa la sua stabilità. È noto che molti raggruppamenti atomici, quando sono presenti in una molecola, sono indice di instabilità, per esempio lo sono i composti acetilenici, gli azo ed i diazocomposti, i nitroso ed i nitrocomposti, gli epossidi, i perossidi, i perclorati etc.

In genere questi gruppi atomici tendono a decomporsi formando prodotti termodinamicamente più stabili; il calore di formazione di un composto organico è un indice diretto di stabilità ed, in prima approssimazione, può aiutare ad

individuare un composto pericoloso. Un altro elemento strutturale importante è il bilancio di ossigeno, (Bo), cioè la quantità di ossigeno contenuto in una molecola. Questo parametro condiziona la possibilità di combustione anche in assenza di aria indirizzando la decomposizione verso prodotti termodinamicamente più stabili (CO<sub>2</sub>, H<sub>2</sub>O). Indicando con C<sub>x</sub>H<sub>y</sub>O<sub>z</sub>N<sub>p</sub>O<sub>q</sub> la formula bruta di un composto, il Bo sarà dato da:

$$Bo = z - 2x - 1/2(y - q)$$

Per valori di Bo < 0 si avrà difetto di ossigeno e quindi combustione incompleta; per valori di Bo > 0 la combustione avverrà completamente anche in assenza di aria.

In questo contesto può essere utile accennare che le sostanze chimiche pericolose sono classificate ed etichettate con simboli di pericolo raffiguranti i rischi principali (esplosive, ossidanti, infiammabili, tossiche, nocive, corrosive, irritanti, etc.) e che esse vanno sempre accompagnate da una scheda di sicurezza che deve contenere secondo criteri standard, informazioni sulla composizione, identificazione dei pericoli, stabilità, reattività, tossicità e molti altri dati utili ai fini della prevenzione dei rischi nelle varie fasi lavorative, di stoccaggio e di trattamento dei rifiuti [5].

## 6. Corrosione chimica

La corrosione delle strutture metalliche esposte ad un ambiente aggressivo è un fenomeno diffuso su cui si sono concentrati molti sforzi miranti a contenerlo.

Si intende per corrosione l'insieme delle reazioni che avvengono, per lo più spontaneamente, fra un materiale e l'ambiente, tali da provocare ossidazione e conseguente degrado del materiale stesso. La caratteristica dei metalli di corrodersi dipende dalle proprietà chimiche del metallo e dall'aggressività dell'ambiente. Tuttavia tutti i processi di corrosione si sviluppano con reazioni elettrochimiche, nelle quali lo scambio di cariche elettriche costituisce l'aspetto fondamentale della reazione.

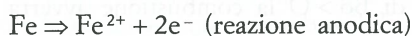
Nel caso dei metalli, le cariche elettriche necessarie alla reazione elettrochimica della corrosione, sono forniti dagli elettroni esterni degli atomi, che partecipano a tenere uniti i vari atomi della struttura metallica. Se gli elettroni sono allontanati dalla loro primitiva funzione, l'atomo di metallo si trasforma in ione libero, cioè non più legato alla struttura metallica. Lo ione ha la possibilità di migrare nell'ambiente ed è destinato a legarsi chimicamente con altre sostanze, dando luogo ad ossidi e/o sali.

Molti metalli reagiscono direttamente con l'ossigeno, anche se non in maniera spettacolare e veloce, come nelle combustioni di composti organici, in cui si liberano calore e luce, e tali reazioni di ossidazione sono indicate come corrosione.

Per la corrosione chimica è indispensabile che il metallo si trovi in contatto contemporaneamente sia con l'ossigeno che con l'acqua. In ambito tecnologico il principale agente aggressivo è l'ossigeno disciolto in acqua, a cui si possono aggiungere altri agenti meno importanti come l'anidride carbonica, l'anidride solforosa, gli ioni cloruro, etc.

La corrosione umida è un fenomeno di natura essenzialmente elettrochimica.

In termini chimici la reazione di corrosione può essere descritta come l'insieme delle seguenti due reazioni mutuamente indispensabili che, ad esempio nel caso del ferro, danno luogo a:



Globalmente le due reazioni danno luogo alla reazione di corrosione espressa da:



L'idrossido di ferro (II) viene rapidamente ossidato dall'aria ad idrossido di ferro (III) che si trasforma spontaneamente in ossido idrato di ferro (III), ( $\text{Fe}_2\text{O}_3 \cdot \text{XH}_2\text{O}$ ), chiamato ruggine.

La corrosione dei componenti negli impianti industriali può incidere negativamente sul processo produttivo, causando anche danni, per la riduzione dell'efficienza termica e per la eventuale fuoriuscita di prodotti; è pertanto necessaria una attenta manutenzione, riparazione e sostituzione di parti metalliche danneggiate e tutto ciò viene ad incidere sul costo del prodotto.

Un fenomeno di concentrazione della corrosione di grande importanza in elettrotecnica può avvenire nei dispersori di terra in contatto con due strati di terreno a diversa permeabilità di ossigeno, come ad esempio uno strato superficiale di sabbia ed uno strato più profondo di argilla. Lo strato sabbioso superficiale maggiormente a contatto con l'atmosfera e spesso molto umido favorisce la reazione catodica dell'ossigeno che richiama elettroni dalla reazione anodica localizzata nella porzione di terreno argilloso anaerobico più umido a causa del drenaggio dello strato sabbioso superiore.

Conseguenza di tale meccanismo è una corrosione concentrata su una piccola zona che può essere in grado, in breve tempo, di interrompere la continuità della dispersione, con grave pericolo per l'utente.

Un modo per impedire la corrosione dei metalli consiste nella verniciatura, nella passivazione o nella ricopertura con altri metalli.

Un altro modo per impedire la corrosione è la cosiddetta protezione catodica [6]. Essa consiste nel collegare ad esempio il ferro con un metallo che è

ossidabile più facilmente, ad esempio lo zinco. Quest'ultimo metallo costituisce l'anodo e tende ad ossidarsi, impedendo così al ferro di corrodersi.

In questo caso anche se i due metalli sono uniformemente esposti all'azione aggressiva dell'ambiente, la reazione anodica si concentrerà sul metallo meno nobile, sul quale si concentrerà la corrosione.

Questo tipo di corrosione che si verifica quando due metalli diversi, in contatto elettrico, sono esposti ad un ambiente aggressivo, prende il nome di corrosione galvanica e può essere facilmente compresa anche dallo studente dei primi anni se si tien conto del concetto della cosiddetta scala delle nobiltà del metallo. Questa caratteristica elettrochimica non è altro che la diversa attitudine dei metalli di passare dallo stato di atomo metallico allo stato di ione. L'elencazione dei metalli per grado decrescente di nobiltà prende il nome di «scala delle nobiltà». È noto, infatti, dalla scala delle nobiltà termodinamica, che l'oro, l'argento, il platino sono metalli incorrodibili, mentre lo zinco, il ferro e l'alluminio possono essere corrosi facilmente. In pratica bisogna però tenere conto che la scala di nobiltà in ambiente umido od in ambiente aggressivo può essere diversa da quella termodinamica per alcune variazioni nell'elenco dei metalli.

La tecnica della protezione catodica, sebbene non definita da alcuna normativa nazionale, è esplicitamente citata in varie occasioni dalla Norma CEI 64-2 sulla messa a terra delle masse a scopo protettivo [7].

## 7. Tossicologia dei metalli

È bene che fin dai primi anni lo studente di materie chimiche sappia che esiste una disciplina, la tossicologia industriale, che si occupa dello studio e della definizione degli effetti biologici provocati dai prodotti chimici.

In particolare la tossicità intrinseca di una sostanza dipende da diversi fattori come lo stato fisico (gas, vapore, polvere, fumo, aerosol, etc.), la struttura chimica (sostanza idrofila o idrofoba), le vie di penetrazione nell'organismo (respiratoria, per ingestione, attraverso la cute) e l'azione tossica (sostanze allergizzanti, cancerogene, mutagene, etc.).

L'avvelenamento da metalli pesanti (di transizione e di post transizione) può essere un semplice esempio di tossicologia industriale facilmente comprensibile anche dagli studenti dei primi anni di chimica.

Fra le sostanze importanti per la vita ci sono gli enzimi, catalizzatori che regolano la velocità delle reazioni chimiche del nostro organismo. Nel sito attivo di molti enzimi sono presenti gruppi tiolici  $-S-H$  e gruppi disolfuri  $-S-S-$ . La presenza di gruppi tiolici rende questi enzimi sensibili a particolari veleni, come gli ioni di metalli pesanti, tipo  $Cu^{2+}$ ,  $Pb^{2+}$ ,  $Hg^{2+}$ .

È nota fin dall'antichità la tossicità dei metalli come il piombo ed il mercurio e l'esistenza di stati patologici derivati dal loro accumulo nell'organismo



come il saturnismo e l'idrargirismo. Questi ioni possono combinarsi più o meno stabilmente con i gruppi  $-S-H$  distruggendo in questo modo la capacità dell'enzima di funzionare come catalizzatore. Quindi i sali solubili di rame, piombo, mercurio e di altri metalli pesanti costituiscono dei potenti veleni perché inibiscono l'attività enzimatica ed interferiscono nelle funzioni di membrana.

È interessante anche notare l'analogia con l'avvelenamento dei catalizzatori non biologici da parte di questi metalli pesanti; per esempio l'uso di catalizzatori posti nei tubi di scarico delle automobili prevede l'impiego di benzine senza piombo, presente come piombo tetraetile, perché questo interferisce con i siti attivi della superficie del catalizzatore, avvelenandolo e distruggendo le sue caratteristiche catalitiche.

Questi aspetti elementari di tossicologia dei metalli pesanti possono essere collegati alla chimica degli ioni complessi (o composti di coordinazione) formati da ioni metallici e differenti specie leganti. Anche la terapia nell'intossicazione da metalli pesanti viene effettuata mediante gli agenti chelanti, cioè farmaci capaci di legarsi stabilmente ai metalli tossici e di formare complessi solubili privi di tossicità che possono essere eliminati attraverso le normali vie di escrezione dell'organismo. Tali farmaci competono con i gruppi ad attività chelante presenti nei sistemi biologici (per esempio negli enzimi) e consentono quindi di prevenire ed eventualmente rendere reversibili i legami fra i chelanti biologici (ad esempio i gruppi  $-SH$ ) ed i metalli tossici. Le principali proprietà richieste a questi farmaci sono la capacità di legarsi stabilmente con i metalli pesanti e la buona tollerabilità. Fra i chelanti maggiormente usati sia nella profilassi che nelle fasi precliniche e cliniche dell'intossicazione da metalli ci sono l'acido etilendiamminotetracetico (EDTA) ed i suoi sali sodico e calcico, NaEDTA e CaEDTA ben noti agli studenti che frequentano i primi laboratori di chimica.

## 8. Conclusioni

I pochi esempi illustrati sopra mostrano come sia possibile impartire, fin dai primi corsi di chimica, informazioni che colleghino le conoscenze di base con gli aspetti pratici della sicurezza e dell'igiene del lavoro.

Gli aspetti presentati e discussi sulla reattività chimica ed i rischi connessi, sulla chimica della combustione e dell'incendio, sulla corrosione e la tossicità dei metalli possono essere legati ai principi elementari di termodinamica e cinetica chimica, alle reazioni redox, alla elettrochimica ed alle proprietà degli elementi di transizione e post-transizione.

Anche se il bagaglio di conoscenze può essere ancora modesto è bene che lo studente assimili la cultura della sicurezza fin dall'inizio degli studi e la applichi e la affini nel corso della vita studentesca e professionale.

Nei corsi successivi di Chimica Organica, Chimica Fisica, Chimica Indu-

striale, Impianti Chimici ed in quelli di esercitazioni laboratoristiche gli aspetti di sicurezza dovrebbero venir approfonditi dai docenti selezionando gli argomenti nel modo più appropriato alla materia di insegnamento.

Riteniamo più utile un simile approccio piuttosto dell'istituzione di un insegnamento completo sulla sicurezza chimica che potrebbe finire fra i numerosi insegnamenti complementari di cui sono ricchi i corsi di laurea ad indirizzo chimico.

Quanto detto appare particolarmente importante alla luce del recente D.L.vo 626/94, che recepisce otto Direttive Europee emanate nel 1989 e 1990 [8]. Il decreto entrato in vigore il 1/3/95 e che andrà applicato entro il 27/11/95, si applica in tutti i settori lavorativi, pubblici e privati ed a tutti i lavoratori dipendenti o figure a questi equiparati come gli allievi degli istituti di istruzione ed universitari, ed i partecipanti a corsi di formazione professionale «nei quali si faccia uso di laboratori, macchine, apparecchi, attrezzature di lavoro in genere, agenti chimici, fisici o biologici» (art. 2, comma 1, lettera a).

Quanto detto non è comunque una novità perché già le norme per la prevenzione degli infortuni, ai sensi del DPR 547/55 [9] vanno applicate a tutte le attività alle quali sono addetti lavoratori subordinati o ad essi equiparati, comprese quelle esercitate dallo Stato, Regioni, Province, Comuni, da altri enti pubblici e dagli Istituti di istruzione.

In base all'art 3 del citato DPR 547/55 per lavoratore subordinato si intende colui che al di fuori del proprio domicilio presta il proprio lavoro alle dipendenze e sotto la direzione altrui con o senza retribuzione anche a solo scopo di apprendere un mestiere, un'arte o una professione, gli allievi degli Istituti di istruzione sono equiparati ai lavoratori subordinati quando si faccia uso di macchine, attrezzature, utensili, apparecchiature varie.

Il D.L.vo 626/94 innova profondamente la situazione esistente perché riordina la metodologia, la responsabilità, i ruoli ed i compiti dei soggetti che interagiscono nella gestione dei rischi per i lavoratori. Le norme di legge, precedentemente esistenti, rimangono in vigore, ma devono, comunque, essere applicate in questo nuovo ambito di riferimento.

Esso segna una svolta ed una opportunità per le Università perché affida un ruolo ai docenti nell'insegnamento, nella ricerca e nella gestione della sicurezza.

Colui che ha la responsabilità di una attività didattica assume, secondo la propria qualifica, gli obblighi dei datori di lavoro, dei dirigenti e dei preposti.

Infatti la scelta dello svolgimento di attività didattiche e di ricerca che possano comportare rischio lavorativo rientra nella libertà di insegnamento e di ricerca del docente. Tale libertà, sottraendo al datore di lavoro il potere di scelta, implica di fatto lo spostamento sul docente, che tale potere di scelta ha, di compiti che nei normali luoghi di lavoro, sarebbero del datore di lavoro. Un docente che decide di svolgere attività didattiche e di ricerca comportanti rischi deve essere in grado, con riferimento a dette attività, di valutare i rischi specifici, di individuare le misure di prevenzione e protezione necessarie e di dare a

coloro che dovranno svolgere le attività in questione le informazioni e la formazione necessarie.

Mentre è un preciso obbligo dei docenti di laboratorio l'illustrazione, anche sommaria, dei rischi e degli atteggiamenti da adottare, ciascun docente di materie chimiche può essere in grado di collegare nozioni teoriche del proprio corso ad aspetti pratici di sicurezza, con l'obiettivo di operare una profonda azione di sensibilizzazione degli allievi a questa problematica.

Certamente una razionale ed efficace impostazione del problema della informazione e della formazione degli allievi dei corsi universitari ove sussistano le condizioni per considerare tali allievi quali soggetti cui vanno applicate le disposizioni legislative del Decreto 626/94 (e certamente lo sono gli allievi ad indirizzo chimico) richiede un periodo di tempo lungo ed una organizzazione che al momento l'Università italiana sta cercando di darsi; purtuttavia i docenti di materie chimiche sono in grado di trasmettere agli studenti informazioni di sicurezza chimica, collegati al loro programma del corso allo scopo di sensibilizzarli a questo tipo di cultura e con la finalità di mirare, anche attraverso la corretta applicazione della norma, alla promozione di un concetto di qualità che consideri come elementi costitutivi anche la salute e la sicurezza dei lavoratori e la protezione dell'ambiente.

BIBLIOGRAFIA

- [1] FORABOSCHI F.P., *Valutazione dei rischi*, Atti Convegno, «L'uomo e l'ambiente. Rischi e limiti di accettabilità», Sogesta, Urbino, 25-26 gennaio 1993.
- [2] OPPICI E., *Reattività chimica: valutazione dei rischi connessi*, Seminario di aggiornamento sulla sicurezza nei laboratori chimici, Gargnano 30 maggio - 3 giugno 1983, CLUED, Milano 1983, p. 195.
- [3] MINGHETTI L., MULAZZANI Q.G., *Le linee da vuoto dell'Istituto di Fotochimica e Radiazioni di Alta Energia*, (F.R.A.E.) del C.N.R., Rapporto Tecnico, 1983.
- [4] PIATTI D., *I principi della chimica dell'incendio*, «Antincendio», 2, 1989, p. 163.
- [5] MONTALI R., *I chemicals: le schede di sicurezza e l'evoluzione della loro normativa*, «Ambiente e Sicurezza sul Lavoro», 9, 1994, p. 42.
- [6] DUBINI S., *Prevenzione della corrosione mediante protezione catodica*, Atti 4° Seminario di aggiornamento tecnico negli impianti elettrici, Bologna 18-19 febbraio 1992, B Ticino, Milano, p. 45.
- [7] Norma CEI 64-2, *Impianti elettrici nei luoghi con pericolo di esplosione e di incendio*, 3° edizione, 1987.
- [8] D.L.vo 19 settembre 1994, n. 626, S.O.G.U. n. 265 del 12 novembre 1994, n. 141.
- [9] D.P.R. 27 aprile 1955, n. 547. S.O.G.U. n. 158 del 12 luglio 1955.

MARIAGRAZIA PLOSSI ZAPPALÀ (\*)

## La fabbricazione della carta nei secoli: dal XIII sec. ad oggi (\*\*)

### Evolution of papermaking: from the twelfth century to today.

**Summary** - The invention of printing with movable types in the middle of the fifteenth century led to a vast production of books with a large demand of paper. Other fibrous materials, different from cotton and linen rag, were necessary. At the same time the speed and cost of manufacturing equipment were optimised.

In the first half of the nineteenth century the invention of rosin sizing, replacing the «*in folio*» sizing which used starch or animal glue, led to a rapidly degrading acid paper.

The evolution of industrial papermaking techniques very often produced poor and short-lived paper.

### *La grande richiesta di carta*

Verso il 1450 Giovanni Gensfleisch, detto Gutenberg, stampò in Germania, su carta e su pergamena, una Bibbia che fu in seguito detta *a 42 righe*. La data della «nascita» di questa opera di grande mole, dopo alcuni tentativi degli anni precedenti, è considerata l'inizio della stampa a caratteri mobili metallici nel mondo occidentale. La stabilità chimica della carta della Bibbia di Gutenberg è eccellente ed è giustamente considerata un monumento all'arte della fabbricazione della carta stessa.

A seguito dell'invenzione della stampa a caratteri mobili si ebbe perciò un grande impulso alla produzione libraria con conseguente richiesta sempre maggiore di carta che tra l'altro era più adatta della pergamena a ricevere gli inchiostri da stampa a base grassa. La richiesta di carta era talmente determinante e

(\*) Direttore del Laboratorio di chimica dell'Istituto Centrale per la Patologia del Libro (I.C.P.L.), Ministero per i beni culturali e ambientali.

(\*\*) Relazione presentata al VI Convegno Nazionale di «Storia e Fondamenti della Chimica» (Cagliari, 4-7 ottobre 1995).

pressante da portare nel corso dei secoli a cercare, da una parte materie prime fibrose diverse dagli stracci di lino, cotone o canapa, dall'altra l'ottimizzazione delle varie fasi del processo di fabbricazione (più che altro dal punto di vista della velocità di produzione e del minore costo).

La cosiddetta *pasta straccio* assunse un'estrema importanza a causa della sua carenza rispetto ai bisogni: si venne a delineare addirittura una nuova professione, quella del raccoglitore di stracci che aveva l'incarico di passare nelle case private a raccogliere i tessuti logori che non potevano essere più utilizzati come tali. In tutto l'Occidente la carenza di questo materiale si fece talmente sentire che furono promulgate diverse leggi che ne vietavano l'esportazione e che facevano di esso oggetto di monopolio, ripetendo ciò che era successo tanti anni prima quando, durante l'impero di Tiberio, furono il commercio e la produzione del papiro ad essere regolamentati dallo Stato. In Inghilterra una legge, che è rimasta in vigore dalla II metà del XVII sec. fino al XIX, vietava che per la sepoltura dei defunti fossero usati tessuti diversi dalla lana, favorendo in questo modo sia lo sviluppo della locale industria laniera, sia il risparmio delle preziosissime fibre cellulosiche destinate all'industria cartaria. Il problema divenne gravissimo durante le epidemie, piuttosto frequenti nel Medioevo e nel Rinascimento, quando le autorità sanitarie obbligavano i cittadini a bruciare gli indumenti per tentare di arginare le infezioni; per fabbricare la carta si arrivò a utilizzare perfino le bende delle mummie egiziane.

Purtroppo, come vedremo in seguito, quasi mai le modificazioni nel processo di fabbricazione produssero carta con caratteristiche migliori di quella dei secoli passati, anzi la qualità del prodotto ottenuto con i progressi tecnologici è nettamente peggiore dal punto di vista conservativo rispetto a quella del «fatto a mano».

Ad esempio per quanto riguarda la collatura, necessaria per rendere il feltro di fibre cellulosiche adatte alla scrittura, si è passati nel corso dei secoli da quella con mucillagini o gomme vegetali, agli amidi, fino ad arrivare alla prima grande innovazione il cui merito va ai maestri fabrianesi: l'invenzione della collatura con la gelatina animale. Con questo nuovo metodo si poteva operare sul foglio quasi asciutto immergendolo nella soluzione tiepida del collante (Fig. 1)

Con eccezione dei danni legati a una certa particolare facile biodegradabilità, la collatura con gelatina non pone particolari problemi per la conservazione. I danni iniziarono quando nel XVII sec. alla gelatina fu aggiunto allume al fine di migliorarne la resa. L'allume è un solfato doppio di alluminio e potassio che ha reazione acida e accelera notevolmente l'idrolisi dei legami  $\beta$ -glucosidici della cellulosa.

Anche i sistemi di raffinazione, operazione necessaria ad aumentare la flessibilità delle fibre, i punti di contatto fra di esse e quindi i legami idrogeno fra le catene di cellulosa, subirono nei secoli notevoli cambiamenti. Si è passati dalla bollitura con soluzioni alcaline e battitura con verghe dei Cinesi alla raffinazione



A: operaio che toglie dalla caldaia i residui del carniccio  
B: operaio che versa la colla sul filtro  
C: incollatore

D: pressa per eliminare la colla superflua  
E: mastello  
G: caldaia

Fig. 1 - Incollatura della carta: tavola n° 7 di *Osservazioni intorno all'arte di fabbricare la carta* (copia anastatica di un testo anonimo pubblicato a Parma nel 1762, a sua volta traduzione abbreviata dell'*Art de faire le papier* di J.J. DE LALANDE pubblicato a Parigi nel 1761).

con i mortai a mano e successivamente con il *mulino a martelli*, detto anche *pila a magli* (Fabriano); tutto sommato con questi sistemi l'azione raffinatrice non era ancora troppo drastica e non provocava danni alla fibra.

Come è stato messo in evidenza da W.J. Barrow in uno studio sulla qualità della carta di libri stampati dal 1500 fino alla prima metà del 1900<sup>1</sup> si può notare che a partire dalla fine del 1600 si ha un notevole peggioramento delle caratteri-

<sup>1</sup> W.J. BARROW RESEARCH LABORATORY, INC., *Permanence/Durability of the Book - VII. Physical and Chemical Properties of Book Papers, 1507-1949*, Richmond (Virginia), 1974, p. 45.

stiche meccaniche della carta. È interessante ricordare che proprio alla fine del XVII sec. i sistemi di raffinazione subirono una grande innovazione con l'invenzione della cosiddetta raffinatrice Olandese; se ne ha una prima descrizione sull'*Art de faire le papier* del De La Lande nel 1761. La raffinazione con l'Olandese, pur essendo sempre un sistema discontinuo, riduceva notevolmente i tempi di lavorazione con grande vantaggio economico, ma produceva una pasta con caratteristiche meccaniche peggiori delle paste ottenute con i metodi più antichi.

Nell'Olandese le fibre non vengono più battute come nel mulino a magli, ma fatte circolare in una vasca ellittica nella quale ruota un cilindro provvisto di lame. La vasca per la circolazione della pasta, che inizialmente era in legno, fu in seguito costruita in muratura ed oggi in cemento, in ferro, o in acciaio. Con questo sistema la raffinazione delle paste è decisamente molto più rapida rispetto al mulino a pestelli, ma si procura anche una maggiore frammentazione della fibra.

Alla fine del XVIII sec. vennero usati il cloro e i suoi derivati per la sbianca degli stracci permettendo quindi di utilizzare non solo tessuti bianchi, ma anche quelli colorati.

Nella II metà del 1700 vennero anche usati i primi telai con il fondo di rete metallica per carta *velina*, o *velino*, (da *velin* che era la pergamena molto fine ottenuta dalle pelli di vitelli nati morti o appena nati). Questa è una carta priva delle righe orizzontali e verticali prodotte dai filoni e dalle vergelle, quindi una carta priva di *vergatura*.

Nella prima metà del sec. XIX si ha una vera e propria rivoluzione nella fabbricazione, rivoluzione che purtroppo ha portato un grande peggioramento nella qualità della carta: la sostituzione della collatura «*in folio*» con la collatura «*in pasta*» mediante colofonia<sup>2</sup> (la resina delle conifere, chiamata dai cartai solamente «resina») e allume.<sup>3</sup>

Il nuovo sistema fu inventato da M.F. Illig che, nato in Germania, figlio di un proprietario di cartiera, spese molti anni della sua vita e tutte le sue risorse economiche nella ricerca di metodi di collatura sostitutivi a quello con la colla animale tanto da morire poverissimo.

La collatura della carta *in pasta* viene effettuata preparando il cosiddetto *sapone di colofonia* ottenuto per mezzo della bollitura in una caldaia della

<sup>2</sup> «Colofonia» o «resina di Colofone», antica città dell'Asia Minore.

<sup>3</sup> L'allume è un solfato doppio di alluminio e potassio,  $Al_2(SO_4)_3 \cdot K_2SO_4 + 24 H_2O$ , che si trova in natura. È stato da secoli usato oltre che nella fabbricazione della carta anche nella concia delle pelli, nella tintura dei tessuti, nella preparazione delle «lacche» colorate, per la preparazione di altri sali di alluminio e in medicina come astringente ed emostatico. In Italia il minerale *allumite* si trova presso Allumiere e Tolfa nel Lazio; il possesso di questi territori fu molto importante per lo Stato Pontificio perché consentiva una buona autonomia nelle attività artigiane ed economicamente una libertà dalle importazioni.



colofonia con una soluzione di soda sotto forte agitazione. La soluzione schiumeggiante così ottenuta, detta sapone di colofonia, viene aggiunta alla pasta fibrosa di carta direttamente nell'Olandese. L'aggiunzione di allume riporta il pH della soluzione nel campo acido (circa 4-5) con conseguente precipitazione della resina sulle fibre. Il risultato è di una estrema suddivisione e uniformità della collatura, di una maggiore rapidità del processo di fabbricazione e quindi un minor costo, ma purtroppo anche di una acidificazione del foglio di carta che sarà destinato inevitabilmente a deteriorarsi.

### *La tecnologia della carta «moderna»*

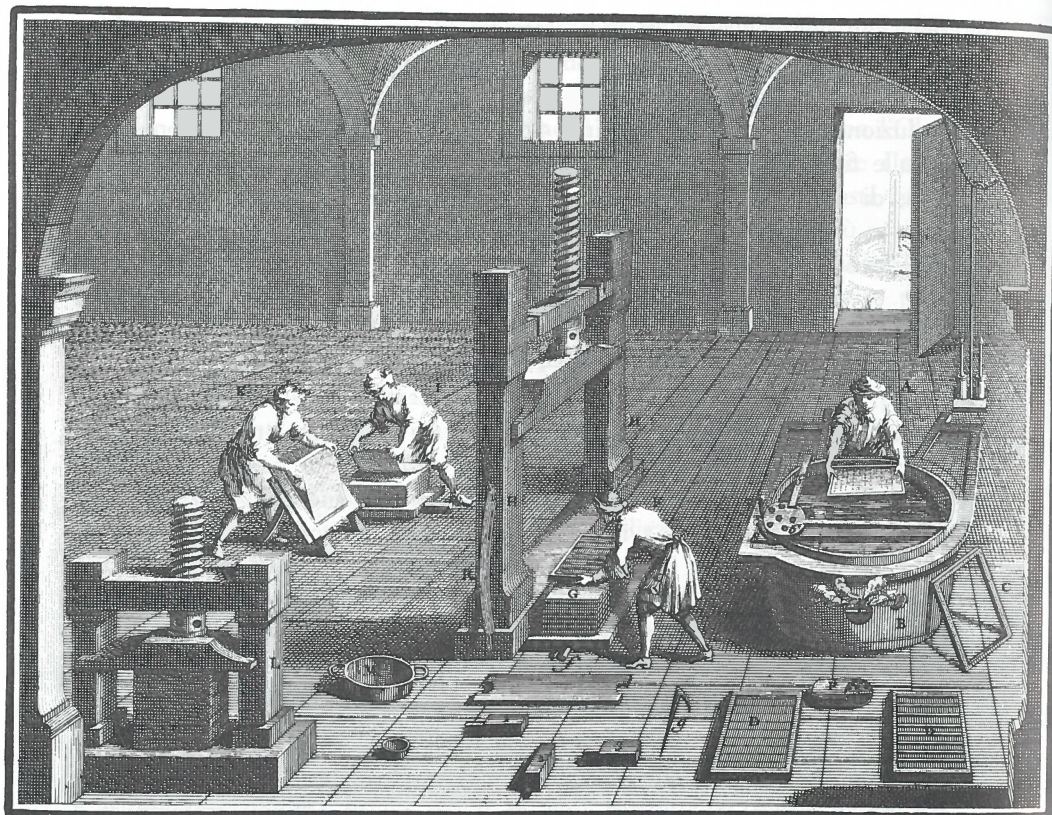
Abbiamo visto finora che molte sono state le innovazioni tecnologiche che nei secoli hanno modificato il processo di fabbricazione della carta, comunque a partire dai primi secoli della storia della carta fino alla fine del XVIII sec. si è trattato sempre di carta fatta a mano con un processo discontinuo (fig. 2). Nel 1799 Nicolas Louis Robert inventò la «macchina continua»: un'apparecchiatura che rendeva continuo il processo in quanto prevedeva che la sospensione acquosa di fibre dovesse cadere su una rete metallica in movimento chiusa ad anello.

Il sistema fu in seguito migliorato da Bryan Donkin che riuscì a produrre un nastro di circa un metro di larghezza con una velocità di alcuni metri al minuto. Successivamente in Inghilterra i fratelli Fourdrinier modificarono e perfezionarono il sistema con un tale impiego di capitale da ridursi al fallimento.

Da questi primi esperimenti fino ai nostri giorni l'apparecchiatura si è sempre più perfezionata con l'aggiunta di altre parti accessorie, come ad esempio i cilindri essiccatori, fino ad arrivare alle attuali grandi *macchine continue a tavola piana* che possono produrre nastri di carta con una velocità elevatissima.

La macchina a tavola piana si può considerare suddivisa in due parti: la *parte umida* e la *parte secca*. Il processo, molto schematicamente, consiste nell'entrata della sospensione di pasta fibrosa, già collata con resina e allume, nel cosiddetto *contenitore di testa* e nella successiva caduta di essa su una rete di bronzo fosforoso. Nella parte iniziale della macchina l'acqua in eccesso cade per drenaggio semplice, mentre nella sezione successiva viene aspirata mediante le *scatole di aspirazione*. Il nastro di carta, pressato da rulli, passa quindi nella *seccheria*. Sulla rete, dopo le scatole di aspirazione, si trova un rullo speciale, detto *ballerino*, che imprime la filigrana. Nell'ultima parte (*sezione delle presse*) la carta passa su un feltro di stoffa che la sostiene e la accompagna nella «seccheria» dove per mezzo del calore, fornito da una serie di rulli riscaldati, viene eliminata l'ultima umidità residua.

Un altro sistema continuo di produzione della carta, nato posteriormente a quello a tavola piana, è quello *in tondo*. I primi esempi di questo sistema di produzione di carta si hanno nel 1805.



- |                         |                                |                         |
|-------------------------|--------------------------------|-------------------------|
| A: lavorente o laurente | D: forma vista dalle due parti | H: pressa               |
| B: tina                 | F: ponitore                    | I: apprendista levatore |
| C: telaio               | G: posta                       | K: levatore dei fogli   |

Fig. 2 - La fabbricazione a mano della carta: tavola n° 6 di *Osservazioni intorno all'arte di fabbricare la carta* (copia anastatica di un testo anonimo pubblicato a Parma nel 1762, a sua volta traduzione abbreviata dell'*Art de faire le papier* di J.J. DE LALANDE pubblicato a Parigi nel 1761).

La *macchina in tondo* consta di un tamburo di bronzo di oltre 1m di diametro con la superficie laterale costituita da una tela metallica fine (*tamburo creatore*). Il tamburo pesca in una vasca in cui viene introdotto in continuo l'impasto fibroso; l'acqua in eccesso scola nell'interno del tamburo e ciò fa sì che la differenza di livello che si crea tra l'esterno del tamburo, contenente la pasta, e l'interno, contenente l'acqua, imprime la forza di aspirazione necessaria all'aderenza dello strato di carta alla tela. Lo strato di carta che emerge, a seguito della rotazione del tamburo, viene prelevato da un cilindro detto *levatore* sul quale passa un feltro continuo che porta il nastro di carta alle presse umide e infine alla seccheria.

Se la tela del tamburo della macchina in tondo è suddivisa in tanti rettangoli per mezzo di sottili fili di ottone tra loro perpendicolari si ottiene alla fine del processo, in corrispondenza dei fili di ottone, una filigrana dovuta al minore spessore della carta in quei punti. Mediante lo strappo, al termine della parte umida, in corrispondenza di questi segni si ottengono dei fogli con un bordo sfrangiato molto simile a quello che si ottiene con i telai a mano e pertanto la carta così ottenuta viene chiamata *carta a mano-macchina*.

La carta fabbricata a macchina presenta notevoli differenze rispetto a quella fabbricata a mano. I fogli di carta fabbricata a mano utilizzando la «forma» classica (fig. 2) sono praticamente isotropi, cioè le proprietà fisiche non hanno valori diversi a seconda della direzione nella quale sono misurate; la carta fabbricata a macchina invece presenta una netta anisotropia per cui si distinguono due direzioni principali: la *direzione di macchina* (detta anche *longitudinale*), che è parallela alla direzione del movimento del nastro di carta nella macchina continua, e la *direzione trasversale* (o *trasversa*), che è perpendicolare a quella di macchina.

Le caratteristiche fisico-meccaniche della carta fabbricata a macchina perciò sono diverse a seconda che siano misurate in una direzione oppure nella direzione perpendicolare alla prima: in particolare la *resistenza alla trazione* e la *rigidità* sono maggiori nella direzione longitudinale rispetto alla trasversale, mentre la *resistenza alla lacerazione*, l'*allungamento*, l'*idroespansibilità* e l'*igroespansibilità* sono maggiori nella direzione trasversa. Bisogna tenere conto di tutte queste caratteristiche a seconda delle diverse utilizzazioni a cui sarà destinata la carta in esame. Dal punto di vista conservativo il differente comportamento alle sollecitazioni meccaniche provoca una maggiore facilità di lacerazione nella direzione longitudinale.

Parallelamente agli sviluppi tecnologici sulle macchine per la produzione cartaria si sono avuti anche ulteriori modificazioni e sviluppi dei sistemi di raffinazione delle fibre. Abbiamo visto che già l'Olandese aveva introdotto modificazioni sostanziali soprattutto per quello che riguardava una maggiore rapidità del processo che tuttavia restava discontinuo: la pasta raffinata doveva periodicamente essere estratta dall'Olandese per essere immessa nei tini per la carta a mano o essere inviata alla macchina continua.

Verso la metà del 1800 in America vennero usati i primi raffinatori continui come il *Raffinatore conico Jordan* che con varie modifiche si è affermato fino ai nostri giorni. I raffinatori conici constano di una parte conica mobile (*rotore*), munita di lame, ruotante dentro una parte sempre conica, ma fissa, munita di controlame (*statore*). La distanza fra lame e controlame, cioè tra il cono fisso e quello mobile, può essere variata: la pasta entra ed è costretta a passare fra le lame in rotazione subendo in questo modo il processo di raffinazione che è più veloce, ma ancora più drastico di quello dell'Olandese.

Al giorno d'oggi infine si usano, oltre ai raffinatori conici, i *raffinatori a dischi* che adottano più o meno lo stesso sistema di lame e controlame del raf-

finatori conici con la differenza che le lame sono supportate su due dischi di cui uno è fisso mentre l'altro ruota; la pasta fibrosa da raffinare viene ugualmente fatta passare fra lame e controlame.

### *L'evoluzione delle materie prime fibrose*

Abbiamo visto precedentemente che l'invenzione della stampa a caratteri mobili diede un impulso incredibile alla produzione cartaria con l'inevitabile carenza delle materie prime costituite dagli stracci. L'invenzione e il perfezionamento della macchina continua con la velocizzazione del processo di fabbricazione resero ancora più urgente il reperimento di altre materie prime fibrose diverse dallo straccio.

Un aiuto venne dalla scoperta del cloro alla fine del XVIII sec. che, come abbiamo accennato in precedenza, consentì di utilizzare non solo stracci bianchi, ma anche tessuti colorati, mentre l'invenzione della macchina sgranatrice del cotone aveva reso più accessibile dal punto di vista economico la produzione di tessuti con questa fibra e quindi un più facile reperimento di stracci usati.

Nel 1719 il fisico francese René Antoine Ferchault de Réaumur per primo suggerì, durante una comunicazione sull'argomento all'Accademia reale francese, che si poteva ottenere carta anche a partire dal legno.

Nel 1844 si ebbe la prima *pasta legno* ottenuta dalla sfibratura meccanica dei tondelli di legno di abete o di pioppo pressati contro una pietra rotante. Nel 1857 Enrico Volter perfezionò gli sfibratori allora esistenti che furono negli anni successivi ancora più perfezionati e modificati fino ad arrivare ai moderni dischi metallici taglienti.

### *La cellulosa chimica*

La cellulosa è contenuta nel legno insieme ad altre sostanze, dette «non celulosiche»: lignina, emicellulose, resine, gomme. Per separarla si deve sottoporre il legno ad un processo nel quale la cellulosa viene «disincrostata» dalle altre sostanze che, al contrario della cellulosa, si lasciano attaccare facilmente da molti reagenti chimici. Si può comprendere perciò come la carta costituita da cellulosa pura, proprio per la sua buona stabilità chimica, sia molto più resistente nel tempo rispetto a quella contenente lignina o più genericamente contenente pasta meccanica di legno, cioè pasta ottenuta da legno e acqua mediante l'impiego della sola energia meccanica.

Il primi brevetti per la produzione di cellulosa dalla paglia sono del 1854. Il francese Mellier trattò questo materiale con **soda caustica** in bollitori sferici. Anche C. Watt e H. Burgess in Inghilterra estrassero la cellulosa mediante un

liscivio contenente soda caustica in recipienti di ferro alla pressione di qualche atmosfera. Sono questi i primi esempi della produzione di quelle che verranno in seguito chiamate *cellulose chimiche*.

Nel 1864 l'americano Benjamin Tilghman scoprì per caso che dal legno attaccato dall'acido solforoso si otteneva una sostanza soffice e fibrosa: la cellulosa. Nel 1867 egli brevettò il cosiddetto **processo al bisolfito** (processo acido). Il processo consiste in un trattamento del legno con bisolfito di calcio contenente anidride solforosa libera: la lignina viene trasformata in sale dell'acido ligninsolfonico che è solubile in acqua e pertanto eliminabile.

Nel 1872 in Svezia C. Ekman perfezionò il procedimento impiegando bisolfito di magnesio.

Dieci anni dopo nel 1882 il tedesco A. Mitscherlich brevettò un processo simile trattando il legno in autoclave riscaldata indirettamente con vapore, mentre nel 1888 il processo Ritter-Kellner prevedeva la cottura con iniezione di vapore diretto. Dal 1890 il processo al bisolfito è il metodo più impiegato per l'estrazione della cellulosa dal legno.

Nella seconda metà dell'800 vennero sviluppati i **processi alcalini: alla soda e al solfato**. Il legno viene trattato con soda caustica (NaOH) in bollitori a pressione; il liquido alcalino di attacco è detto *liscivio bianco* mentre quello dopo la cottura viene chiamato *liscivio nero*. Alla soda viene aggiunto il 10% di solfuro di sodio per rendere l'azione solvente meno energica e quindi aumentare la resa in cellulosa. Al liscivio esausto si aggiunge carbonato di sodio (**processo alla soda**) o solfato di sodio (**processo al solfato**). Questo secondo metodo, inventato nel 1884 dal polacco Carl F. Dahl, è usato per i bassi costi e perché permette di ottenere una carta meccanicamente molto resistente, anche se scura, tanto da essere chiamata *Kraft* (dal tedesco «forte»).

Il processo «Cataldi-Pomilio», messo a punto nel 1933, è il cosiddetto **processo alla cloro-soda**. Esso comprende tre fasi: un trattamento con soda caustica, uno con cloro gassoso e quindi un lavaggio alcalino. È un processo molto usato per ottenere cellulosa dalla paglia, materiale questo molto diffuso in tutte le regioni italiane e disponibile ogni anno. Il processo è continuo e viene effettuato in una serie di torri.

La pasta meccanica di legno da sola non ha sufficienti «proprietà cartarie», cioè non riesce a formare sufficienti legami tra le fibre per ottenere una buona *feltrazione*: per la fabbricazione del foglio è necessario aggiungere una certa percentuale di pasta di cellulosa. Si miscela perciò la pasta meccanica con la pasta chimica in proporzioni diverse: una pasta molto comune, che serve per la produzione della cosiddetta «carta giornale», contiene dal 50% all'80% di pasta meccanica e il rimanente di cellulosa chimica.

Per migliorare il rendimento di questi processi, dal punto di vista economico, ma certamente non da quello conservativo, si cerca di aumentare sempre di più la quantità di pasta meccanica nell'impasto.

*Le paste semichimiche e la moderne paste ad alta resa*

Per aumentare la resa dei processi di produzione delle paste chimiche sono stati sperimentati molti metodi. Un processo con il quale si ottiene una pasta che si può considerare un prodotto intermedio tra le paste chimiche e quelle meccaniche e che pertanto viene detto *pasta semichimica*, prevede un preventivo blando trattamento chimico, per eliminare solo in parte i componenti non celulosici, seguito da un trattamento meccanico per separare le fibre.

Quando le paste semichimiche sono ottenute mediante l'utilizzazione, con opportune modifiche, degli stessi impianti impiegati per la produzione delle cellulose chimiche, si parla di «cellulose chimiche ad alta resa», mentre quando vengono utilizzati impianti *ad hoc* si parla di paste semichimiche vere e proprie.

Tenendo conto che le tradizionali paste chimiche al bisolfito o al solfato hanno normalmente un basso rendimento (45-55%), mentre le paste meccaniche un alto rendimento (90-95%), ricapitolando e precisando questa terminologia piuttosto complicata, e non ancora strettamente definita poiché si tratta di processi in continua evoluzione, si possono considerare:<sup>4</sup>

- *paste chimiche ad alto rendimento* (con il rendimento del 55-70%); sono ottenute con processi al solfito e al solfato opportunamente modificati;
- *paste semichimiche* propriamente dette (con un rendimento del 65-85%);
- *paste mecano-chimiche* (con un rendimento del 90-95%); il rendimento elevato dimostra che solo la parte più solubile delle emicellulose viene eliminata e che anche una certa quantità di lignina rimane praticamente inalterata.

A causa dei problemi legati all'inquinamento degli scarichi industriali negli ultimi decenni vi è stata una notevole diminuzione nella produzione delle paste semichimiche (i liscivi di fabbricazione sono troppo poveri di sostanze organiche per poter essere bruciati, ma troppo concentrati per poter subire un trattamento biologico di depurazione) con una rivalutazione delle paste meccaniche. I notevoli progressi tecnologici hanno fatto sì che le moderne paste meccaniche differiscano notevolmente da quelle del passato, decisamente troppo scadenti dal punto di vista della qualità cartaria. La necessità di ricavare dal legno la maggior quantità possibile di materiale per l'uso cartario, consentendo in questo modo una limitazione nel consumo di esso, ha portato all'utilizzo di una grande

<sup>4</sup> MARTIN G., *Le Papier*, «Que sais-je?», n° 84, Paris, Presses Universitaires de France, 1970, p. 37.

varietà di paste che vanno dalle paste meccaniche e termomeccaniche, alle moderne chemitermomeccaniche che si possono definire «paste ad alta resa».

Attualmente *la pasta meccanica o pasta legno* può essere ottenuta dalla sfiabratura del legno mediante l'uso di una mola o di un «raffinatore», che in questo caso non esercita la funzione di vera e propria raffinazione, ma semplicemente di separazione delle fibre. Nel primo caso la temperatura sale per attrito per cui il legno deve essere previamente bagnato con acqua; nel secondo caso il legno, già ridotto in minuzzoli e bagnato, viene introdotto ad alta temperatura in un raffinatore (che sarebbe più corretto definire «apritore») sotto pressione.

Dagli anni 70 del nostro secolo si sono sviluppate nuove tecniche di lavorazione per ottenere dal legno rese sempre più elevate e prodotti con migliori caratteristiche qualitative dell'impasto fibroso. Come già detto la pasta termomeccanica (TMP) si ottiene, con buoni vantaggi rispetto al semplice trattamento meccanico, sottoponendo i minuzzoli di legno ad un trattamento con vapore per ammorbidire le fibre; se oltre all'acqua viene aggiunto un reattivo chimico specifico (ad esempio uno sbiancante), con costi maggiori, ma con una migliore qualità del prodotto tanto da non riuscire «ad occhio» a distinguere questa pasta da quella di cellulosa, si ottiene la cosiddetta pasta chemitermomeccanica (CTMP).

Oggi è possibile, modificando opportunamente i vari processi, ottenere tutta una gamma di impasti fibrosi che vanno dalla pasta meccanica fino alla pasta di cellulosa chimica con l'ottimizzazione delle caratteristiche necessarie a seconda dell'impiego al quale la carta sarà destinata. Ad esempio l'industria della stampa, con riferimento particolare alla carta per giornali, ha a disposizione carte ottenute da paste ad alta resa con un buon grado di bianco e con una buona opacità che sono i requisiti indispensabili per una buona stampabilità. Rimane tuttavia ancora aperto il problema della conservazione della carta allestita con i tipi di paste più moderni: in altre parole, le proprietà fisico-chimiche (bianchezza, resistenza alla piegatura e allo strappo, opacità, ecc.), che sono buone al momento della fabbricazione e del primo utilizzo, al fine di soddisfare anche le esigenze conservative dovrebbero mantenersi tali per lungo tempo.

Gli ultimi studi nel campo della ricerca di materie prime alternative al legno considerano il riciclo dei residui agricoli (potature di olivi e tralci di vite, gusci di nocciole, ecc.). Questi materiali però creano talmente tante difficoltà a causa della scarsa idoneità all'utilizzazione nel settore cartario, da non rendere economicamente consigliabile l'uso di essi. L'unica eccezione, sempre tra i residui agricoli, è costituita dalla paglia di cereali anche se negli ultimi anni i problemi relativi al difficile disinquinamento delle acque reflue hanno ridotto di molto l'utilizzo di questo materiale.

### *Le fibre da recupero*

Non si può infine non ricordare le cosiddette «fibre da recupero», cioè quelle ottenute dal riciclo di carta già utilizzata.

La carta, con la sola eccezione dei Cinesi che utilizzarono fibre vegetali vergini, «nasce» come materiale di trasformazione da altri materiali di scarto: stracci, ritagli di rifilatura o carte difettose; ma per considerare i primi tentativi di riutilizzo di carta già adoperata per la scrittura, cioè il primo riutilizzo di carta inchiostrata, è necessario arrivare alla fine del XVII sec.

Attualmente la carta da macero o da riciclo viene spappolata in acqua per l'allontanamento delle impurezze e quindi sottoposta ad energici trattamenti chimici per la sua disinchiostrazione. Si può facilmente comprendere come il prodotto ottenuto sia pessimo dal punto di vista conservativo, dato che i vari processi di recupero tendono a frammentare meccanicamente e chimicamente notevolmente le fibre (ogni trattamento di recupero comporta una perdita di fibra del 20-24% in modo che dopo 4 o 5 recuperi il materiale non riesce più a «fелtrare» e quindi non è più utilizzabile per la produzione di carta) anche se gli ultimi studi su questo argomento stanno portando a significativi sviluppi dal punto di vista qualitativo.

Dopo un primo facile entusiasmo legato alla speranza di poter risparmiare il legno, e quindi limitare l'abbattimento degli alberi, si è compreso che anche dal punto di vista ecologico l'utilizzo delle fibre da recupero non è scevro da inconvenienti: oltre la bassa qualità della fibra, a meno di non prevedere una preselezione del materiale da macero, cioè una sua «nobilitazione», gli stessi sistemi di disinchiostrazione possono portare alla formazione di composti particolarmente inquinanti.

Gli scarti della carta o del cartone dell'industria cartaria sono in genere ridotti in pasta con un semplice spappolamento a freddo, a caldo o con l'aggiunta di particolari sostanze per favorire l'operazione, a seconda del materiale di partenza. La carta stampata invece viene trattata a caldo con un liscivio alcalino contenente emulsionanti adatti a staccare l'inchiostro da stampa dal supporto cartaceo. Le particelle di inchiostro vengono allontanate mediante la formazione di schiuma che, inglobando le particelle di pigmento, le separa meccanicamente con un processo di *flottazione*. La sbianca della cartaccia viene effettuata con cloro e suoi derivati o con perossidi (o idrosolfiti) a seconda che non contenga, oppure contenga, pasta meccanica di legno.

L'uso degli adesivi *hot melt* e di inchiostri a base acquosa, se da una parte snellisce ed economizza il processo di stampa, complica notevolmente il processo di disinchiostrazione. Il necessario maggior uso di sbiancanti crea ulteriori problemi di inquinamento tanto che ormai la carta con fibre di riciclo non viene più chiamata «ecologica».

Attualmente gli enormi problemi ambientali legati alla deforestazione indi-



scriminata e allo smaltimento dei rifiuti, impongono all'industria cartaria di privilegiare l'impiego di cellulosa ricavata da piante a ciclo annuale e, quando possibile, il riciclo dei materiali. Purtroppo gli interessi economici e/o ambientali sono ancora in contrasto con i requisiti di stabilità e durabilità della carta; una seria ricerca finalizzata potrebbe arrivare a conciliare queste due posizioni, cioè potrebbe, con l'ottimizzazione delle varie fasi dei processi industriali, arrivare alla conciliazione dell'interesse conservativo con quello economico. Un esempio significativo è costituito dalla produzione della carta alcalina che sembrava un primo tempo legata solamente a intenti conservativi; con l'ottimizzazione delle varie operazioni e fasi del processo (uso del carbonato di calcio micronizzato, collatura neutra con alchilcheteni, ecc.) è diventata oggi decisamente favorevole anche dal punto di vista economico tanto da essere già in produzione in numerose cartiere.

#### BIBLIOGRAFIA ESSENZIALE

- ATICELCA (ASSOCIAZIONE ITALIANA PER LA CELLULOSA E LA CARTA), *Introduzione alla fabbricazione della carta*, Milano, ed. ATICELCA, 1992.
- BASANOFF A., *Itinerario della carta / Dall'Oriente all'Occidente e la sua diffusione in Europa*, Milano, Il Polifilo, 1965.
- BOTTO-MICCA G., GRANDIS E., *Estratto dall'Enciclopedia della stampa/Carta*, Torino, S.E.I., 1969.
- DE LALANDE J.J., *L'art de faire le papier*, Paris, 1761.
- E.N.C.C. (ENTE NAZIONALE CELLULOSA E CARTA), *Conoscere la carta*, Roma, ed. E.N.C.C., 1987.
- EVES I., *Manuale della carta*, vol. 1 e vol. 2, Milano, Tecniche nuove, 1990.
- GIANNI E., *Carte, cartoncini, cartoni*, Milano, U. Hoepli, 1959.
- GRANT J., *A Laboratory Handbook of Pulp and Paper Manufacture*, London, Edward Arnold L.T.D., 1961.
- HUNTER D., *The History and Technique of an Ancient Craft*, London, The Cresset Press, 1957.
- MARTIN G., *Le Papier*, «Que sais-je?», n° 84, Paris, Presses Universitaires de France, 1970
- Osservazioni intorno all'arte di fabbricare la carta*, copia anastatica dell'ediz. del XVIII sec. della Biblioteca Palatina di Parma, Milano, Il Polifilo, 1962.

PAOLO AMAT DI SAN FILIPPO (\*)

## **L'Industria Chimica Italiana dal 1861 al 1911 (\*\*)**

### **Italian Chemical Industry from 1861 to 1911.**

**Summary** - Development of Italian Chemical Industry, in this period, was strictly connected with the financial sources, with the developing foreign technology, mainly that of Germany, and with the growth of technical and industrial education of Italian people. Chemical Industry grew slowly, first fertilizers were produced, then explosives, cements, electrochemical, thermochemical, and metallurgical products, beside some connected with the Italian agricultural tradition.

L'Industria Chimica, in Italia, sorse più tardi e si sviluppò più lentamente che negli altri paesi europei, per molti motivi. Prima dell'Unità d'Italia, che fu proclamata il 4/5/1860 anche se non era ancora stata risolta la «Questione Romana», tutte le risorse, finanziarie, intellettuali ed umane erano impegnate per il conseguimento di questo alto fine; poca attenzione pertanto era riservata all'Industria Chimica. Accanto alle Manifatture di Stato, che prevalentemente producevano armi e Polvere da Sparo, esistevano però, grazie anche ad alcuni pionieri illuminati, alcune piccole fabbriche chimiche private, a carattere per lo più artigianale. Erano tali l'industria solfifera siciliana, operante da epoca immemorabile; quella dell'Acido Borico e del Borace, creata in Toscana nel 1815 da Francesco de Lardere; quella di Vittorio Felice Sclopis che fin dal 1812 produceva, a Torino, Acido Solforico, Solfato Ferroso e Allume di Rocca; quella del Farmacista Giovan Battista Schiapparelli che, sempre a Torino produceva Acido Solforico ed Allume fin dal 1829; quella di Francesco Fornara che, a Milano, dal 1846 produceva Acido Solforico; e quella di Antonio Biffi che, sempre a Milano dal 1856 produceva Acido Solforico; e ancora quella di Giuseppe Can-

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

(\*\*) Relazione presentata al VI Convegno Nazionale di «Storia e Fondamenti della Chimica» (Cagliari, 4-7 ottobre 1995).

diani che, sempre a Milano dallo stesso anno produceva coloranti al mordente ed altri composti chimici.

L'economia italiana, fundamentalmente agricola, nel Nord era gestita diversamente che nel Sud. Nella pianura padana l'agricoltura, di tipo capitalistico, produceva per il mercato, allevava il bestiame, coltivava il riso, e si serviva di salariati fissi. Nelle zone collinari, dove prevaleva la piccola proprietà contadina, la coltura del gelso aveva reso possibile l'allevamento del Baco da Seta ed il conseguente sviluppo dell'industria serica. Nel Sud vigeva sempre il latifondo; dopo che il Governo Sabauda aveva eliminato le proprietà feudali ed ecclesiastiche, sui terreni delle istituzioni abolite si era creata una nuova proprietà borghese; molti commercianti, appaltatori di monopoli statali, impresari, ed anche banchieri, avevano, infatti, investito i loro cospicui guadagni acquistando dallo Stato le proprietà già feudali o ecclesiastiche; alcuni di essi, cittadini stranieri, operavano in proprio o per conto di società estere.

L'agricoltura, nel Sud, condotta prevalentemente a «Colonia» o a «Mezzadria», era di tipo estensivo più che intensivo, e la produzione supportava appena una economia di sussistenza. Le Esposizioni Internazionali di Londra del 1862, di Parigi del 1867, e di Vienna del 1873, avevano evidenziato che, mentre le industrie manifatturiere italiane avevano fatto notevoli progressi, allineandosi con le corrispondenti straniere, l'industria chimica era ancora rappresentata dallo Zolfo siciliano, gestito in buona parte dalla «Anglo Sicilian Sulphur Company», dall'Acido Borico e derivati della società del francese De Lardereel, e da alcuni estratti vegetali usati per la tintura o per la concia. All'Italia mancavano, perché potesse sorgere una grande Industria Chimica, la Cultura, le Risorse, e le Infrastrutture. La Cultura, a quel tempo riservata alla classe aristocratica, borghese e mercantile, era per lo più classica, umanistica, giuridica, o medica; poche nozioni di Chimica venivano impartite nei corsi universitari di Medicina e Farmacia, o di Filosofia ed Arti. Quei pochi che possedevano una preparazione chimica aggiornata, anche se solo accademica, l'avevano acquisita all'estero, quando erano dovuti emigrare, per le loro idee, dai varii Staterelli che allora costituivano l'Italia, per sfuggire a quelle polizie politiche; come, per esempio, Cannizzaro e Malaguti. La stessa didattica chimica verteva, nelle Università, più sull'analisi e la sintesi che sui processi industriali. Nonostante il Governo Sabauda avesse reso obbligatoria l'istruzione elementare, il livello culturale del Popolo era molto basso, insufficiente per fornire maestranze per l'industria chimica.

Scarse erano, in Italia, le Risorse: inesistenti i combustibili; i carboni fossili dell'Arsa e del Sulcis non essendo all'altezza di quelli esteri. I salti d'acqua utilizzabili come forza motrice si trovavano, prevalentemente, nel Settentrione o nel Centro della Penisola.

Anche le Risorse Finanziarie dell'Italia erano scarse; le Guerre d'Indipendenza, ed in particolare la seconda, conclusasi, nel 1866, con le sconfitte di Lissa e di Custoza, avevano consumato capitali e uomini; le instabilità di governo e le

tensioni politico-sociali del Regno faticosamente unificato sconsigliavano, inoltre, gli stranieri dall'investirvi i loro capitali. Le Infrastrutture, seppur di basso livello, erano prevalentemente nel Nord, dove le reti stradale e ferroviaria erano più estese e funzionali. L'Italia Settentrionale, grazie alla più facile osmosi con i Paesi d'Oltralpe, presentava le condizioni più favorevoli per lo sviluppo dell'Industria Chimica; qui era infatti più facile trovare persone che allo spirito imprenditoriale associassero anche capacità manageriali. Dopo il 1882, a seguito della stipula, tra l'Italia, l'Austria, e la Germania, dell'alleanza nota come la «Triplice Intesa», banche tedesche quali la Dresdner Bank, finanziarono le nuove intraprese industriali italiane. Per finanziare l'industria italiana furono create anche banche d'affari, italiane, ma a capitale straniero; fra queste la Banca Commerciale Italiana ed il Credito Italiano iniziarono la loro attività rispettivamente nel 1894 e nel 1895. Il più facile accesso al credito, l'osmosi di idee, e l'apporto tecnologico tedesco stimolarono l'industria italiana, soprattutto quella chimica di cui verranno menzionate alcune realizzazioni.

*Acido Borico e Borace* — L'Acido Borico, individuato nei Soffioni di Cerchiaio a Monterotondo, già nel 1776 dal Direttore delle Spezierie del Granduca di Toscana Leopoldo I, Uberto Francesco Hofer, fu recuperato fin dal 1815 dal francese Francesco de Larderel che nel 1837 utilizzò il vapore degli stessi soffioni per concentrare le soluzioni boriche. La produzione d'Acido Borico oscillò, negli anni 1892-1906, tra le 1.100 e le 3.500 Ton.; quella del Borace tra le 500 e le 1.800 tonnellate. A seguito della scoperta dei giacimenti boraciferi della California e dell'evoluzione tecnica dello sfruttamento degli stessi da parte degli americani, anche questa attività italiana entrò in crisi.

*Gas di Carbone Fossile* — Un'industria chimica che ebbe successo fu quella del «Gas Illuminante» e del «Gas di Città». Il Gas di Carbon fossile, sia come «Gas di distillazione», «Gas d'acqua», o «Gas d'aria», è stato forse l'elemento che maggiormente contribuì allo sviluppo civile delle Nazioni nella prima metà del XIX Secolo. L'adozione, nelle varie Città d'Italia, del sistema di illuminazione a gas, iniziato intorno agli anni 30 del 1800, si concluse nei primi anni del 1900, quando fu introdotta l'illuminazione elettrica con le lampade ad incandescenza Edison. Con l'adozione della luce elettrica, il gas di Carbon Fossile continuò ad essere usato per uso termico industriale e domestico, e ciò fino all'avvento, ai giorni nostri, del G.P.L. Nella maggior parte delle Città italiane, a parte qualche azienda «Municipalizzata», le «Officine del Gas» funzionavano con tecnologie e capitali tedeschi o inglesi. La potentissima società inglese «Imperial Continental Gas Association» ne controllava moltissime, in tutta Europa. In Italia, nel 1910-11 le «Officine del Gas» erano 220; la produzione di «Gas di Città» nel 1905 fu di 166 milioni di mc. La produzione variava dai 30.000-50.000 mc/anno delle piccole città come Chivasso, ai 68.000.000 mc/anno delle grandi città come Milano.

*Metalli* — Una certa importanza ebbe, nella seconda metà dell'800, l'industria minero-metallurgica prevalentemente a capitale straniero. Tutto il Piombo e lo Zinco prodotto in Italia proveniva da minerali sardi; lo Zinco termico venne prodotto per la prima volta, nel 1899 a Monteponi, in Sardegna con un forno belga-slesiano da 240 Muffole. I costi di produzione dello Zinco, in Italia, erano superiori a quelli del Belgio e della Slesia, perché in questi Paesi era più basso il prezzo del combustibile e maggiore la produttività della manodopera. Il primo impianto per la produzione di rame elettrolitico, della Società Anonima Italiana di Miniere di Rame e di Elettrometallurgia di Genova, entrato in funzione nel 1882 a Casarza, ebbe vita breve; la metallurgia termica dello stesso metallo, invece, realizzata nel 1887 a Livorno dalla Società Metallurgica Italiana, ebbe maggior successo; questa Società nel 1900 realizzò il primo impianto pilota di raffinazione elettrolitica del rame termico. A Cagliari, già nel 1881, un piccolo impianto della Società Chimica di Monte Mixi produceva rame metallico per cementazione dalle locali piriti cuprifere.

L'industria del Mercurio, dal Cinabro del Monte Amiata iniziò nel 1893; il Cinabro veniva arrostito in forni a muffola Nathan Spirek e forni a legna Cermak Spirek; la produzione di Mercurio fu, nel 1894, di 273 tonnellate, che salì nel 1911 a 955 tonnellate.

Fino al 1860 l'industria siderurgica era poco sviluppata; i 49 altiforni esistenti, tutti a carbone vegetale, erano localizzati nelle valli montane dove, oltre al minerale ferroso, era reperibile il combustibile e la forza motrice dei corsi d'acqua. Nel 1881 esistevano 16 forni, nel 1886 11. Con l'adozione, del coke, gli altiforni furono costruiti in prossimità del mare per un più facile approvvigionamento del combustibile di provenienza estera; accanto agli altiforni sorsero anche le cokerie. La produzione di ghisa, dalle 28.000 tonnellate del 1881, passò alle 143.000 del 1905; quella dell'acciaio, che nel 1860 non superava le 5.000 tonnellate, salì a 600.000 Tonn. nel 1909. Nel 1870 entrò in funzione, all'Ilva di Piombino, il primo forno Martin; il secondo entrò in funzione, nel 1884, alla Glisenti di Brescia, e il terzo entrò in funzione, nello stesso anno, a Pont Saint Martin in Val d'Aosta. Il primo altoforno a coke, da 25 Tonn./giorno, entrò in funzione a Piombino nel 1899 a seguito della concessione ventennale, all'Ilva, dei giacimenti ferriferi dell'Elba. Nel 1909 Piombino, Portoferraio, e Bagnoli, erano dotate di forni da 200 Tonn./giorno. L'acciaieria di Terni iniziò nel 1886 con cinque forni Martin da 29 Tonn. e due convertitori Bessmer da 10 Tonn. Nel 1888, a Milano, la «Fonderia Milanese di Acciaio» con due convertitori Roberts da 1 Tonn. produsse per la prima volta manufatti in acciaio fuso.

Non si può parlare dello sviluppo della Industria Chimica senza fare menzione delle istituzioni didattico-scientifiche che, sviluppatesi in parallelo, crearono il sostrato culturale per questa. Dopo la «Società di Incoraggiamento d'Arti e Mestieri» sorta a Milano nel 1838 per fornire un supporto scientifico alle attività manifatturiere, furono istituiti, nel 1863: a Milano, il Regio Istituto Tecnico

Superiore che successivamente prese il nome di Politecnico, e a Torino la Scuola di Applicazione per Ingegneri.

L'Istituto Tecnico Superiore di Milano, articolato nelle sezioni civile e meccanica, mirava ad impartire ad allievi particolarmente dotati, autonomamente ed indipendentemente dall'Università, una preparazione differenziata e specializzata che potesse soddisfare, sul modello delle scuole politecniche di Berlino, Karlsruhe, Stuttgart, Hannover, Dresda e Zurigo, le nuove esigenze tecnico-scientifiche della nascente industria italiana. La Sezione Meccanica dell'Istituto Superiore di Milano, potenziando gli insegnamenti di Chimica e di Tecnologia, diede origine, nel 1868, alla Scuola per Ingegneri Industriali; da questa, nel 1899, gemmò la sottosezione per Ingegneri Chimici. Questa sottosezione disponeva di laboratori e di centri sperimentali finanziati dalle industrie, e poteva disporre ancora delle importanti raccolte scientifiche del Museo Civico di Storia Naturale, e delle preziose collezioni tecniche della Società di Incoraggiamento d'Arti e Mestieri e dell'Istituto Lombardo di Scienze, Lettere ed Arti. Grazie ai finanziamenti privati, che sostituivano quelli statali insufficienti, furono istituiti: nel 1895 un laboratorio per le ricerche sulla carta, nel 1898 uno sui materiali da costruzione, nel 1900, ad opera di Luigi Gabba e di Guglielmo Körner, una scuola di elettrochimica, nel 1906 una scuola-laboratorio per gli olii e i grassi, e nel 1908 una per la carta e le fibre tessili. Nelle scuole-laboratorio, di giorno si tenevano i corsi per gli allievi ingegneri, di sera si tenevano quelli di istruzione e di specializzazione per operai e tecnici.

Sull'esempio dell'Istituto Tecnico Superiore milanese, nel 1868 a Torino, dove già esisteva la «Scuola di Applicazione per Ingegneri», fu istituito il «Museo Industriale», per potenziare anche in Piemonte gli studi applicati all'industria. In questa Scuola-Museo insegnò Chimica Tecnologica, prima di andare a insegnare al Politecnico di Zurigo, l'allievo di Gerhardt Emil Kopp. A Torino vi erano anche: il Regio Istituto Tecnico nel quale insegnarono chimici quali Giacomo Arnaudon, Ascanio Sobrero, e Vincenzo Fino, e la Scuola Chimica Cavour che ebbe come docenti lo stesso Fino e Benedetto Porro.

A Firenze il Museo di Storia Naturale si trasformò nell'Istituto Superiore di Perfezionamento.

L'interesse per la Chimica Agraria, suscitato dalla pubblicazione in Italia delle opere di Justus von Liebig e di Giorgio Ville, portò alla istituzione nelle Università di Milano, Torino, Bologna, Pisa, Ferrara, Siena, di corsi e di laboratori di Chimica Agraria; e alla fondazione, in quasi tutte le Città, degli Istituti Tecnici Agrari. Nel 1906, visto il successo riscosso dal Politecnico di Milano, dalla fusione del «Museo Industriale» con la Scuola di Specializzazione per gli Ingegneri, nacque anche quello di Torino.

*Fertilizzanti e anticrittogamici* — L'acquisizione, anche in Italia, dell'importanza dalla fertilizzazione, promosse la produzione dei concimi chimici. La prima

fabbrica di perfosfato sorse a Milano, nel 1867, ad opera di Angelo Curlotti; essa utilizzava le ossa dei macelli della Lombardia; a Torino, tuttavia già nel 1860 Luigi Fino aveva prodotto fertilizzanti da cascami di macelleria. La produzione di perfosfati era legata a quella dell'Acido Solforico prodotto con le Camere di Piombo. Questo, in un primo tempo fu prodotto dallo Zolfo, poi dalla Pirite che risultò più economica in quanto permetteva un risparmio del 20% rispetto a questo. La Pirite veniva bruciata, prima nei forni Maletra, successivamente nei forni Herreschoff e Kaufmann. Pioniere dell'impiego della Pirite fu il torinese Federico Sclopis che fin dal 1839 bruciò, nel suo impianto di Torino, le Piriti di Brosso. La crescente richiesta d'Acido Solforico indusse la Società Anonima delle Miniere di Montecatini, nata nel 1888, a potenziare la coltivazione dei giacimenti di Pirite di Boccheggiano, in Toscana, al punto che dal 1910, sotto la guida di Guido Donegani, controllò l'intera produzione italiana di Pirite. Questa crebbe dalle 15.000 tonnellate del 1890 alle circa 93.000 tonnellate del 1902; le Piriti importate dalla Spagna, però, risultarono sempre più convenienti.

A Milano i pionieri della produzione d'Acido Solforico furono i già citati Francesco Fornara (1845), Antonio Biffi e Giuseppe Candiani (1856). La produzione italiana di Acido Solforico (66 Bé) passò dalle 71.500 tonnellate del 1894, alle 596.150 del 1911. Prima della Prima Guerra Mondiale l'80% dell'Acido Solforico prodotto veniva utilizzato per la preparazione dei Perfosfati; l'industria degli esplosivi e le altre branche dell'industria chimica ne consumavano solo 18.000 tonnellate. I perfosfati prodotti ancora a livello artigianale dalle fabbriche di Milano e di Torino, non trovando acquirenti in Italia nel 1880, dovevano essere venduti a Marsiglia. Al consolidarsi, però intorno al 1883, della cultura chimico-agrafia e col diffondersi, almeno nell'Italia Settentrionale, della pratica della fertilizzazione chimica, iniziò la richiesta interna di fertilizzanti. Negli anni 1910-11 120 fabbriche producevano fertilizzanti. La accesa concorrenza fra i produttori creò uno stato di crisi, per superare il quale soprattutto coloro che disponevano di solide risorse finanziarie, si consorziarono, o si associarono, fagocitando o eliminando i più deboli. La sola Associazione Italiana fra Consumatori e Fabbrianti di Concimi produceva, nel 1904 nei suoi 16 stabilimenti, più di 200.000 Tonnellate di concimi chimici l'anno. Nel 1910 due Società: l'Unione Italiana Concimi e Prodotti Chimici e la Società Prodotti Chimici Colle e Concimi, conquistarono il monopolio italiano della produzione e della commercializzazione di fertilizzanti. L'importante ruolo che i fertilizzanti giocavano nell'economia nazionale incoraggiava gli investimenti in quest'industria. L'Unione Italiana tra i Consumatori e Fabbrianti di Concimi e Prodotti Chimici, per esempio, annoverava fra i suoi finanziatori: la Banca Commerciale Italiana, il Credito Italiano, la German Bank of London, l'Anseatic Bank e l'Anglo-Austrian Bank di Londra, la Banca Popolare di Vicenza, il Banco Ambrosiano di Milano, la Banca Agricola Industriale di Casale Monferrato, la Banca di Mondovì Jermina

e Battaglia, la Banca Popolare di Padova, la Banca Popolare di Este, e la Banca Agricola Milanese.

La produzione di perfosfati dalle 85.715 tonnellate del 1894 salì, nel 1903 a 451.000 tonnellate.

La produzione di Solfato Ammonico, ottenuto in vari modi, passò dalle 2.967 tonnellate del 1901 alle 8.700 del 1911. I fertilizzanti chimici prodotti, compresi gli azotati ed i potassici, passarono, complessivamente, dalle 440.537 tonnellate del 1902, alle 945.000 tonnellate del 1911. Fino al 1912 tutto l'Acido Nitrico italiano proveniva dal Nitro del Cile; in seguito venne prodotto per ossidazione dell'azoto dell'aria all'arco elettrico; la produzione salì dalle 1.990 Ton. del 1893 alle 9.000 tonnellate del 1911.

Quando fu nota l'azione anticrittogamica del Rame, l'Agricoltura richiese i composti cuprici per cui le fabbriche si moltiplicarono; la produzione del Solfato di Rame salì, pertanto, dalle 881 tonnellate del 1893, alle 43.626 tonnellate del 1911. In Lombardia c'erano 3 fabbriche, a Milano e alla Bovisa; in Piemonte 4, a Torino, a Vercelli, a Casale Monferrato e a Spinetta Marengo; nel Veneto una a Vicenza; in Liguria 3, due a Bolzaneto e una a Riva Trigoso; in Toscana 3, a Rifredi, a Schiantapetto e a Pescia; negli Abruzzi una a Torrepasseri; in Campania una a Bagnoli.

*Elettrochimica e Prodotti al Forno elettrico* — L'adozione dell'energia elettrica, oltre a permettere l'illuminazione delle città, diede impulso all'industria termo- ed elettrochimica. Il surplus di energia elettrica, infatti, conseguente al gran numero di centrali idro- o termo-elettriche entrate in funzione nel Paese, grazie ai finanziamenti di Società estere quali la tedesca Siemens che forniva anche i generatori, poteva venir proficuamente utilizzato dall'industria chimica nei processi al forno elettrico o elettrolitici. Si incominciò pertanto a produrre Carbuo di Calcio, Calciocianamide, Carbuo di Silicio, Ferrosilicio, Soda Cautica, Cloro, Ipclocloriti e Clorati.

La «Società Italiana pel Carbuo di Calcio, Acetilene, ed Altri Gas», nei suoi stabilimenti di Papigno e Collestatte presso Terni, con forni della Società tedesca Siemens-Halske dotati di elettrodi Söderberg, iniziò a produrre Carbuo, nel 1898, in forni da 300-500 kW che consumavano 4.500 kWh per tonnellata di prodotto. La produzione salì dalle 2.800 tonnellate del 1900 alle 36.515 tonnellate del 1910; col perfezionamento dei forni il consumo di energia elettrica scese a 3.000 kWh. Lo stabilimento di Terni da solo, nel 1903, produceva giornalmente 50 Ton. di Carbuo. La produzione di Carbuo a prezzi accessibili rese disponibile per svariati usi l'Acetilene, e permise la produzione della Calciocianamide. Questa fu prodotta per la prima volta, in Italia nel 1906, nello Stabilimento di Piano d'Orte della «Società Generale per la Cianamide» consociata della «Società Italiana pel Carbuo di Calcio».

Questa Società, affiliata alla Siemens Halske e finanziata dalla Deutsche



Bank utilizzò, inizialmente, il processo Frank-Caro della Cyanid Gesellschaft e successivamente quello Polzenius della Gesellschaft für Stickstoffdüngen. A Piano d'Orte veniva prodotto per liquefazione dell'aria, con apparecchiature della «Gesellschaft für Linde's Eismaschinen» di Monaco, anche l'Azoto necessario per la sintesi della Calciocianamide; ne venivano prodotti 50 mc/h. La produzione contemporanea di Ossigeno promosse la diffusione della tecnica di saldatura ossiacetilenica dei metalli.

La Calciocianamide, oltre a costituire di per se un fertilizzante azotato, permetteva la preparazione industriale dell'Ammoniaca che prima veniva ricavata esclusivamente dalle acque basiche delle «Officine del Gas». La produzione di Calciocianamide, che nel 1906 fu di 350 tonnellate, crebbe nel 1911 a 4.000 Ton.

Il Carbuco di Silicio o «Carborundum» che, oltre a servire da refrattario nella metallurgia dello Zinco, permetteva la fabbricazione dei resistori per forni elettrici ad alta temperatura, costituì anche la materia prima per l'industria degli abrasivi.

Negli anni 1907-08 furono prodotte anche 850 tonnellate di Ferrosilicio.

Dal Carbuco di Bario, preparato nel 1904 dalla Società Industriale Elettrochimica di Pont Saint Martin, potevano venir preparati tutti i sali di Bario in alternativa al processo via Solfuro. La produzione di Solfuro di Bario passò dalle 1.965 tonnellate del 1907 alle 1.188 del 1911; quella dell'Idrossido, usato fino al 1903 per la baritazione dei melassi di bietola, passò dalle 3.515 tonnellate del 1902 alle 4.800 del 1908. Il BaO fu prodotto anche trattando il carbonato, al forno elettrico; la produzione del carbonato passò dalle 6 tonnellate del 1892 alle 455 del 1907, e scese poi nel 1910 a 42 tonnellate.

Nei primi anni del 1900 le centrali idroelettriche erano situate prevalentemente nell'Italia Settentrionale più ricca di corsi d'acqua; in seguito ne sorsero anche nell'Italia Centrale, in Abruzzo utilizzando le acque del Pescara, e nel Lazio quelle dell'Aniene. Anche in quelle regioni iniziò pertanto l'elettrochimica. A Bussi, in Abruzzo, dove nel 1903 iniziò a produrre un impianto Cloro-Soda della potenzialità di 2.500 tonnellate di Soda Caustica, nel 1911 ne furono prodotte 3.341 tonnellate. Qui furono prodotte, negli anni 1907-1911, anche 200 tonnellate annue di Clorato di Sodio, mentre circa 500 tonnellate di Clorato Potassico, utilizzato totalmente per la fabbricazione dei fiammiferi, furono invece prodotte annualmente dal 1910 dalla Società Elettrochimica Rossi di Legnano. Sempre a Bussi, nel 1904, fu costruito dalla «Società Italiana dell'Alluminio», finanziata della Dresdner Bank, un impianto elettrometallurgico per la produzione di Alluminio che entrò in funzione solo nel 1907.

Nel 1906 la «Società Elettrica ed Elettrochimica del Caffaro», fondata nel 1904 nel Bresciano, produsse 132 Tonnellate di Soda Caustica e 1.291 tonnellate di «Cloruro di Calce».

La produzione italiana di Soda elettrolitica sali dalle 2.500 tonnellate del 1903 alle 3.341 del 1911; quella di «Cloruro di Calce» (al 32% di cloro libero)

si aggirò, negli stessi anni, sulle 5.000 tonnellate. La Soda Caustica veniva prodotta solo in soluzione; allo stato solido fu prodotta solo dal 1912. Le celle elettrolitiche erano del tipo Castner-Kellner.

Nel 1912, in Italia, solo 1.600 Comuni disponevano di energia elettrica; nel decennio 1888-1908 furono attivate ben 5.364 centrali elettriche per complessivi 436.000 kW; il consumo di energia elettrica, negli anni 1909-1910 fu di 1.285.223.946 kWh.

*Cementi* — L'industria del Cemento si sviluppò, a partire dal 1850, per superare alla crescente richiesta di leganti idraulici necessari per le grandi costruzioni ferroviarie che stavano realizzandosi in Italia. Poiché già precedentemente il Monferrato e il Bergamasco, producevano grandi quantità di Calce Idraulica, il passaggio dalla Calce Idraulica al Cemento Portland fu scontato. Nel Monferrato era possibile utilizzare, per produrre il Cemento, anche quelle marne che per il loro elevato tenore in argilla non erano utilizzabili per la preparazione della Calce Idraulica. La prima cementeria italiana, della Società Anonima Fabbrica di Calce e Cementi di Casale Monferrato, produsse Cemento, nel 1870, cuocendo marne naturali, in un primo tempo in fornaci tipo Aspdin, ed in un secondo tempo in fornaci tipo Hoffmann. La produzione casalese salì dalle 50 Tonnellate del 1876 alle 210.000 degli anni 1901-1903. Concorrente delle Cementerie casalesi, fu la Società Italiana Cementi di Bergamo, la quale dal 1872 produsse Cemento cuocendo, in mancanza di marne adatte, miscele di argilla e calcare. Queste più importanti produttrici di Cemento concorrenti negli anni 1880-1890, diedero origine, nel 1906, alla Unione Italiana Cementi che produsse Cementi speciali e di miscela.

Poiché famosi Chimici e Fisici, dello stampo di: Le Chatelier, Lunge, Michaelis, Brownmiller, Rebuffat, Ferrari, Bogue avevano contribuito, coi loro studi, a chiarire i fenomeni e le reazioni che intervengono sia nella formazione del Clinker, sia nella presa del Cemento, nel 1903 fu proposta la creazione di una Associazione per lo studio dei Materiali.

*Esplosivi* — Nel 1869, a seguito dell'abolizione, in Italia, del monopolio statale della produzione delle polveri piriche, ad eccezione di quelle da guerra che continuarono ad essere prodotte esclusivamente nei polverifici militari di Fossano e Scafati, sorsero numerose fabbriche private di polvere nera, da caccia e da mina.

Nonostante la guerra Franco-Prussiana del 1870-71 avesse già messo in evidenza la superiorità dei fucili prussiani Dreise, caricati con le Polveri infumi Schultze, rispetto ai francesi Chassepot a polvere nera, l'Esercito Italiano adottò, le polveri senza fumo solo nel 1890, pur se questo tipo di polvere era già da tempo utilizzata dai cacciatori italiani. Da quell'anno, infatti il Polverificio militare di Fontana Liri iniziò la produzione della Solenite, una variante italiana della Cordite inglese.

L'amplificarsi della rete ferroviaria e la costruzione dei grandi trafori alpini (Moncenisio 1871; Gottardo 1882; e Sempione 1906) furono rese possibili grazie alla Dinamite e alla Gelatina esplosiva di Alfred Nobel che, oltre alla maggiore brisanza rispetto alla Polvere Nera, permettevano agli operai di tornare al lavoro, dopo il brillamento delle mine in galleria, senza il rischio di morire asfissati.

La richiesta di esplosivi ad alto potenziale promosse la creazione di numerosi dinamitifici. La Società «Dinamiti Nobel» di Avigliana presso Torino incominciò a produrre Dinamite e Polveri senza fumo nel 1879; la Società Italiana Prodotti Esplosivi produsse Polveri senza fumo per la Marina, dal 1889 a Forte dei Marmi presso Lucca, dal 1901 a Spilamberto. La stessa SIPE, dal 1903 a Cengio presso Savona, produsse trinitrotoluene per l'Esercito; importando il Toluene in quanto la sua produzione, in Italia, per distillazione del catrame di carbon fossile iniziò solo nel 1915.

*Allume* — La produzione di Allume di Rocca è antichissima; essa veniva effettuata già dai Romani utilizzando le Aluniti della Tolfa; tanto che il prodotto veniva chiamato comunemente «Allume Romano». Ancora nella metà dell'800 lo Stato Pontificio dava in concessione quest'industria. La produzione di Allume, dal 1900 al 1911 si aggirò sulle 2.400 tonnellate annue.

*Ossido di Zinco* — L'ossido di Zinco veniva prodotto, in Italia, quasi esclusivamente dai minerali sardi del distretto di Iglesias. Le società esercenti le miniere erano francesi, inglesi e belghe (Continental Zinc and Iron Limited, Pertusola, Londra; Società Civile Française de Recherche et Exploitations, Parigi; Société Anonyme de Nebida, Cephallù, Belgio; Société Anonyme des Mines et Fonderies de la Vieille Montagne, Angleur, Belgio; Compagnie de Forges et Acieries de la Marine et d'Homecourt Saint Charmont, Loire; Société Anonyme des Mines de Malfidano, Parigi; Société des Pyrites de Sardaigne, Nancy). La produzione di Ossido di Zinco salì dalle 555 tonnellate del 1900 alle 1.221 Ton. del 1911.

*Prodotti Farmaceutici* — A Torino Giovan Battista Schiapparelli aveva iniziato a produrre preparati galenici fin dal 1824; nel 1860 Carlo Erba, a Milano e nel 1892 a Dergano (Affori), iniziò a produrre Calomelano, Sali di Chinino, Morfina e derivati. Nel 1902 a Torino Cesare Serono creò la «Serono e Soci», che qualche anno più tardi, nel 1906, nell'«Istituto Sieroterapico Serono» di Roma iniziò la produzione di sieri e preparati biologici. Nel 1907 la «Schiapparelli» costruì lo stabilimento omonimo di Settimo, vicino a Torino, mentre furono fondate: a Napoli la «Società Lombardo-Napoletana di Prodotti Farmaceutici», e a Milano la «Zambeletti».

*Prodotti concianti* — Nel 1870 Roberto Lepetit, imprenditore di formazione chimica svizzera e tedesca, insieme a Alberto Dolfuss, incominciò a produrre

estratti di castagno, a Susa in Piemonte; qualche anno dopo nel 1895 in società con A. Gansser, iniziò la produzione, a Garessio sempre in Piemonte, dell'estratto di legno di Quebracho, brevettandone sia la tecnica d'estrazione al bisolfito, che quella d'uso, e quella di soluzioni concianti a base di sali di Cromo. Il processo di concia brevettato da Emilio Lepetit nel 1896 permise l'applicazione, su larga scala, del processo di concia rapida inventato dal torinese Secondo Durio fin dal 1900.

*Acidi Citrico e Tartarico* — Prima del 1900 l'Italia era pressoché l'unico produttore mondiale di Acido Citrico la cui produzione era strettamente connessa con quella agrumicola della Calabria e della Sicilia. Il succo dei limoni concentrato, il cosiddetto «Agrocotto» veniva trasformato in citrato di calcio per trattamento con calce, e l'acido libero veniva prodotto per trattamento del citrato di calcio greggio con acido Solforico. Nel 1906 la «Società Anonima per l'Industria ed il Commercio dei Derivati degli Agrumi» operava in Sicilia nei due stabilimenti di Palermo e di Carini. Qualche anno più tardi, nel 1909 sempre a Palermo iniziò a produrre la «Fabbrica Chimica Italiana Goldenberg» che più tardi mutò il nome in «Società Arenella». La produzione si aggirò, nel 1908-09 intorno alle 12.000 Ton.; tuttavia decrebbe quando in Europa l'Acido Citrico iniziò ad essere prodotto per fermentazione con i *Citromyces*.

Lo stesso accadde per l'Acido Tartarico; nonostante la enorme produzione italiana di vino la produzione industriale di Acido Tartarico iniziò solo nei primi anni del 1900 in Puglia, a Barletta, ad opera della «Società Appula», collegata con la «Fabbrica Lombarda di Acido Tartarico» di Milano. Anche la Società «Arenella di Palermo si interessò all'Acido Tartarico che veniva prodotto, allo stato grezzo, trattando le fecce del vino con calce, e decomponendo successivamente il tartrato greggio con acido Solforico. La produzione raggiunse, nel 1910 le 3.600 Ton.

*Gas liquefatti* — Nel 1906 la società «Fabbrica Italiana di Acido Carbonico Dottor Candia», consociata con la svizzera «Schweiz-Kohlensäure-Werke» di Zurigo, iniziò a produrre anidride carbonica liquefatta nei suoi due stabilimenti di Milano e Napoli. L'Anidride Carbonica, prodotta per combustione di Coke, veniva assorbita a bassa temperatura da una soluzione di Carbonato di Potassio. Decomponendo a 100°C il Bicarbonato formatosi si liberava l'Anidride Carbonica allo stato puro (99,8%) che poteva poi venir compressa. Nel 1910 la produzione raggiunse le 1500 Ton. Sempre nel 1906 a Torino si costituì la società «La CO<sub>2</sub>».

*Carta e Pastalegno* — La produzione di carta ha in Italia origini molto antiche; celebri furono le cartiere di Fabriano. Nel 1876 le cartiere erano 521; nel 1906 se ne contavano 30 importanti e 100 meno. La produzione di carta dalle 100.000 tonnellate del 1896 salì alle 200.000 del 1907. Nel 1896 delle 28 fab-

briche di Pastalegno, rispettivamente distribuite in Campania, Emilia e Piemonte, 12 erano isolate, e 16 associate a cartiere. La produzione di Pastalegno, dalle 35.000 tonnellate del 1898, passò alle 70.000 tonnellate del 1905.

*Gomma e Fibre artificiali* — Il primo stabilimento che produsse gomma elastica, in Italia, fu quello di G. B. Pirelli a Milano. Questo, che dal 1880 produceva cavi elettrici, nel 1882 incominciò a produrre filo elastico e, dal 1886 cavi telegrafici e telefonici sottomarini. Qualche anno più tardi a Torino sorsero gli stabilimenti della Michelin e Martiny.

Nel 1905, contemporaneamente iniziarono ad essere prodotti, in Italia, la «Seta Artificiale» Chardonnet, e il «Rajon Viscosa». Mentre il processo Chardonnet, messo a punto nel 1889, estraeva a secco soluzioni di nitrocellulosa; quello alla viscosa, messo a punto da Cross e Bevan nel 1894, invece, coagulava in un bagno solforico soluzioni di xantogenato sodico di sodiocellulosa sotto forma di filamenti continui di cellulosa rigenerata. Il pericolo di incendio presentato dalla «Seta Chardonnet» poteva venir scongiurato denitrando i filati nitrocellulosici con un trattamento al Solfuro Ammonico. In Italia, nel 1910 le fibre artificiali venivano prodotte a Padova, Pavia, e Venaria Reale.

*Alcole Etílico* — La distillazione dell'Etanolo, in Italia, è antica e molto diffusa; negli anni 1898-99 l'Italia contava ben 3.000 distillerie d'alcool, di cui 30 da cereali (Alcole di I Categoria) e le altre da vinacce o vino (Alcole di II Categoria). L'Etanolo prodotto passò dai 20.817 Ettanidri del 1871 ai 418.919 Ettanidri del 1910; di cui 70.000 da vino e vinacce, 120.000 da melasso di bietola e 110.000 da sostanze amidacee. Le colonne di distillazione degli impianti più importanti erano prevalentemente di fabbricazione tedesca.

*Zucchero* — L'acquisita pratica della fertilizzazione portò ad un incremento della produzione agraria nazionale. La intensificata coltura della barbabietola da zucchero diede impulso all'industria saccarifera. La tecnologia, gli impianti e gli stessi tecnici, fin quasi ai nostri giorni, furono stranieri. I primi zuccherifici sorsero ad Anagni nel 1870 e a Rieti nel 1872; come questa industria prese piede dai due stabilimenti del 1896 si passò ai 33 più tre raffinerie degli anni 1908-1909, e la produzione saccarifera crebbe dalle 2.000 tonnellate del 1897 alle 165.284 tonnellate del 1908-1909.

FONTI BIBLIOGRAFICHE

- [1] GUGLIELMO KÖRNER, *L'industria Chimica in Italia nel cinquantennio (1861-1910)*, in *Cinquant'anni di Storia Italiana*, vol. I, Ulrico Hoepli Ed., 1911, pp. 1-36.
- [2] «Rassegna Mineraria e delle Industrie Mineralurgiche e Metallurgiche, d'Arti, Scienze, Economia etc.», poi «Rassegna Mineraria Metallurgica e Chimica», *Annate 1904-1912* (passim).
- [3] GIOVANNI MORSELLI, *Le industrie Chimiche Italiane*, guida alla Mostra Collettiva dell'Industria Chimica Italiana nella Esposizione Internazionale di Torino (1911), pp. 5-129.
- [4] AA.VV., *Atti del VI Convegno Internazionale di Chimica Applicata*, Roma 1906, vol. I-VI (passim).
- [5] *Notizie sulle industrie chimiche in Italia* (Comitato Nazionale per le Tariffe Doganali e per i Trattati di Commercio), 1916-17 (passim).
- [6] *Annali della Regia Accademia di Agricoltura di Torino*, vol. 58, (1915), Vincenzo Bona ed., Torino 1916, pp. 3-36.
- [7] ICILIO GUARESCHI, FELICE GARELLI, *Nuova Enciclopedia di Chimica Scientifica, Tecnologica e Industriale*, UTET, Torino 1924 (passim).
- [8] ETTORE MOLINARI, *Trattato di Chimica Generale Applicata all'Industria*, vol. I, *Chimica Inorganica*, V Ediz., Parte I (1924), Parte II (1925); vol. II, *Chimica Organica*, IV Ediz., Parte I (1927), Parte II (1930) (passim).
- [9] NICOLA PARRAVANO, *La Chimica in Italia dal 1906 al 1938*, Atti del X Congresso Internazionale di Chimica, Roma 15-21 Maggio 1938 (passim).
- [10] MICHELE GIUA, *La Chimica Industriale, suo compito, cenni storici e dati statistici*, in *Trattato di Chimica Industriale*, vol. I, UTET, Torino 1957, pp. 3-39 (passim).
- [11] RODOLFO MORANDI, *Storia della Grande Industria in Italia*, Einaudi Ed., Torino 1966, pp. 204-289 (passim).
- [12] AA.VV., *Il Politecnico di Milano*, Masson Ed., 1989, pp. 1-6 (passim).

G. CORRADINI (\*) - G. SCHIPPA (\*) - R. VOLPE (\*)

## **La fissazione dell'azoto atmosferico nel suo contesto storico (\*\*)**

**Summary** - The birth of the German empire provided the impetus to the German ruling class that drove chemists and engineers to the realisation of ammonia synthesis from atmospheric nitrogen in the early nineteenth century. This averted the immediate crisis caused by the Anglo-French naval blockade of Chilean saltpeter, until then an essential ingredient in munitions manufacture for the Austrian and German armed forces in the first world war. But, above all, the new technology provided scientific agriculture, which had developed during the course of the eighteenth century, with an inexhaustible supply of raw material for the production of nitrogen fertiliser. The direct and indirect consequences of this development were incalculable, from the elimination of the Malthusian barrier to population growth, to its key role in initiating the prodigious growth of discoveries and inventions of the present century.

Agli inizi di settembre del 1898, a Bristol, nella sede della British Association for the Advancement of Science, un eminente e folto gruppo di scienziati e di uomini di cultura («a distinguished audience») era in attesa di ascoltare Sir William Crookes, che, in qualità di Presidente, doveva aprire i lavori del 68° Meeting dell'Associazione [1].

Non si sarebbe trattato solo di un indirizzo di saluto, ma anche di un esame riguardante aspetti recenti delle conoscenze scientifiche. Fra i convenuti traspariva un senso di soddisfazione e di ottimismo.

Si era, infatti, alla fine di un secolo straordinario per opere ed idee. La rivoluzione industriale stava prendendo un nuovo e sconvolgente slancio: petrolio, acciaio, elettricità, nuove tecniche agricole, i progressi nel campo della medicina ... tutto un susseguirsi di scoperte e di invenzioni che si diffondevano nel

(\*) Dipartimento di Chimica, Ingegneria Chimica e Materiali, Università di L'Aquila.

(\*\*) Relazione presentata al VI Convegno Nazionale di «Storia e Fondamenti della Chimica» (Cagliari, 4-7 ottobre 1995).

mondo; un mondo che stava diventando «uno», a causa dell'aumento della velocità dei trasporti e della diminuzione dei loro costi.

Il modello occidentale si dimostrava come l'unico in grado di assicurare all'umanità cibo e benessere. L'epoca della fame, delle pestilenze, della infelicità di una vita breve e insicura, sembrava al tramonto.

Gli europei occidentali apparivano i missionari di un nuovo credo da trasmettere e, a volte, imporre, alle altre popolazioni.

Nell'«Isola misteriosa» di Jules Verne, cinque americani, naufragati in un'isola deserta, sotto la guida «illuminata» dell'ingegner Cyrus Smith (e con una buona dose di fortuna!) avevano realizzato un modello sia pur molto ridotto di civiltà tecnologica, utilizzando, in buona parte, le risorse del luogo.

Nell'Occidente, inoltre, da oltre vent'anni dopo l'ultima guerra di Bismarck, regnava la pace, a dimostrazione che il nuovo corso era in grado di rimuovere quelle cause che avevano provocato fino allora le guerre. Il modello occidentale aveva, come conseguenza necessaria, la pace.

Nel famoso balletto *Excelsior* del Manzotti, un'abbagliante luce generata elettricamente (la nuova luce!), la luce del progresso, illuminava ogni più riposto angolo della scena, scacciando le tenebre dell'ignoranza, dell'oscurantismo, della superstizione, dell'egoismo, caratteristici di un mondo non «illuminato» da una scienza e da una tecnologia rivolte al bene dell'umanità.

«Le esposizioni universali di Londra e Parigi, la Tour Eiffel, la Mole Antonnelliana erano l'espressione dello sfrenato ottimismo di quell'epoca» [2].

Prendeva sempre più consistenza il convincimento che la storia si dovesse interpretare come un processo di crescita unitario, di cui la civiltà occidentale costituiva il punto più alto.

Doveva ancora venire alla luce il Tramonto dell'Occidente di Spengler!

Sir William Crookes iniziò con un drammatico appello, che sorprese e allarmò gli ascoltatori. Un appello che egli intendeva estendere ad un pubblico molto più vasto di quello presente al meeting di Bristol:

«L'Inghilterra e tutte le nazioni civilizzate sono in pericolo mortale per non avere sufficiente cibo. Mentre le bocche si moltiplicano, le risorse di cibo diminuiscono. La Terra è una quantità limitata e la terra che dà il grano è assolutamente dipendente da fenomeni difficili e capricciosi. Sono costretto a mostrare che la nostra Terra produttrice di grano è del tutto inadeguata allo sforzo fatto su di essa ... è il chimico che deve venire in soccorso delle comunità minacciate. È attraverso il laboratorio che la carestia deve essere tramutata da ultimo in abbondanza ...

C'è uno spiraglio di luce nell'oscurità e nella disperazione ... *la fissazione dell'azoto atmosferico* ... una delle più grandi scoperte che attendono l'ingegnosità dei chimici» [1].

L'appello di Crookes coglieva nel segno, metteva in evidenza il punto più debole (quindi vincolante) su cui poggiava l'intero edificio rappresentato dal modello occidentale.



Infatti lo sviluppo della nuova civiltà dipendeva, in ultima analisi, dal fatto che dovevano aumentare gli addetti alle attività produttive ed ai servizi nei confronti degli addetti all'agricoltura, e i primi dovevano venir convenientemente nutriti. È una condizione questa da sempre vincolante per la nascita e lo sviluppo di una civiltà. Per la prima volta però il rapporto doveva superare ogni precedente valore.

Una chiave di lettura della prodigiosa ricchezza degli Stati Uniti è in un semplice dato: negli anni precedenti la seconda guerra mondiale, nel 1935, una famiglia contadina era in grado di nutrire nove famiglie cittadine! Gli addetti all'agricoltura passarono da 25.000.000 nel 1950, a 10.000.000 nel 1966, su un totale di circa 190.000.000 di individui [3]. Una così radicalmente nuova distribuzione consente attualmente alla preponderante popolazione attiva non agricola, negli USA, di dedicarsi alla produzione industriale e al settore terziario.

Due secoli prima, nel Settecento, «la popolazione attiva mondiale occupata nell'agricoltura superava molto probabilmente l'80%» [2].

Tutto ciò fu dovuto ad un fenomeno che iniziò a manifestarsi nel corso dell'Ottocento e proseguì nel secolo attuale e cioè il notevole incremento di due fattori della produzione in agricoltura: la quantità di nuove terre messe a coltura e la produttività (produzione per ettaro e per anno); il che consentì di realizzare quella che è una caratteristica delle società industriali, i tassi modesti di mortalità e natalità.

Le nuove terre furono quelle delle Americhe; quanto alla produttività, senza entrare nel merito di un così complesso problema ed esemplificando al massimo, si può dire che l'incremento trovava il suo «reagente limitante» nella possibilità di fornire al terreno, oltre alle altre ben note sostanze, azoto combinato.

I terreni preagricoli presentavano un limite naturale, peraltro assai variabile, della produttività, dovuto a numerosi fattori, fra i quali in primo luogo la temperatura e l'acqua e in secondo luogo l'attività dei batteri azoto-fissatori.

L'uomo, con opportune tecniche (la concimazione a stallatico, la rotazione dei terreni, ...), era riuscito, nei terreni messi a coltura, a superare di non molto tale limite. Un decisivo passo avanti si ebbe con gli studi e gli esperimenti degli agronomi fin dal Cinquecento. Nell'Ottocento Julius von Liebig diversificò la nutrizione animale da quella vegetale, evidenziando tra l'altro il ruolo di fattore limitante dell'azoto. Vennero di conseguenza individuate fonti di azoto combinato, a cui accenniamo brevemente:

- l'ammoniaca, dai prodotti di distillazione dei carboni fossili;
- il nitrato di sodio, costituente essenziale del guano e del nitro del Cile;
- dall'azoto atmosferico, la calciocianamide e l'acido nitrico con il processo all'arco elettrico.

La produttività dei terreni venne così notevolmente incrementata.

Crookes dunque era a conoscenza del fatto che l'azoto atmosferico, ai suoi tempi, veniva già «fissato» mediante queste due ultime tecnologie, ma i costi di produzione, in entrambi i casi, erano molto alti, soprattutto a causa della grande

quantità di energia elettrica richiesta. Per ottenere, infatti, una tonnellata di acido nitrico per reazione fra ossigeno e azoto dell'aria (e successive ossidazioni e reazione con l'acqua), cioè con il processo all'arco elettrico, l'energia totale richiesta era da 6 a 18 volte superiore a quella attuale.

Tutto si può in caso di necessità, ma quest'ultima non sussisteva all'epoca, perché il problema trovava una valida e comoda soluzione nell'utilizzazione del nitro del Cile, in grado di venir impiegato tal quale in agricoltura o di venir trasformato facilmente in acido nitrico e nitrati. Nitro che rappresentava, in alcuni casi, anche il 50% del fabbisogno di azoto combinato.

I giacimenti cileni consistono in grandi laghi salati prosciugati (i «salar») degli altopiani di Atacama, la zona più arida del mondo, situati fra i 2000-3000 metri di altitudine. Una sconfinata e abbacinante superficie di crosta salina, segmentata in una miriade di esagoni regolari.

Perché allora il grido di allarme di sir William?

Perché il nitro del Cile costituiva, è vero, una cospicua fonte di azoto combinato, ma era unico al mondo, e doveva venir considerato una risorsa non rinnovabile, come i carboni fossili e il petrolio. Una risorsa di enorme consistenza, ma collocata in regioni torride, dove mancava di tutto, vegetazione, condizioni di abitabilità, comunicazioni e soprattutto l'acqua necessaria al processo di lavorazione. Il costo unitario del prodotto non poteva che crescere con il proseguimento dell'opera di estrazione [4].

L'aumento della popolazione, che, a quel tempo, costituiva una conseguenza del modello di sviluppo della civiltà occidentale, non sarebbe stato accompagnato da un adeguato aumento degli alimenti.

Carestia e fame per le nazioni industrializzate si intravedevano all'orizzonte.

Se fosse stato presente al discorso di Crookes, Robert Malthus che, con il suo famoso saggio sul principio della popolazione, aveva messo a punto, secondo Bertrand Russel, «un apparato per distruggere l'allegrezza», non avrebbe potuto forse reprimere un sogghigno di compiacimento! [5]

L'appello di Crookes all'ingegnosità dei chimici era chiaro: trovare un sistema ad elevato rendimento e a basso costo, in grado di fissare, con un opportuno reagente, l'azoto contenuto, in forma molecolare, in quell'immenso «giacimento» costituito dall'aria atmosferica.

E i chimici ... s'ingegnarono!

Ci troviamo a Karlsruhe in Germania, nel luglio del 1909.

Forse fu una notte agitata quella che passò il cattedratico di Chimica Fisica, Fritz Haber. Egli aveva tutti i motivi per ritenere la giornata che l'attendeva come la più importante della sua vita.

Nel suo laboratorio all'Università, era installata un'apparecchiatura che stava tutta su un tavolo di modeste dimensioni.

Per quale scopo? Trasformare una miscela di idrogeno e di azoto in ammoniaca, composto da cui sarebbe stato possibile ottenere, con una tecnologia ormai consolidata, acido nitrico e nitrati.

La scelta dell'idrogeno era dovuta al fatto che questo elemento reagisce con l'azoto in condizioni meno drastiche che nel caso di altre sostanze. Inoltre era possibile produrlo dai carboni fossili (coke) in quantità elevate e a costi relativamente bassi. Altra fonte di idrogeno, di minore importanza, perché di maggior costo, era costituita dal processo elettrolitico.

L'azoto era naturalmente quello atmosferico, ottenuto per liquefazione e distillazione frazionata dell'aria, con il metodo Linde, a temperature vicine ai 200°C sotto zero.

Il professor Haber era estremamente teso. Al successo dell'esperimento egli teneva per due ragioni:

— dimostrare che la sintesi era industrialmente realizzabile, smentendo le conclusioni del prof. Walter Nernst, cattedratico di Chimica Fisica a Berlino, che sostanzialmente negava questa possibilità. Il prof. Cerruti ha scritto un interessante articolo in proposito, dal titolo significativo: «Lite in famiglia». Lasciamo all'immaginazione dei lettori, che cosa deve essere stata una disputa fra due cattedratici di Chimica Fisica ... per giunta tedeschi [6].

— Il secondo motivo era però decisamente molto più importante. All'esperimento avrebbe assistito uno staff della BASF (Badische Anilin und Soda Fabrik), la più grande società chimica tedesca, staff guidato dall'ing. Carl Bosch. Se dal rubinetto di scarico del condensatore della piccola attrezzatura di laboratorio, l'ammoniaca liquida avesse fatto la sua comparsa, il passaggio dalla fase di laboratorio a quella industriale, almeno per quanto riguardava l'aspetto termodinamico della reazione di sintesi e cioè le rese in prodotto, sarebbe stato fattibile [6].

Haber avrebbe preso due piccioni con una fava: una bella soddisfazione sul grande Nernst e la gloria di aver salvato l'umanità dalla prospettiva della fame.

Si ha però l'impressione che non sia stato questo secondo e nobile ruolo a far muovere i suoi passi, considerato che nel frattempo egli stava mettendo a punto la produzione dell'iprite e del fosgene!

L'ammoniaca gocciolò ed Haber ebbe il suo trionfo e il Nobel prima di Nernst.

L'appello di Crookes ai chimici era stato dunque recepito in tutta la sua drammaticità, e il problema da lui formulato, risolto in breve tempo.

Purtroppo non per nutrire l'umanità si era mosso Haber ed era intervenuta la BASF. O almeno non fu questo il motivo principale.

La vera ragione consisteva nel fatto che i nitrati, come noto, erano (e sono) anche degli esplosivi.

Ci si può chiedere a questo punto se anche in altre nazioni i chimici si stessero impegnando a risolvere il problema.

Con una certa meraviglia si deve constatare che tutto ciò si stava verificando essenzialmente in Germania. Quale il motivo?

L'appello di Crookes era indubbiamente drammatico. Tuttavia la soluzione indicata (la fissazione dell'azoto atmosferico) non necessitava di un impegno immediato. Erano ancora abbondanti, per le richieste dell'epoca, le riserve di nitro del Cile, a cui attingevano a piene mani le nazioni industrializzate, compresa la Germania. Le esportazioni di nitro dal Cile, agli inizi del novecento, erano dell'ordine di qualche milione di tonnellate l'anno.

Queste risorse, insieme alle altre fonti di azoto fissato, consentivano di rifornire di fertilizzanti azotati l'agricoltura e di produrre esplosivi. Si andava, però, delineando una situazione nuova: mentre le richieste nei due settori stavano aumentando con incrementi crescenti, le risorse azotate non erano disponibili nella stessa misura. È bene precisare, come detto sopra, che una simile deficienza, nel caso del nitro cileno, non era dovuta a scarsità, ma ad una crescente difficoltà tecnologica e di conseguenza economica nella sua coltivazione. Attualmente infatti ne sono ancora abbondanti i giacimenti, ma è più conveniente ricorrere all'aria atmosferica per ottenere acido nitrico e nitrati.

È superfluo ricordare che «esplosivi» non vuol dire solo guerra. Fondamentali applicazioni essi trovavano nelle grandi opere di ingegneria, quali la costruzione di strade, ferrovie, le escavazioni di minerali, di gallerie... Per inciso, già dagli anni quaranta dell'Ottocento, alcuni nitroderivati organici furono impiegati in medicina per curare diverse malattie. Attualmente vengono somministrati per fornire ossigeno al miocardio nel trattamento dell'angina pectoris.

Ma, fra le nazioni industrializzate, la Germania si trovava in una situazione diversa e, sotto un certo aspetto, allarmante.

Individuare le cause che spinsero i chimici tedeschi ad occuparsi della sintesi dell'ammoniaca, costituisce lo scopo di questo articolo. Per far ciò è necessario risalire a quelle idee, già affermate o in fase di sviluppo, che rappresentarono il clima culturale europeo agli inizi dell'Ottocento e che ne determinarono il corso degli eventi.

L'Ottocento è un secolo di «principi».

In politica, il principio di legittimità, i principi della religione cristiana, quelli del liberalismo e della democrazia e il principio di nazionalità; nell'economia, il principio della popolazione; nella scienza, i principi della termodinamica [7].

Nel suo significato più antico e generale, il termine principio (αρχή) è il punto di partenza e il fondamento di un processo qualsiasi, in particolare rappresenta il fondamento del processo che porta ad un determinato assetto della

società. Nella scienza il principio è ciò che viene dimostrato sperimentalmente e costituisce il punto di partenza della conoscenza scientifica [8].

Il principio di legittimità e i principi della religione cristiana, l'uno per il Congresso di Vienna e gli altri per la Santa Alleanza, costituirono, nel 1815, il fondamento della sistemazione politica dell'Europa, sistemazione che doveva conseguire due scopi:

— ripristinare, per quanto possibile, l'assetto precedente alla Rivoluzione francese, con il potere assoluto degli imperatori, re ...

— istituire un sistema internazionale che impedisse a qualsiasi governo o monarca di coltivare ambizioni di tipo napoleonico, salvaguardando così la pace. Per quasi quaranta anni non si verificarono così in Europa guerre importanti.

Altre e fondamentali ideologie stavano nel frattempo prendendo consistenza.

Mentre in Francia e in parte della borghesia degli altri paesi si agitavano i vessilli del liberalismo, della democrazia e del socialismo, Fichte con i «Discorsi alla nazione tedesca» e, successivamente, Mazzini con la Giovane Italia, anteponevano ad ogni altro ideale il principio di nazionalità. In altri termini, i problemi che si stavano presentando alle «nazioni» francese, inglese, statunitense, non potevano venir considerati in Germania e in Italia prima del conseguimento delle rispettive unità nazionali.

Vale la pena di esaminare brevemente il significato di questo principio, per la grande influenza che esso ebbe, a partire dagli inizi dell'800, sul corso degli eventi.

Il principio di nazionalità deriva dal concetto di *popolo*, che, già in epoca romana, indicava non un qualsiasi aggregato di uomini, ma una comunità costituitasi a causa di una comunanza di interessi, per libera volontà dei singoli [8].

In seguito, con Montesquieu, vennero evidenziate quelle cause naturali e soprattutto tradizionali (razza, religione, lingua ...) che non hanno a che fare con la volontà dei singoli e che incombono su di essi come un destino al quale non è possibile sottrarsi.

Nacque così il concetto di *nazione*, come di un individuo a cui vengono assegnati superiori e nobili compiti, soggetto della storia intesa come progresso [8].

Ne conseguì che un gruppo umano di una certa consistenza, se rispondente alle caratteristiche viste, aveva il «diritto» di costituirsi in stato indipendente.

Questo è pressappoco il principio di nazionalità, che entrava in conflitto di interessi con i principi del congresso di Vienna e della Santa Alleanza nel caso della Germania, dell'Italia, della Grecia, del Belgio ...

Fichte si mostrava particolarmente aggressivo e rivendicava a quella tedesca la prerogativa di lingua pura (di cui non godevano le lingue romanze) a cui si doveva assegnare il ruolo di principio aggregante della nazione tedesca.

«Una nazione in cui l'amore borghese per la costituzione, le leggi, il benessere materiale, doveva cedere il passo alla fiamma divorante dell'amor patrio» [5].

Questo alto ideale, che, per improntare di sé il carattere di ogni tedesco, doveva essere insegnato nelle scuole, s'imperniava sul concetto di «dovere».

J. Jerome si espresse in proposito, nel 1900 in «Three men on the bummel» (Tre uomini a zozzo). Il suo celebre umorismo sfuma in alcune osservazioni acute e profetiche. Ne riportiamo due:

«Il concetto tedesco di dovere parrebbe il seguente: cieca obbedienza di fronte ad ogni divisa. È l'antitesi del punto di vista anglosassone, ma poiché tanto gli anglosassoni quanto i teutoni prosperano, ci deve essere del buono in entrambi i metodi. Fino ad ora il tedesco ha avuto la somma fortuna di essere ben governato; se continua così per lui le cose andranno a gonfie vele. I guai cominceranno però, quando, per un caso qualsiasi, si guasterà qualche ingragnaggio della macchina del governo ...»

«Un tedesco che, come semplice cittadino, è impacciato quanto un fanciullo, nel momento che indossa l'uniforme, diventa un essere intelligente e responsabile, nonché capace di iniziative».

Chi ha detto che una prospettiva «comica» costituisce solo una delizia della mente?

Al contrario di Mazzini, che fu per tutta la vita un esule, particolarmente in viso al governo piemontese (perché repubblicano), Fichte godé dei favori della Prussia, tanto che fu nominato Rettore dell'Università di Berlino nel 1811.

Alla fine Prussia e Piemonte si accinsero al compito di unificare i rispettivi paesi. Avevano in comune la necessità, per realizzare l'obiettivo, di entrare in conflittualità di interessi con l'Austria e la Francia. Ma per la Prussia, queste due nazioni erano le firmatarie del trattato di Vienna e inoltre l'Austria, impero plurietnico, era tedesca per la parte di territorio necessaria alla realizzazione dell'unità germanica.

Si andava delineando un contrasto che molti tedeschi rifiutavano di alimentare nel timore di una guerra fratricida. Se, però, l'unificazione era necessaria, il compito spettava alla Prussia. Bismarck non ebbe alcun scrupolo e prevalse sulle opposizioni.

Aveva a disposizione ottimi soldati, ottimi generali e una buona organizzazione. L'esercito prussiano, guidato da von Moltke, sbaragliò da solo austriaci e francesi in due rapide guerre e Bismarck fu l'artefice della nascita dell'impero germanico.

Il nazionalismo tedesco abbandonò l'etichetta liberale e divenne conservatore.

Il Piemonte non aveva forze sufficienti per seguirne l'esempio. Fatta eccezione per la straordinaria impresa di Garibaldi, arrivò all'unità con l'aiuto esterno, diretto o indiretto. Roma fu occupata perché cadde Napoleone III a seguito della guerra con la Prussia. «Fu lasciato così ai compatrioti di Lutero metter fine, con la vittoria di Sedan, alla sovranità temporale del Papa» [5].

Tornando alla Prussia, indubbiamente la sua azione rappresentava una violazione dei trattati da essa sottoscritti. Dettate però dal principio di nazionalità, le guerre prussiane si configuravano solo come un tentativo mirante a sostituire i regnanti legittimi tedeschi con un re tedesco legittimo, per conseguire quella unità nazionale di cui godevano Inghilterra, Francia, Russia e altre nazioni. Unità politica che era stata preceduta e quindi facilitata da quella economica, con l'istituzione nel 1841 dello Zollverein, l'unione doganale.

L'assetto dell'Europa, pur con questa differenza, non sarebbe stato in alcun modo intaccato. Tutta la politica di Bismarck, infatti, fu improntata a questa linea di condotta.

Ma la trasformazione del regno prussiano nell'impero tedesco, non poté che mettere in allarme le altre nazioni sulle reali intenzioni che uno stato potente, collocato nel centro dell'Europa, avrebbe manifestato negli anni a venire.

Il livello tecnologico e scientifico della Germania, il grado di istruzione e il senso di disciplina della popolazione, le sue conquiste nel campo della cultura (filosofia, storia, arte, musica ...), ne facevano una nazione più vicina al secolo attuale rispetto a tutte le altre.

In questi termini si espresse lo storico Treitschke nel 1815. A maggior ragione, dopo l'unità, poteva venir ribadita una simile constatazione.

«I tedeschi erano più istruiti dei francesi e degli inglesi e degli americani; avevano un maggior numero di esperti tecnici di ogni genere; e avevano l'organizzazione che faceva rapidamente utilizzabile, dove più ce n'era bisogno, la specializzazione» [5].

A questo insieme di fattori, si accompagnò lo stabilirsi di un compatto gruppo dirigente formato dalla Corona, dall'Esercito, dai grandi industriali e proprietari terrieri, che trovarono negli obiettivi nazionali (Deutschland, Über Alles) la coesione necessaria per la loro realizzazione.

In altri termini, l'economia tedesca non costituiva certamente il modello smithiano del mercato basato sulla libera concorrenza fra numerosi imprenditori, con lo stato garante solo dell'ordine pubblico, ma era diventata un'economia programmata, caratterizzata da grandi «trusts» e «cartelli», in cui lo stato finanziava e dirigeva la parte più importante della produzione.

C'è chi sostiene che la Germania si trovava nella necessità di difendersi da ingerenze e imposizioni provenienti da est e da ovest, cioè che essa intendesse condurre una politica difensiva e chi asserisce che voleva sostituirsi alla Francia napoleonica, nell'obiettivo di dominare l'Europa e cioè che avesse intenzioni offensive.

Ammettendo vera la prima ipotesi, occorre dire che il governo tedesco fece ben poco per indurre nelle altre nazioni il convincimento che la Germania nutrisse intendimenti squisitamente pacifici, o al massimo che coltivasse una volontà difensiva, sia pure in termini di «guerra preventiva».

Il cancelliere Bethmann-Hollweg si espresse in questi termini, agli inizi del Novecento, sulla politica del suo paese (quando non era più cancelliere):

«... una politica antirusa in Turchia e nei Balcani, una politica antifrancese in Marocco, una politica navale anti-inglese e tutto contemporaneamente; ... sfidare tutti, intralciare il cammino a tutti e ciò nonostante, non riuscire a diminuire minimamente la potenza di nessuno» [9].

In questa ottica il problema delle cause, degli intendimenti e delle colpe passa in seconda linea.

Sta di fatto che: «... già dal 1871 i militari tedeschi meditavano sulla possibilità di trovarsi impegnati contemporaneamente (non importa se per ragioni offensive o difensive) in una guerra con i Russi e con i Francesi» [9].

Era in grado la Germania di sostenere un simile impegno?

Bisogna pur dire che le abbondanti ricchezze minerarie, l'estensione delle terre coltivabili, la posizione prevalentemente continentale, avevano determinato in molti tedeschi il sorgere della tendenza a considerare il loro paese uno stato commerciale chiuso, sufficiente a se stesso, senza scambi esterni, senza la necessità della libertà dei mari [5]. Fin dalla prima metà dell'Ottocento, infatti, l'industria chimica si pose come obiettivo primario quello di sostituire i prodotti di importazione con quelli ottenuti utilizzando le risorse interne, in particolare, ad esempio, i carboni fossili.

Naturalmente, in realtà, ciò era vero in parte, ma gli intrecci politici internazionali stavano evidenziando il fatto che lo stato germanico doveva fatalmente diventare commercialmente chiuso.

Non si presentavano problemi per ciò che concerneva uomini, risorse, tecnologie e aspetti organizzativi.

Ben altro discorso si doveva fare nei riguardi dell'approvvigionamento dei nitrati.

Questi, infatti, derivavano dai carboni fossili (l'ammoniaca) e da fonti meno importanti già citate (calciocianamide e processo all'arco elettrico), ma tutto ciò costituiva quasi una metà del fabbisogno dell'epoca. Un'altra metà era ricavata dalle importazioni di nitro del Cile, che sarebbero del tutto cessate in caso di conflitto, a causa del dominio dei mari da parte della marina francese e, soprattutto, inglese.

Un problema analogo si presentò, sempre nei riguardi della Germania, agli inizi della seconda guerra mondiale per le importazioni di gomma naturale. Ne derivò l'invenzione della gomma sintetica.

Per questi motivi, attorno a quel tavolo di modeste dimensioni nel luglio 1909, i rappresentanti del governo tedesco presenti erano molto più ansiosi del prof. Haber di veder gocciolare l'ammoniaca liquida!

Il passaggio però dalla fase di laboratorio a quella industriale si rivelò piuttosto arduo. Si instaurò in conseguenza quella confluenza fra scienze chimiche e ingegneristiche che caratterizzerà fattivamente la moderna industria chimica [1].

Senza entrare nel merito, oltre a quello della cinetica della reazione, uno dei



problemi più difficile da risolvere era costituito dall'aggressività dell'idrogeno nei riguardi degli acciai al carbonio, nelle drastiche condizioni di esercizio (temperature sui 500°C, pressioni superiori alle 400 atm) [10].

I primi reattori, in molti casi, esplosero dopo qualche giorno di funzionamento. Con alcuni geniali accorgimenti si rimediò al grave inconveniente, ma il pericolo sussisteva ancora se, nel 1930, Carlo Emilio Gadda, ingegnere meccanico addetto alla progettazione e consulenza degli impianti della Ammonia Casale, fu inviato ad Anzin, in Belgio, dove era esploso un tubo di sintesi.

È interessante riportare uno stralcio del rapporto in merito, alla Direzione Centrale, del futuro scrittore:

«L'officina di Anzin è totalmente inservibile. La sala di sintesi si presenta come un ammasso di rottami, travi divelte e contorte, tubi contorti e spezzati ... All'atto dell'esplosione nessuno si trovava in sala sintesi ... Se delle persone vi si fossero trovate, nessuna di esse avrebbe potuto salvarsi. Per quanto riguarda le cause, sembra di poter affermare che lo scoppio sia avvenuto nell'interno del tubo di sintesi. La Direzione propende a pensare che l'acciaio abbia "laché" (ceduto) tutto a un tratto per stanchezza o decarburazione, indipendentemente da cause relative all'esercizio ... Una metà della parte superiore del tubo si è fenduta in due ... è questa frattura netta, liscia, diametrale, che autorizzerebbe a pensare che l'acciaio abbia improvvisamente laché» [11].

L'impiego degli acciai inossidabili risolverà definitivamente il grave problema.

Pur con queste limitazioni, la Germania, nel corso della guerra, raggiunse rapidamente l'obiettivo di assicurare il rifornimento di munizioni all'esercito e di fertilizzanti azotati all'agricoltura. I due schieramenti differivano perciò in quanto da parte alleata, l'azoto combinato era sostanzialmente ottenuto dal carbon fossile e dal nitro cileno, da parte austro-tedesca sempre da carbon fossile e, specialmente nella seconda parte del conflitto, dall'azoto atmosferico con il processo Haber-Bosch.

Non bisogna dimenticare che: «Nel 1917, le nazioni alleate avevano ormai sofferto quasi tre anni di distruzione; gli Stati Uniti fornirono buona parte del cibo e delle armi per continuare la guerra, e contemporaneamente mobilitarono, equipaggiarono e trasportarono un esercito di cinque milioni di uomini» [3].

Fu questo massiccio intervento che fece pendere la bilancia a favore degli alleati.

Perché la guerra scoppiò?

È significativa la conclusione dello storico Gordon Craig in proposito:

«In fondo i governi non desideravano veramente la guerra, ma certamente desideravano vantaggi nazionali più di quanto desiderassero la pace» [9].

Le guerre che avevano permesso alla Prussia di creare l'impero tedesco provocarono la fine di quell'intreccio di alleanze su cui si era retto fino a quel momento l'assetto dell'Europa finalizzato al mantenimento della pace. In attesa di un eventuale nuovo equilibrio, ogni nazione ritenne che gli accordi non fos-

sero più validi e che ognuna fosse in diritto di riprendersi la propria libertà di decisione nei rapporti internazionali.

Sembrava che si stesse ritornando al settecentesco gioco preferito dai re, di farsi le guerre, di combinare e scombinare disinvoltamente le più diverse alleanze, privilegiando gli interessi dinastici a quelli dei sudditi.

Ma qualcosa di fondamentale era cambiato nell'assetto economico dell'Europa.

Nella sintetica analisi del Craig, su riportata, specialmente nella frase: «... i governi non desideravano veramente la guerra ...» si riflette la nuova situazione che derivava da cause tecnologico-scientifiche.

La produzione su scala industriale di acido nitrico a partire dall'ammoniaca, proveniente quest'ultima dalla distillazione dei carboni fossili, dall'attacco acido del nitro del Cile e da altre fonti già citate, ebbe come conseguenza, a partire dagli anni 60 dell'Ottocento, l'invenzione di nuovi esplosivi disponibili in quantità massive.

Il primo nuovo esplosivo, il nitrocotone o cotone fulminante, fu inventato da C.F. Schönbein nel 1846. Subito dopo, a Torino, A. Sobrero otteneva la nitroglicerina (olio esplosivo). Entrambi erano composti instabili e molto pericolosi. Alfred Nobel, dopo circa venti anni, fece assorbire la nitroglicerina su farina fossile, un composto inerte, ottenendo così la dinamite, che richiedeva l'uso di un detonatore. In seguito egli produsse la più potente «gelatina esplosiva» [12].

Questi esplosivi erano da classificare come «dirompenti», utilizzabili in pratica solo per usi «pacifici». Non potevano cioè venir usati come munizioni. Nel 1887 Nobel brevettò la balistite (polvere senza fumo), che sostituì la polvere nera, fino a quel momento usata dagli eserciti. Con una particolare tecnica, infatti, egli riuscì a miscelare due esplosivi di scoppio di elevata potenza, nitroglicerina e nitrocotone, ottenendo, con sua grande meraviglia, un esplosivo di lancio di moderata potenza [12], quella richiesta per le armi da fuoco.

Così gli anni 90 dell'Ottocento segnarono il passaggio dalla potenza di fuoco basata sull'uso della polvere nera a quella derivante dalla utilizzazione della balistite, con conseguenze drammatiche!

Contemporaneamente furono realizzate nuove e micidiali armi, grazie all'invenzione di leghe metalliche più efficienti, specialmente nel campo degli acciai.

Nuove armi e nuovi esplosivi conferirono agli eserciti una potenza distruttiva enormemente superiore a quella sviluppata dalle armate prussiane, austriache, francesi nelle battaglie di Sadowa e Sedan. Una tale potenza venne sperimentata e man mano perfezionata e incrementata soprattutto nelle guerre coloniali.

Tutto ciò fece sì che nelle classi al potere vi fossero uomini che, rendendosi conto delle stragi che una guerra fra europei avrebbe provocato, erano perlomeno esitanti nel prendere la decisione di affrontarla. Forse quegli stessi uomini non avrebbero esitato a scatenare un conflitto se fossero vissuti ai tempi delle battaglie manovrate di Federico II, Napoleone, Moltke, nettamente meno cruento.

C'era anche chi vedeva le cose da un diverso e nuovo punto di vista.

Nobel «riteneva che le nuove armi potessero rappresentare un deterrente nei riguardi delle tensioni aggressive dei popoli». Egli scrisse in una lettera del 1892: «Le mie fabbriche possono porre fine alle guerre più rapidamente dei vostri congressi per la pace. Se due eserciti si distruggono reciprocamente in breve tempo, è sperabile che tutte le nazioni civili rifuggiranno dalla guerra e procederanno al disarmo delle proprie truppe» [12].

Ma altri uomini al potere, desiderosi di ottenere vantaggi nazionali ad ogni costo, consci o no della nuova situazione, desideravano veramente la guerra.

In particolare il Kaiser Guglielmo II, con i suoi consiglieri politici e militari, deteneva un potere quasi assoluto in proposito, malgrado l'esistenza di un parlamento e di un partito socialista avverso ad ogni guerra perché considerata lotta fratricida nell'ambito della classe internazionale dei lavoratori. Egli non si preoccupava minimamente delle conseguenze della sua politica di stampo settecentesco.

Il contrasto fra falchi e colombe può quindi far capire l'esitazione dei governi ad entrare nei conflitti, ma fa anche capire come, in definitiva, gli europei, non avendo ancora sperimentato sulla propria pelle le nuove armi, non si dimostrassero troppo restii ad usarle. Così i falchi ebbero la meglio e la mitragliatrice, con la sua estesa comparsa, falciò milioni di giovani, trasformando la tattica delle battaglie basata sulla manovra, in una logorante ed inutile guerra di trincea, la più grande guerra statica di tutti i tempi.

Viene in mente la frase di J. Jerome già citata, che si riferisce al popolo tedesco: «... i guai cominceranno quando si guasterà qualche ingranaggio della macchina del governo».

Etichettare solo come «guasti» Guglielmo II e Hitler è un eufemismo giustificato dalla data in cui la riflessione fu fatta, l'anno 1900. L'accentramento del potere politico nelle mani di una ristretta oligarchia o al limite di un uomo solo, non costituiva una novità. Ma a questo potere era associata una capacità di distruzione enormemente superiore a quella posseduta dalle società precedenti. È stato come mettere nelle mani di un bambino una pistola vera.

Considerazioni per certi aspetti analoghe si possono fare sul problema, pur attinente al nostro tema, dell'accentramento del capitale in economia, nelle mani dei Rockefeller, Carnegie, Morgan ...

Ci si può chiedere come mai Guglielmo II disponesse di un così grande potere e come mai, in altre nazioni, consistenti movimenti di opinione contrari alla guerra, le cui argomentazioni in proposito erano assai valide, non siano riusciti a prevalere.

La più importante ragione, oltre la febbre nazionalistica, andava cercata nella ferrea organizzazione che l'industria richiedeva.

Se gli uomini desideravano i vantaggi conseguenti alla industrializzazione, era necessaria una disciplina per ottenerli. La libertà individuale e l'interesse del sin-

golo, nella misura in cui si rivelavano di intralcio all'incremento della produzione, degli scambi e quindi della ricchezza, erano da considerare dannosi alla nazione ed ai cittadini, per cui era per lo meno da sciocchi aspirare ad ideali di libertà.

Più produzione, più ricchezza. Ogni nazione si trasformò, sia pure in diversa misura, in una organizzazione industriale disciplinata allo scopo di produrre e consumare di tutto, dalle tele stampate alle armi e munizioni.

Organizzazione e disciplina nell'interno di ogni nazione, aumento notevole della potenza distruttiva degli eserciti, libertà assoluta nei rapporti fra le nazioni: questa è l'esplosiva ricetta che l'Europa stava confezionando a proprio danno.

Come detto sopra, la guerra scoppiò quando il processo Haber-Bosch di fissazione dell'azoto atmosferico era stato da poco tempo avviato.

Il primo impianto cominciò a funzionare nel 1913. Alla fine del 1918 nelle colossali officine di Oppau vennero prodotte circa 240.000 t di ammoniaca, con un costo di produzione di circa la metà inferiore a quello del nitro cileno [4](\*).

Si può comprendere così come fu possibile all'esercito tedesco sferrare la grande, ultima, sanguinosa ed inutile offensiva del 21 marzo 1918 sul fronte francese, tesa a sfondare lo schieramento alleato sulla Marna e all'Austria porre in atto l'operazione Radezkj del 15 giugno dello stesso anno, con l'obiettivo di penetrare nello schieramento italiano attestato sul Piave.

Qualcuno constatò che l'enorme quantità di azoto nell'atmosfera ci dà «il pane per vivere e le bombe per morire!».

La grande guerra segnò la fine della Belle Epoque, dell'ottimismo ottocentesco e, nel bilancio delle guerre, il passaggio dall'attivo al passivo.

La Germania perse la guerra, ma il suo processo di fissazione dell'azoto atmosferico fu vincente.

Attualmente gli impianti che producono urea e altri composti azotati, partendo principalmente dall'aria, dall'acqua e dagli idrocarburi, si vanno diffondendo in tutto il mondo per incrementare soprattutto la produzione di alimenti.

Lo spettro della fame fu allontanato ... ma definitivamente?

La Rivoluzione Industriale è da molti considerata l'evento di maggiore importanza nella storia moderna. Si verificò, come noto, in Gran Bretagna e in conseguenza uomini di pensiero inglesi e soprattutto scozzesi, quali A. Smith e T.R. Malthus, vedendo sorgere sotto i loro occhi i primi opifici, elaborarono importanti e rivoluzionari pensieri che aprirono un nuovo campo di indagine, l'economia politica.

(\*) Produzione di azoto fissato (in tonnellate di azoto), in Germania, nel periodo 1913-1918 [4]:

	1913	1914	1916	1918	aumento
Processo Haber	7.000	26.000	60.000	200.000	2.760%
Cianamide	10.000	—	—	60.000	500%
da Carbone	111.000	—	—	120.000	9%

Proprio Malthus, nel 1802, aveva pubblicato il secondo «*Essay on the Principle of Population*» (Saggio sul principio della popolazione).

Dati alla mano, egli arrivò ad una fondamentale conclusione: in assenza di vincoli esterni e se tutti gli individui nati riescono a riprodursi, la popolazione mondiale aumenta con progressione geometrica.

È interessante, per avere un'idea sull'ordine di grandezza del fenomeno, riportare un calcolo effettuato da P.C. Putnam: «Se la specie umana fosse stata originata da una coppia vissuta nel 10.000 a.C. e se i suoi membri si fossero riprodotti ad un tasso dell'1% l'anno, oggi la popolazione mondiale formerebbe una sfera di materia vivente del diametro di molte migliaia di anni luce, che si espanderebbe, prescindendo dalla teoria della relatività, ad una velocità radiale di parecchie volte superiore a quella della luce» [2].

La produzione di cibo, invece, presenta un andamento diverso che si può approssimativamente assimilare ad una progressione aritmetica [10].

Esaminando il problema più a fondo, per una determinata tecnica agricola, su un dato terreno, l'aumento di capitale su di esso investito, comporta incrementi decrescenti della produzione: quest'ultima cioè tende ad un valore finito.

Un simile andamento rispecchiava la situazione dell'agricoltura dell'Ottocento, di un'Europa popolata e coltivata da diversi secoli.

Malthus ne constatò un'allarmante crescita. La Rivoluzione Industriale stava provocando un'esplosione demografica. Nel 1750 si poteva stimare la popolazione europea in circa 145 milioni di individui. Un secolo dopo la stima sale a circa 265 milioni, nel 1900 a 400 milioni, nel 1950 a 550 milioni [2].

Malthus non avrebbe potuto ammettere una simile crescita perché questa si sarebbe arrestata per mancanza di cibo. È la disponibilità di risorse che determina il numero di individui e non viceversa.

Per inciso bisogna dire che il principio della popolazione venne in seguito esteso da C. Darwin a tutte le specie viventi, come punto di partenza per spiegare il meccanismo, rappresentato dalla selezione naturale, che regola la loro evoluzione.

Malthus, come vescovo anglicano, trasse le sue conclusioni: per impedire che carestia e fame facessero la loro apparizione, non c'era altra via che limitare le nascite, educando il popolo ad adottare il «freno morale». Il ricorso al «vizio», ossia al peccato, non era per lui nemmeno pensabile. B. Russell ha commentato in proposito: «... Malthus ebbe tre figli nei primi quattro anni di matrimonio e poi non ne ebbe più in grazia, si suppone, del "freno morale". Non si conosce l'opinione della signora Malthus sulla teoria della popolazione» [5].

Malthus non vide possibile un aumento della produzione di alimenti, come conseguenza della messa a coltura di nuove terre, perché considerava come terre fertili solo quelle europee. Quando qualcuno propose che l'Europa doveva coltivare il suo grano nelle grandi pianure delle Americhe, egli considerò la proposta uno scherzo o una follia [5].

Non solo in seguito ciò avvenne, ma gli studi scientifici sulla coltivazione

delle piante misero in luce il ruolo fondamentale dei fertilizzanti. Di conseguenza aumentarono come mai si era verificato in precedenza la produttività dei terreni europei ed americani e la popolazione.

Nuove terre e nuova produttività furono la risposta della scienza e della tecnologia dell'Ottocento all'appello di Malthus.

Lo spettro della fame venne così allontanato.

Dopo circa un secolo Crookes, come visto, lanciò alle «nazioni civilizzate», vale a dire all'Europa occidentale ed alle Americhe, il secondo grido di allarme. Carestia e fame sarebbero di nuovo comparse, se non si fosse realizzata la fissazione dell'azoto atmosferico. L'ammoniaca di sintesi rappresentò la risposta della scienza e della tecnologia degli inizi del Novecento all'appello di sir William.

Lo spaventevole spettro fu di nuovo allontanato.

Dopo circa un altro secolo, oggi, in un contesto non più limitato alle nazioni civilizzate, ma esteso all'intero pianeta, il grande problema si ripropone e si ripropone un terzo e più drammatico grido di allarme!

#### BIBLIOGRAFIA

- [1] L.H. HABER, *The Chemical Industry 1900-1930*, Clarendon Press, Oxford, (1971).
- [2] C.M. CIPOLLA, *Uomini, Tecniche, Economie*, Feltrinelli, (1977).
- [3] O. e M.F. HANDLIN, *Storia della ricchezza degli Stati Uniti*, BUR, (1975).
- [4] C. TONIOLO, *Giornale di Chimica Industriale*, anno 1, n. 4, (1919).
- [5] B. RUSSELL, *Storia delle idee del secolo XIX*, Oscar Mondadori, (1968).
- [6] L. CERRUTI, *Uomini e idee della Chimica classica*, Eurbase s.p.a., Milano, (1985).
- [7] G. MOSSE, *La cultura dell'Europa Occidentale*, Saggi Mondadori, (1986).
- [8] N. ABBAGNANO, *Dizionario di Filosofia*, TEA-UTET, (1993).
- [9] G. CRAIG, *Storia della Germania (1866-1945)*, Editori Riuniti, (1983).
- [10] K. TAMARU, da *Catalytic Ammonia Synthesis*, J.R. Jennings Editor, Plenum Press, New York, (1991).
- [11] Carteggio dell'ingegner Carlo Emilio Gadda con «l'Ammonia Casale», Edizione in cinquecento esemplari non venali promossa, dalla Ammonia Casale S.A. MCMLXXXII.
- [12] E. MARIANI, *Alfredo Nobel e l'industria degli esplosivi*, «Cultura e Scuola», n. 90, (1984), Istituto dell'Enciclopedia Italiana.

GIOVANNI SEMERANO (\*)

## **I venti anni (1917-1937) di Arturo Miolati all'Università di Padova: realizzazioni e progetti (\*\*)**

*Motto: «Alterius non sit qui suus esse potest»*

**Summary** - There are recollected: the settlement of the Chemistry Institute at the end of the first World War, the enlargement of the Engineer's School, the deanship of the Science and of the Pharmacy Faculties, the organization and development of the high pressure researches, those on electrochemical (polarographic) conditions, of Image Science and Technology, of Desmolysis, on the free radicals and transient molecules, and X-rays structure.

Il titolo di questo articolo di carattere storico ricorda quello adottato da Leonello Paoloni<sup>1</sup> per i dieci anni (1862-71) di Cannizzaro a Palermo; esso mi è sembrato opportuno, sia per i rapporti romani di Miolati con Cannizzaro, sia per la fedeltà di Paoloni alla sede universitaria palermitana non ostante i ripetuti richiami a lui rivolti dalla sede romana per i suoi meriti prioristici nell'introduzione dei metodi della meccanica quantistica nel campo della chimica.

Di famiglia di orafi, oriunda di Rovereto, Arturo Miolati nacque a Mantova il 2 marzo 1869; studiò a Zurigo, dove conseguì il diploma di ingegnere chimico all'ETH nel 1889 e il dottorato in filosofia presso l'Università nel 1891. Assistente al Politecnico di Zurigo nel 1891, di J.L. Meyer all'Università di Tubinga nel 1892, ritornò a Zurigo nel 1893 dove, oltre ai proficui contatti con A.R. Hantzsch, E.P. Treadwell e G. Lunge, iniziò la collaborazione con A. Werner, il fondatore della moderna teoria dei composti di coordinazione. Con questo

(\*) Comunità Culturale «Arturo Miolati», Padova.

(\*\*) Relazione presentata al VI Convegno Nazionale di «Storia e Fondamenti della Chimica» (Cagliari, 4-7 ottobre 1995).

<sup>1</sup> L. PAOLONI, *Atti del V Convegno Nazionale di Storia e Fondamenti della Chimica*, 17-30.X.1993, pp. 21-46.

ultimo pubblicò nel 1893 una nota<sup>2</sup> sulla conduttività elettrolitica delle soluzioni di complessi del cobalto (III), frutto della sua solida preparazione chimico-fisica, che doveva dimostrarsi decisiva per l'adozione delle loro vedute sulla costituzione di questa importante classe di composti, in contrapposizione alla teoria, allora accettata, delle catene di atomi di azoto a struttura ammoniacale.<sup>3</sup>

Nel 1893 fu chiamato a Roma da S. Cannizzaro del quale rimase assistente fino al 1903; in quella sede Egli poté proseguire le ricerche iniziate a Zurigo portando un contributo personale e decisivo alla teoria della costituzione di molti tipi di composti chimici specialmente inorganici. In quegli anni, Egli portò anche il suo contributo, vivace e polemico, sia nella scelta di nuovi indirizzi teorici e sperimentali della ricerca scientifica, sia per la riforma dell'insegnamento negli Istituti superiori.

Nel 1903 vinse il concorso per la cattedra di chimica industriale presso il Museo industriale di Torino, passando poi a quella di elettrochimica del locale Politecnico, la prima sorta in Italia, tenendo pure l'incarico di chimica fisica, la disciplina di sua specializzazione sin dai tempi di Zurigo.

Nel 1917, con voto unanime della Facoltà di Scienze MM.FF.NN. dell'Università di Padova, Arturo Miolati venne chiamato a succedere a Giuseppe Bruni nella cattedra di chimica generale, affidandogli anche l'incarico dell'insegnamento di chimica organica, al quale dopo pochi anni rinunciò per quello di chimica fisica (1924).

A Padova l'attendeva il grave onere del trasloco dell'Istituto dalla vecchia sede di via S. Francesco a quella di via L. Loredan, lavoro che avrebbe potuto essere piacevole per un nuovo direttore, ma reso invece penoso dalla circostanza particolarmente gravosa nel dopoguerra del primo conflitto mondiale. Nel 1915, quando anche l'arredamento era pressoché ultimato, l'edificio era stato requisito dall'autorità militare che lo riconsegnò soltanto nel 1919, nello stato che ognuno può immaginare, ed egli dovette procedere nell'improbabile lavoro di riattamento e di trasferimento con disponibilità finanziarie irrisorie. L'Istituto tuttavia poteva già funzionare per l'anno accademico 1919-20.<sup>4</sup>

Nell'anno accademico 1925-26, Arturo Miolati fu incaricato dell'insegnamento di chimica teorica e nel 1926-27 di quello di chimica teoretica.

Alla sua iniziativa si deve inoltre, non appena fu possibile, l'assegnazione di un posto di ruolo, nella Facoltà di Scienze MM.FF.NN., alla sua prediletta chi-

<sup>2</sup> A. WERNER e A. MIOLATI, *Beiträge zur Konstitution anorganischer Verbindungen. Erste Abhandlung.* (Laboratorio del Politecnico di Zurigo), *Z. Physik. Chem.* (Lipsia), 1893, XII (I), 35-55; A. WERNER e A. MIOLATI, *Contributo allo studio dei composti inorganici* (Zurigo-Roma), *Gazz. Chim. Ital.*, 1893, XXIII (II), 140-65. Pervenuta l'11 luglio 1893.

<sup>3</sup> G.B. KAUFFMAN, *Arturo Miolati (1869-1956)*, «ISIS», 61, Parte 2, n. 207 (1970).

<sup>4</sup> C. SANDONNINI, *Commemorazione del membro Prof. Arturo Miolati*, *Atti Ist. Ven. Sci. Lett. ed Arti*, n.a. 1956-57, tomo CXV, parte generale e Atti Ufficiali, p. 1.



mica-fisica della quale fu il primo titolare dal 1932. Tale circostanza è ricordata anche dal recente fascicolo illustrativo del Dipartimento di Chimica-Fisica<sup>5</sup> che riconosce nel Miolati il vero fondatore della chimica fisica padovana e l'iniziatore di una Scuola che ha sempre teso ad unificare gli studi delle proprietà delle sostanze inorganiche ed organiche con quelli strutturali teorici e sperimentali.

A Padova fu preside della Facoltà di Scienze per il biennio 1927-29<sup>6</sup> e di quella di Farmacia per il triennio 1929-32 e Commissario della Scuola di Applicazione degli Ingegneri per il biennio 1929-30 ed ebbe una parte di primo piano nella riforma dell'ordinamento degli studi di farmacia in Italia e nell'ampliamento della locale sede della Scuola di Ingegneria con la conseguente sistemazione degli istituti e musei di mineralogia e geologia.

Arturo Miolati è stato uomo di alta cultura, autore di varie realizzazioni e di vari progetti di ricerca scientifica che i suoi allievi si sono preoccupati di sviluppare o di portare a compimento.

Come elettrochimico ha conseguito due brevetti per vari tipi di accumulatori e ha il merito di avere intuito, a seguito di una sua visita a Praga nel 1927, l'importanza che rivestivano le ricerche con l'elettrodo a gocce di mercurio ideate dal chimico cecoslovacco J. Heyrovský e che dovevano laurearlo Nobel nel 1956. La dotazione dell'Istituto di Padova di un «Polarografo» nel 1929 e le ricerche suggerite ed affidate al sottoscritto dal Miolati avrebbero condotto agli sviluppi e risultati sui quali riferisce dettagliatamente il dott. F. Calascibetta in questo Convegno.

La realizzazione industriale di numerose sintesi chimiche di prodotti di grande importanza (ammoniaca, alcol metilico, carburanti, ecc.), grazie all'impiego di pressioni elevate, indussero sin dal 1927 il prof. Miolati ad allestire, presso l'Istituto di Chimica Generale e Inorganica, allora da lui diretto, un laboratorio largamente dotato (compressori, autoclavi fisse ed oscillanti, apparecchi per catalisi con relative pompe di circolazione, gassometri, forni, calorimetri) per lo studio di reazioni chimiche tra sostanze fortemente compresse<sup>7</sup> e consigliarono il sottoscritto per un anno a perfezionare le sue conoscenze presso l'Institut of Science and Technology di South Kensington di Londra, diretto dai proff. Bone e Newitt, e specializzarlo sui fenomeni di combustione e reazioni sotto alte pressioni.

Tra le tecniche e i campi di lavoro che A. Miolati ha suggerito e guidato nelle loro applicazioni vanno ricordati inoltre:

<sup>5</sup> AA.VV., *Università degli Studi di Padova. Dipartimento di Chimica Fisica (1987-1991)*, 48 pp., v. p. 5.

<sup>6</sup> La notizia mi è stata gentilmente comunicata dall'attuale Preside, prof. Cesare Pecile.

<sup>7</sup> G. SEMERANO, *Il capannone della alte pressioni dell'Istituto di Chimica Fisica*, Ann. R. Univ. Padova, Tipografia del Seminario, Padova 1939.

1. L'effetto di onde elettromagnetiche ultracorte su sostanze chimiche definite (con L. Amati, L. Riccoboni e A. Dell'Agnola);<sup>8</sup>

2. Lo studio di un sistema di proiezioni fotografiche e cinematografiche a colori mediante reticoli di diffrazione del tutto originali che hanno richiesto, tra l'altro, lo studio di sistemi di controllo fotoelettrico per la migliore riproducibilità dei reticoli interferenziali sul materiale sensibile (con L. Amati e C. Bocca, 1934-37);

3. La realizzazione (sempre con L. Amati e C. Bocca, 1935) di un particolare procedimento fotografico che dà la possibilità di mettere in evidenza e di decifrare scritture di «ostraka» assolutamente indecifrabili con altri sistemi;<sup>9</sup>

4. La preparazione e lo studio di sensibilizzatori infrarossi del gruppo delle carbocianine particolarmente adatti per le indagini di spettroscopia molecolare e la fotografia oltre nebbia (con E. Viterbi, 1926-27).

Queste ultime attività, nel campo recente della «Nuova Fotografia» si definirebbero come appartenenti alla «Imaging Science and Technology».

5. Proposta di studi dell'infrarosso mediante sollecito acquisto di uno spettrografo Kipp & Zonen e la collaborazione con il fisico di Napoli Antonio Carrelli;

6. La progettazione (con il collega mineralogo A. Bianchi) dell'introduzione a Padova della strutturalistica a raggi X;

7. Iniziative importanti per la didattica chimica: collezione di prodotti chimici, collegati tra loro geneticamente per varie sintesi di sostanze organiche fondamentali; vasta collezione di composti inorganici non esistenti sul mercato; esperienze da banco (su leggi fondamentali della chimica, propagazione di fiamme, autoaccensione del fosforo bianco, ecc.) particolarmente adatte ad illustrare i vari corsi di chimica generale tenuti da Miolati.

Verso la fine della sua attività a Padova e dopo il suo ritiro anticipato di due anni a Roma, da dove manteneva sempre stretti rapporti con il vecchio Istituto di via Loredan, Miolati tornò a rivolgere la sua attenzione alla chimica organica, nella quale si era distinto all'inizio della sua carriera scientifica, considerando le reazioni tra sostanze organiche alla luce della chimica inorganica dei composti di coordinazione.

Dalle sue considerazioni Miolati sviluppò il concetto di «molecole labili», sottospecie in certi casi dei radicali liberi. Egli propose che certe sostanze organiche siano da considerare come polimeri di sostanze più semplici, meno stabili, e che i legami tra gli atomi di carbonio di tali sostanze siano simili a quelli tra gli atomi di elementi poliatomici. Il processo di polimerizzazione rappresen-

<sup>8</sup> L. AMATI, *Ricerche intorno all'eventuale azione di onde elettromagnetiche corte su sostanze chimiche definite*, «Ann. Chim. Appl.», 22, 203-11 (1932).

<sup>9</sup> V. lavoro n. 9 dell'elenco delle pubblicazioni di A. Miolati.

rebbe così un mezzo di stabilizzazione di forme labili, come avviene per molte forme di speci inorganiche.

Per dare un fondamento a tale ipotesi, il Miolati ha effettuato o fatto effettuare una serie di difficili e delicate esperienze su equilibri e scissioni alle interfasie (desmolisi), di fotolisi, decomposizione termica, elettrolisi spesso in condizioni polarografiche.<sup>10</sup>

Questa attività portò il Miolati a proporre l'inizio a Padova degli studi sui radicali liberi, diventati di moda dopo la celebre esperienza del 1929 di Paneth, le ricerche dei due Rice, ecc. Tali studi, sviluppati sia teoricamente che sperimentalmente, hanno condotto all'attuale Centro di Studi del C.N.R. diretto dal prof. G. Giacometti.

L'età ormai avanzata, la lontananza dai laboratori ed i gravi malanni della moglie e suoi interruppero questa sua attraente attività! Così pure il volume che un giorno egli voleva intitolare «Panorami chimici» per il quale aveva raccolto tanto materiale, già in gran parte dattiloscritto, non fu condotto a termine.

La sua vita di studio, ispirata al moto paracelsiano riportato all'inizio di questo lavoro, si concludeva così dolorosamente.

A chiusura di questo articolo si ritiene utile riportare l'elenco delle pubblicazioni di Arturo Miolati a partire dal 1923; esso è compilato secondo l'ordine cronologico di presentazione alle varie riviste, in modo da poter seguire nel tempo l'attività del Maestro.

1. «L'ammoniaca sintetica dell'Italia». MIOLATI A. (R. Università di Padova), *Atti I Congresso Naz. Chimica Pura ed Applicata*, Roma, 3-6 giugno 1923, 69-79; *Chim. Ind. (Milan)*, 1923, V, 439-45. Settembre 1923.
2. «Lo sviluppo del processo Casale per l'ammoniaca sintetica». MIOLATI A., *Chim. Ind. (Milan)*, 1924, VI, 370. Agosto 1924.
3. «Amaritudine». MIOLATI A. (Padova), *Chim. Ind. (Milan)*, 1924, VI, 526. Ricevuta il 26 novembre 1924.
4. «Relazione all'Azienda Comunale del Gas di Padova». MIOLATI A., Padova, 18 maggio 1926, 16 pagg. e 3 allegati.
5. «L'ammoniaca sintetica ed il processo Casale». MIOLATI A. (R. Università di Padova), Conferenza tenuta il 17 febbraio 1927 all'Istituto di Chimica della Scuola Politecnica di Praga. Roma, «L'Universale», 1927, 45 pagg. e 23 tavole f.t.  
Edizione francese: 47 pagg. e 25 tavole f.t. sugli impianti Casale.  
Edizione inglese: 45 pagg. e 28 figg. f.t.

<sup>10</sup> V. lavori n. 10-20, 22 e 23 dell'elenco delle pubblicazioni di A. Miolati.

6. A. MIOLATI. «Storage batteries». U.S. Patent 1.632.307 (14 giugno 1927); «Lead Peroxide Accumulator». Canadian Patent 278.224 (28 febbraio 1928).
7. «Il secolo dell'idrogeno». MIOLATI A., *Atti Mem. Accad. Sci., Let. Arti (Padova)*, 1929, XLV, 21 pagg. (discorso inaugurale).
8. «La Synthèse de l'Ammoniaque par le procédé Casale». MIOLATI A., Conferenza tenuta il 30 giugno 1933 alla Scuola Mineraria di Mons (Hainaut, Belgio), 58 pagg. e 30 figg. f.t. degli impianti.
9. «Di un nuovo metodo applicato alla fotografia di "Ostraka"». MIOLATI A., AMATI L., BOCCA C. (Padova), *Atti IV Congr. Intern. Papirologia* (Firenze), aprile-maggio 1935, 77-83.
10. «Dell'esistenza di molecole labili  $\text{CH} \cdot \text{COOH}$  e  $\text{CH}_2 \cdot \text{COOH}$  come elementi costitutivi di acidi organici». MIOLATI A., SEMERANO G. (Padova, Istituto Chimica Fisica Università), *Ric. Sci.*, 1936, Serie II, anno VII, vol. 11.
11. «Scissioni di molecole organiche». MIOLATI A., SEMERANO G., *Ric. Sci.*, 1937, 8 (II), 243-8.
12. «Contributi alle conoscenze dei composti organici». MIOLATI A., SEMERANO G., *R. Accad. Italia, Mem. Classe Sci. Fis., Mat. Nat.*, 1937, VIII (5), 215-94.
13. «Dell'esistenza di molecole labili, come elementi costitutivi di acidi organici ed in genere di sostanze organiche», MIOLATI A., 215-41.
14. «La dissociazione dell'acido aconitico in molecole labili  $\text{CH} \cdot \text{COOH}$  allo strato interfase mercurio-acqua», SEMERANO G., 243-53.
15. «La costante di dissociazione elettrolitica dell'acido  $\text{CH} \cdot \text{COOH}$  ed il grado di depolimerizzazione degli acidi maleico, fumarico ed aconitico», SEMERANO G., 255-94.
16. «Gliosale, aldeide formica e funzione aldeidica». MIOLATI A., *Atti Ist. Veneto Sci., Lett. Arti, Classe Sci., Mat. Nat.*, 1944, CIII (II), 105-32. Presentata il 4 luglio 1943, licenziate le bozze il 12 febbraio 1944.
17. «Acido formico, acido ossalico e funzione carbossilica». MIOLATI A., *Commentationes Pontif. Accad. Sci.*, 1945, IX (7), 205-87. Presentata il 10 settembre 1944.
18. «Considerazioni su due reazioni biochimiche». MIOLATI A. (Roma, v. Luigi Settembrini, 38), *Ric. Sci.*, 1946, 1271-2; datata 28 giugno 1946. In extenso: *Gazz. Chim. Ital.*, 1946, 76, 385-91; datata 24 luglio 1946.
19. «Confronti tra composti organici ed inorganici». MIOLATI A. (Roma, v. Luigi Settembrini, 38), *Gazz. Chim. Ital.*, 1946, 76, 392-403; datata 29 luglio 1946.
20. «Chimica Organica e Biochimica». MIOLATI A., *Rend. Accad. Naz. XL*, 1948, 27 (III), 147-83. Mem. datata giugno 1945.
21. «Il petrolio e la sua formazione in natura». MIOLATI A., *Ric. Sci.*, 1950, 20 (3), 244-53; datata 31 ottobre 1949.

22. «Di alcune funzioni della chimica organica e di atomi aivalenti in molecole». MIOLATI A., *Rend. Accad. Naz. XL*, 1950, *XL*, vol. I, 31-85; datata dall'Autore: luglio 1948.
23. «Dell'aldeide formica». MIOLATI A., *Rend. Accad. Naz. XL*, 1951, Serie IV, vol. II, 183-91; datata: gennaio 1951.

ALTRE PUBBLICAZIONI DI ARTURO MIOLATI

24. Correzione delle bozze di stampa di una edizione del *Lehrbuch der theoretischen Chemie vom Standpunkt der Avogadroschen Regel und der Thermodynamik*, di W. NERNST. Ringraziamento dell'Autore. L'8<sup>a</sup>-10<sup>a</sup> edizione, del 1921, edit. F. Enke, Stuttgart, consta di 896 pagg.
25. Traduzione in italiano del *Trattato di Chimica Organica*, di A. BERNTHSEN, 2<sup>a</sup> edizione. La 3<sup>a</sup> edizione italiana di B.L. Vanzetti, sulla traduzione del Miolati e sulla 15<sup>a</sup> ed ultima edizione tedesca, di F. Vallardi, edit., Milano 1922, consta di 692 pagg.
26. Quaderni di Chimica. N. 1. Sostanze Solide Ideali e Semplici. Dalle lezioni del corso di Chimica Fisica, a.a. 1929-1930, 55 pagg. Casa editr.: Gruppo Universitario Fascista, Padova, VIII (1930); a cura di G. Semerano.

FRANCO CALASCIBETTA (\*) - ANDREA LATINI (\*)

## **«Work, Finish, Publish»: J. Heyrovský e l'ascesa della polarografia negli anni tra il 1922 e il 1939 (\*\*)**

**«Work, Finish, Publish»: J. Heyrovský and the Development of Polarography  
in the Years between 1922 and 1939.**

**Summary** - It is well known that, for the Czech scientist J. Heyrovský, the discovery, on 10 February 1922, of the particular phenomena occurring during the electrolysis using a dropping mercury cathode was an event that changed his whole scientific life. Heyrovský immediately realized how important his discovery could be and, from then on, devoted his efforts to promoting all its imaginable applications in every sector of Chemistry and to making his methodology known by every possible means.

The main steps taken by Heyrovský to put his plan in effect were: creating a true research school around him, almost exclusively devoted to developing the full potential of polarography (as he started calling the technique in 1925, the year in which, together with the Japanese Scientist, M. Shikata, he produced the first polarograph, an automatic device for recording the experimental curves); giving hospitality to young researchers from all over the world; founding a scientific journal «Collection of Czechoslovak Chemical Communications», in English and French so that the results achieved in his school could be published promptly in a language understood by the international community. This program was nearly completed, by the eve of the Second World War.

Other important parts of the program were a series of journeys abroad by the Czech scientist, his attention to the publication of books and monographs on the new technique and, in particular, intensive research work conducted for years by himself and the members of his school, so as not to lose a single opportunity for finding new examples of applications of polarography.

This attitude, summed up by the words «Work, Finish, Publish», attributed to Faraday and adopted as its motto by the Prague school, sometimes led to hasty conclusions which subsequently had to be corrected or revised. One example of this is the note, published in «Nature» in 1925, which reported the finding in commercial manganese salts, by polarographic analysis, of traces of element 75, discovered a few months previously by the German scientists Noddack, Tacke and Berg.

Even though this matter of dvi-manganese (as Heyrovský, true to the Mendeleev tradition, proposed to call the element in question) turned out to be a false step, it still constituted a significant event for the work of the Czech scientist, aimed at making the new methodology and its undeniable potential known to the scientific community.

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

(\*\*) Relazione presentata al VI Convegno Nazionale di «Storia e Fondamenti della Chimica» (Cagliari, 4-7 ottobre 1995).

## Introduzione

Come è noto il nome dello scienziato ceco Jaroslav Heyrovský (Fig. 1) fu indissolubilmente legato per tutta la vita alla scoperta della polarografia.<sup>1</sup> Il motto, attribuito a Newton, «A man must resolve either to produce nothing new or to become a slave to defend it», che Heyrovský fece suo riproducendolo tra l'altro in un cartello appeso su una parete dell'istituto da lui diretto, sicuramente può essere emblematico delle caratteristiche di ricerca dello scienziato ceco.<sup>2</sup> Veramente Heyrovský accettò di farsi «schiavo» della polarografia, dedicando l'intera sua vita scientifica al suo sviluppo in ogni possibile campo di applicazione e alla utilizzazione di tutti gli strumenti più idonei a divulgare tale metodologia e a favorirne il successo. I dati relativi agli articoli di polarografia pubblicati in alcune nazioni negli anni tra il 1922 e il 1929 (vedi Tabella 1) testimoniano una diffusione della tecnica sostanzialmente compiutasi alle soglie della seconda guerra mondiale, prologo questo del suo indubitabile successo negli anni '40-'60, che culminerà con l'attribuzione del Nobel allo stesso Heyrovský nel 1959. Ovviamente in questo successo pesarono anche le oggettive qualità del metodo, la sua sensibilità, soprattutto contestualizzata all'epoca in oggetto. Il

<sup>1</sup> Per i non chimici possiamo definire la polarografia come una sorta di elettrolisi effettuata utilizzando un catodo a goccia di mercurio. Variando la differenza di potenziale applicata e misurando la corrispondente intensità di corrente che passa nel circuito si ottiene un caratteristico andamento a gradini. Operando in opportune condizioni, si può legare l'altezza del gradino alla concentrazione della specie che si riduce al catodo. D'altro canto il valore del potenziale a cui la riduzione comincia può essere correlato con la natura della specie che si riduce. La polarografia può quindi essere utilizzata per determinazioni analitiche sia qualitative che quantitative. Inoltre essa può avere applicazioni in campo chimico-fisico, per la misura di potenziali di riduzione, di costanti di equilibrio sia in campo organico che inorganico, ecc. Fatta questa breve premessa, probabilmente necessaria data la attuale piuttosto limitata diffusione di tale metodologia, è comunque opportuno precisare che nel presente contributo non saranno trattati aspetti tecnici relativi alla polarografia, ma si soffermerà l'attenzione sul suo processo di diffusione a partire dalla sua scoperta nel 1922.

<sup>2</sup> Questa passione di Heyrovský per le frasi celebri, che dovevano fungere da guida della ricerca sua e dei suoi allievi, è ricordata ripetutamente nelle numerose biografie scritte in varie occasioni prima e dopo la sua morte. Tra esse ricordiamo: P. ZUMAN, *With the Drop of Mercury to the Nobel Prize*, in *Electrochemistry Past and Present* (J. Stock, M.V. Orna eds.), ACS Symposium Series 390, Washington, American Chemical Society, 1989, pp. 339-369; R. BRDIČKA, *To the Sixtieth Birthday of Professor J. Heyrovský*, «Collection Czechoslov. Chem. Commun.», 1950, 15, 691-698; J. KORYTA, *Discovery of Polarography*, «J. Chem. Ed.», 1972, 49, 183-185; M. TEICH, *J. Heyrovský*, in *Dictionary of Scientific Biography* (C.C. Gillispie ed.), Scribner's Sons, New York, 1972, V. 6, pp. 370-376. C'è da dire che in genere tutti questi contributi, scritti da allievi dello stesso Heyrovský, pur utili per il buon numero di notizie biografiche che contengono, sono da considerare quanto meno problematici dal punto di vista di una attendibile informazione storica, tesi più che altro a glorificare e a mitizzare la figura del caposcuola e a creare una sorta di storia «istituzionalizzata» della tradizione disciplinare polarografica.



Fig. 1 - Jaroslav Heyrovský (1890-1967) (Foto tratta da: I.M. KOLTHOFF, J.J. LINGANE, *Polarography*, Interscience Pub., New York, 1941, citato in nota 23).

nostro scopo in questa sede è però quello di sottolineare l'importanza assunta per la diffusione della polarografia dall'azione di propaganda svolta in varie forme dal suo scopritore in quello che è stato definito un consapevole e mirato «program of consciousness raising», intrapreso fin dal 1922.<sup>3</sup> I passi principali attraverso i quali tale programma venne attuato furono i seguenti:

<sup>3</sup> La definizione è del prof. P.J. Elving, ed è riportata in *A History of Analytical Chemistry* (H.A. Laitinen, G.W. Ewing eds.), York PA, A.C.S., 1977, p. 255.



TABELLA 1 - *Distribuzione degli articoli di polarografia per provenienza geografica negli anni tra il 1922 e il 1939* (Elaborazione a partire dai dati bibliografici riportati in: G. SEMERANO, *Bibliografia Polarografica*, Supplemento a «La Ricerca Scientifica», 1949, n° 19).

	1922	1923	1924	1925	1926	1927	1928	1929	1930
Cecoslovacchia	1	1	4	15	6	7	17	15	22
Francia	0	0	0	0	0	0	2	2	0
Germania	0	0	0	0	0	0	1	0	0
Giappone	0	0	1	1	1	8	9	6	7
Gran Bretagna	0	0	0	0	0	1	1	0	3
Italia	0	0	0	0	0	0	0	0	0
U.R.S.S.	0	0	0	0	0	0	0	0	1
U.S.A.	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Altri	0	0	0	0	0	0	0	0	5
Totale	1	1	5	16	7	16	30	23	38

	1931	1932	1933	1934	1935	1936	1937	1938	1939
Cecoslovacchia	16	21	19	24	21	21	29	22	24
Francia	0	0	0	2	0	0	1	4	4
Germania	0	1	0	1	5	14	18	38	30
Giappone	10	7	5	8	5	4	6	12	7
Gran Bretagna	0	0	0	0	0	1	5	3	3
Italia	1	7	8	6	5	6	6	10	13
U.R.S.S.	1	0	0	1	4	5	20	20	21
U.S.A.	0	0	0	1	2	2	4	12	30
Altri	4	1	1	6	3	4	8	13	18
Totale	32	37	33	49	45	57	97	134	150

1) Immediata pubblicazione di articoli riguardanti la polarografia su riviste scientifiche di ampia diffusione quali il *Philosophical Magazine*, i *Comptes Rendues de l'Académie des Sciences*, *Nature* etc.;

2) Creazione in pochi mesi di una vera e propria scuola di ricerca polarografica;

3) Realizzazione e commercializzazione di un apparecchio automatico (il polarografo);

4) Ampia disponibilità ad accogliere presso l'Istituto di Chimica Fisica dell'Università di Praga giovani ricercatori provenienti da numerosi paesi stranieri;

5) Fondazione di una rivista di chimica ceca con articoli scritti in inglese e francese (Il «Collection of Czechoslovak Chemical Communications»);

6) L'effettuazione da parte di Heyrovský di un notevole numero di viaggi e seminari all'estero per diffondere la polarografia;

7) La pubblicazione di libri e monografie sul nuovo metodo.

Nel paragrafo successivo esamineremo con maggior dettaglio le varie fasi di questo programma, documentandole con materiale edito e inedito, proveniente quest'ultimo dall'Archivio dell'Accademia delle Scienze della repubblica ceca, in cui è conservata tutta la documentazione relativa ad Heyrovský.<sup>4</sup>

### *I passi del programma*

Ovviamente uno dei primi passi compiuti da Heyrovský, dopo la sua scoperta del 1922, fu quello di pubblicizzare i suoi risultati pubblicandoli in riviste scientifiche internazionali di elevata diffusione e prestigio.<sup>5</sup> A questo proposito furono importanti i contatti da lui stabiliti in precedenza, in Inghilterra e in Francia, grazie anche allo aiuto prestatogli dal grande chimico ceco Boruslav Brauner, vecchio amico di Mendeleev e tra i primi sostenitori e divulgatori del sistema periodico. Se in Inghilterra fu soprattutto Donnan ad appoggiare gli articoli proposti dal giovane Heyrovský al *Philosophical Magazine* e più tardi a *Nature*,<sup>6</sup> in Francia fu G. Urbain a prendere sotto la propria importante prote-

<sup>4</sup> *Osobní fond Jaroslava Heyrovského*, Ústřední Archiv Československé Akademie Ved, Praha, 1989.

<sup>5</sup> Il primo articolo relativo alla propria scoperta fu scritto da Heyrovský in ceco: J. HEYROVSKÝ, *Elektrolýza se rtuťovou kapkovou katódou* (Elettrolisi con il catodo a gocce di mercurio), «Chemické Listy», 1922, 16, 256-304.

<sup>6</sup> Heyrovský si era formato in Chimica Fisica a Londra negli anni tra il 1910 e il 1914, prima con W. Ramsay, e poi con F.G. Donnan, con cui compì ricerche di carattere elettrochimico, in particolare sulla misurazione del potenziale standard dell'elettrodo di alluminio. Il suo stretto legame con Donnan durò per molti anni, come documentato dalla corrispondenza che i due si scambiarono fino alla morte dello scienziato inglese, corrispondenza conservata nel fondo Heyrovský (cartone 8, inv. item 489). In alcune lettere di Donnan ad Heyrovský del 1924 e 1925, è appunto documentata l'opera di sostegno che lo stesso Donnan andava compiendo per facilitare la pubblicazione dei primi articoli polarografici di Heyrovský su riviste inglesi.

zione «il figlio intellettuale di Brauner».<sup>7</sup>

Dopo la pubblicazione di questi primi articoli, l'attività di Heyrovský, volta a sviluppare la nuova metodologia, fu diretta alla creazione di quella che diverrà in pochi anni la scuola polarografica di Praga. L'importanza che Heyrovský attribuì sin da subito alla propria scoperta lo portò infatti, a partire dall'autunno del 1922, a circondarsi di un non trascurabile numero di laureandi e giovani laureati che cominciarono a lavorare in polarografia sotto la sua direzione, costituendo immediatamente un gruppo di ricerca estremamente attivo, centrato sulla nuova metodologia, che veniva applicata con sistematicità ad un certo numero di cationi diversi. Risultarono inoltre presenti sin da questa prima fase accenni a possibili applicazioni in Chimica Organica, e tentativi di approfondimento degli aspetti teorici.

L'occasione del debutto ufficiale della scuola di Praga fu fornito nel 1925 dal 70° compleanno di Brauner, celebrato con un volume del «Recueil des Travaux Chimiques des Pays Bas» interamente dedicato ad articoli scritti in suo onore. Heyrovský ed i suoi allievi vi pubblicarono 11 articoli, per complessive 119 pagine,<sup>8</sup> che illustravano tutti i risultati ottenuti con la polarografia. Tra questi articoli, per l'importanza che avrà ai fini della diffusione della metodologia, spicca il secondo, scritto da Heyrovský insieme con il giovane chimico giapponese Masuro Shikata. In tale articolo veniva descritto un apparecchio automatico, battezzato appunto polarografo, da cui verrà il nome da allora in poi assegnato alla tecnica, apparecchio che consentiva di registrare una curva polaro-

<sup>7</sup> Vedi lettera di Urbain ad Heyrovský del 1 luglio 1924 (fondo Heyrovský, cartone 26, inv. item 2227). In essa il chimico francese esorta Heyrovský, pur senza trascurare gli articoli in inglese, a pubblicare nei Comptes Rendues riassunti delle proprie ricerche, cosa che Heyrovský si affrettò a fare pochi mesi dopo.

<sup>8</sup> Gli articoli pubblicati furono i seguenti: J. HEYROVSKÝ, *Researches with the Dropping Mercury Cathode*. Part I. *General Introduction*, «Rec. Trav. Chim.», 1925, 44, 488-495; J. HEYROVSKÝ, M. SHIKATA, *Researches with the Dropping Mercury Cathode*. Part II. *The Polarograph*, «Rec. Trav. Chim.», 1925, 44, 496-498; J. HEYROVSKÝ, *Researches with the Dropping Mercury Cathode*. Part III. *A Theory of Over-potential*, «Rec. Trav. Chim.», 1925, 44, 499-502; P. HERASYMENKO, *Researches with the Dropping Mercury Cathode*. Part IV. *Changes in Overvoltage with the Concentration of Hydriions*, «Rec. Trav. Chim.», 1925, 44, 503-513; V. BAYERLE, *Researches with the Dropping Mercury Cathode*. Part V. *Deposition of Arsenic, Antimony and Bismuth*, «Rec. Trav. Chim.», 1925, 44, 514-519; J. BREZINA, *Researches with the Dropping Mercury Cathode*. Part VI. *The Electro-Deposition of Manganese and the Complexity of Manganous Ions in Ammoniacal Solutions*, «Rec. Trav. Chim.», 1925, 44, 520-527; N.V. EMELIANOVA, *Researches with the Dropping Mercury Cathode*. Part VII. *Nickel and Cobalt*, «Rec. Trav. Chim.», 1925, 44, 528-548; E.B. SANIGAR, *Researches with the Dropping Mercury Cathode*. Part VIII. *The Electrolysis of Some Complex Cyanides*, «Rec. Trav. Chim.», 1925, 44, 549-579; J. SMRZ, *Researches with the Dropping Mercury Cathode*. Part IX. *Tin*, «Rec. Trav. Chim.», 1925, 44, 580-590; W. PODROUZEK, *Researches with the Dropping Mercury Cathode*. Part X. *Some Organic Bases*, «Rec. Trav. Chim.», 1925, 44, 591-599; B.A. GOSMAN, *Researches with the Dropping Mercury Cathode*. Part XI. *Influence of Anions*, «Rec. Trav. Chim.», 1925, 44, 600-607.

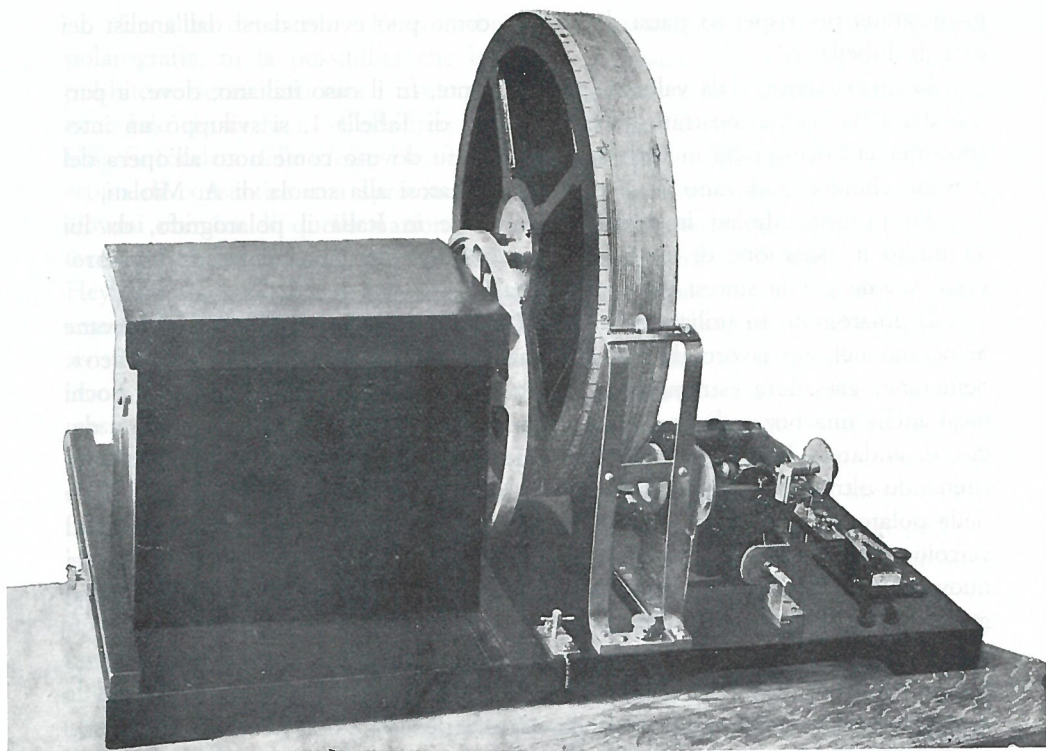


Fig. 2 - Il primo polarografo (Foto tratta da: J. HEYROVSKÝ, M. SHIKATA, *Researches with the Dropping Mercury Cathode. Part II. The Polarograph*, «Rec. Trav. Chim.», 1925, 44, 496-498, citato in nota 8).

grafica in pochi minuti (Fig. 2). Interessante notare come la macchina fosse costruita dal meccanico dell'istituto diretto da Heyrovský e potesse essere direttamente acquistata presso l'Università per 10 sterline, come veniva ricordato in una nota dell'articolo. Questa situazione si mantenne per anni, nel senso che fu lo stesso Heyrovský a tenere sotto il suo controllo la diffusione e la commercializzazione del polarografo. Solo più tardi egli consentirà la fabbricazione dell'apparecchio ad altre ditte, tra cui la Leybold di Colonia e, ormai all'inizio del conflitto mondiale, la statunitense Sargent.

Shikata fu il primo dei giovani stranieri ospitati nel laboratorio di Heyrovský, destinati poi a costituire nel proprio paese di origine il nucleo di sviluppo della polarografia. Altri esempi di questo pure importante passo del programma di diffusione della metodologia furono i soggiorni a Praga in quegli anni del polacco W. Kemula e della russa E. Varasova. C'è da dire che tali contributi non si tradussero per altro immediatamente nella nascita di una scuola nazionale di

polarografia nei rispettivi paesi di origine, come può evidenziarsi dall'analisi dei dati di Tabella 1.<sup>9</sup>

Diverso invece, e da valutare positivamente, fu il caso italiano, dove, a partire dal 1931, come mostrato ancora dai dati di Tabella 1, si sviluppò un interesse per la polarografia in varie sedi. Questo fu dovuto come noto all'opera del giovane chimico padovano G. Semerano, formatosi alla scuola di A. Miolati.

Fu proprio Miolati in realtà a far venire in Italia il polarografo, da lui ammirato in occasione di un suo viaggio a Praga per una conferenza sul processo Casale per la sintesi dell'ammoniaca.<sup>10</sup>

Il polarografo fu utilizzato a Padova per la prima volta proprio dal giovane Semerano nel suo lavoro di tesi, intitolato appunto «Il metodo polarografico». Semerano, già allora estremamente attivo e pieno di iniziativa, scrisse in pochi mesi anche una bozza di una monografia in italiano sul nuovo apparecchio e decise di andare a Praga a perfezionarsi. Heyrovský lo accolse con estremo favore ritenendo oltre tutto il libro di Semerano un importante strumento di diffusione della polarografia. Così fu infatti e, soprattutto grazie all'opera di Semerano e al veicolo costituito da tale monografia,<sup>11</sup> l'Italia vide il sorgere di interessi per la nuova metodologia sia in campo accademico che industriale non solo a Padova, ma anche a Pisa, Milano e Roma.<sup>12</sup>

<sup>9</sup> Ricordiamo qui alcuni di questi primi lavori di Kemula e della Varasova: W. KEMULA, *Polarographic Studies with the Dropping Mercury Kathode*. Part XI. *Overpotential of Mercury Deposited from Mercuric Salt Solutions*, «Collection Czechoslov. Chem. Communs.», 1930, 2, 347-362; W. KEMULA, *Ueber Heyrovský's elektroanalytische «polarographische» Methode und ihre Anwendung in der theoretischen und praktischen Chemie*, «Zeit. Elektrochem.», 1931, 37, 779-795; J. HEYROVSKÝ, J. RASCH, B. RAYMAN, E. VARASOVA, *L'adsorbimento dell'ossigeno al catodo a goccia di mercurio in diverse soluzioni acquose*, (Relazione al VI Congresso in Praga degli Scienziati, Medici ed Ingegneri cecoslovacchi, 1928, in ceco); E. VARASOVA, *Polarographic Studies with the Dropping Mercury Kathode*. Part VIII. *Maxima of Current Due to Electro-reduction of Oxygen in Solutions of Strong Electrolytes*, «Collection Czechoslov. Chem. Communs.», 1930, 2, 8-30. Entrambi gli autori comunque rivestiranno in anni successivi un ruolo importante nella comunità polarografica e nella diffusione della polarografia nei loro rispettivi paesi.

<sup>10</sup> Presso il prof. Semerano abbiamo potuto leggere al proposito una lettera di Heyrovský a Miolati, datata 12 febbraio 1929, a testimonianza della corrispondenza che i due si scambiarono in tale occasione. In questa lettera lo scienziato ceco ringrazia Miolati per le gentili parole con cui questi, in una precedente missiva, aveva voluto lodare la nuova rivista di chimica, diretta dallo stesso Heyrovský insieme a Votocek (il «Collection of Czechoslovak Chemical Communications», su cui torneremo tra poco) e assicura lo scienziato italiano dell'assoluta qualità del polarografo da loro commercializzato, del tutto identico a quello utilizzato da lui stesso e dai suoi collaboratori per la registrazione delle curve polarografiche pubblicate nel Collection ed in altri giornali.

<sup>11</sup> L'opera in questione è: G. SEMERANO, *Il Polarografo. Sua Teoria e applicazioni*, A. Draghi, Padova, 1932.

<sup>12</sup> C'è da dire che, pochi mesi prima della pubblicazione della monografia di Semerano, alcuni altri ricercatori italiani pubblicarono articoli concernenti la nuova tecnica (la stima di cui

Un altro dei fattori, che contribuì alla relativamente rapida diffusione della polarografia, fu la possibilità che la scuola di Praga ebbe dal 1929 in poi di pubblicare senza difficoltà i risultati delle proprie ricerche in una rivista scientifica. Tale rivista fu il «Collection of Czechoslovak Chemical Communications». Essa fu fondata dallo stesso Heyrovský insieme al chimico organico Votocek, allo scopo di consentire una sprovincializzazione della ricerca ceca, permettendo ai giovani chimici di quella nazione di pubblicare i propri lavori in una lingua facilmente accessibile alla comunità internazionale (erano gli stessi Votocek ed Heyrovský a sobbarcarsi nel caso l'opera di traduzione rispettivamente in francese ed in inglese). In realtà, nel caso della scuola polarografica di Praga, questa rivista consentì soprattutto l'immediata pubblicazione di un gran numero di lavori, senza dover sottostare in altre riviste alle riserve e alle obiezioni di «referees» magari poco al corrente delle effettive caratteristiche della nuova tecnica. Questa notevole quantità di lavori di polarografia fu un importante veicolo di diffusione della metodologia, grazie anche al grosso sforzo che gli stessi fondatori fecero per aumentare il numero dei propri abbonati stranieri, con particolare attenzione a figure prestigiose in campo internazionale, come gli stessi Miolati e Urbain.<sup>13</sup>

Altri passi importanti e decisivi per la diffusione della polarografia furono da un lato la pubblicazione di libri e monografie, dall'altro l'effettuazione di viaggi all'estero per propagandare il metodo attraverso seminari e cicli di conferenze.

Per la parte libri c'è da dire che Heyrovský colse ovviamente l'importanza di manuali che consentissero in un certo senso l'autoapprendimento nei confronti di una tecnica indubbiamente piuttosto complessa sia da un punto di vista delle conoscenze teoriche che da quello delle procedure sperimentali. Abbiamo già visto sopra il favorevole impatto che ebbe su di lui l'iniziativa di una monografia in italiano da parte di Semerano. In una lettera allo stesso Semerano del 2 dicembre 1934, si parla del viaggio appena compiuto negli Stati Uniti e della

Miolati godeva portò altri chimici del nostro paese a seguirne l'esempio e ad acquistare quindi un polarografo). Ci riferiamo in particolare ai seguenti articoli: A. MAZZUCHELLI, *La elettrolisi degli ossalati di cromo*, «Mem. reale accad. Italia», 1931, 2, 1-15; L. CAMBI, G. DEVOTO, *L'azione di alcune sostanze organiche nella deposizione elettrolitica dello zinco*, «Rend. Reale Accad. Nazionale Lincei», 1932, 15, 27-29; G. DEVOTO, A. RATTI, *L'azione di alcune sostanze organiche nelle deposizioni di ioni metallici sul catodo a goccia di mercurio*, «Gazz. chim. ital.», 1932, 62, 887-893. Tuttavia fu solo grazie a Semerano che in Italia nacque un diffuso e duraturo interesse per la nuova tecnica. Ricordiamo comunque che a Pisa presso Mazzucchelli si formò G. Sartori, a cui fu legata la prima diffusione della polarografia in area romana.

<sup>13</sup> Nella nota 10 abbiamo già ricordato il riferimento al «Collection» nella lettera di Heyrovský a Miolati del 12 febbraio 1929. Anche Urbain fu tra i primi abbonati alla rivista. In una lettera, datata 12 gennaio 1930, a questi indirizzata (fondo Heyrovský, cartone 26, inv. item 2287), lo scienziato ceco descrive la notevole mole di lavoro da svolgere per la redazione della parte inglese della nuova rivista e per l'ampliamento del numero dei suoi abbonati e lettori.

consapevolezza da parte di Heyrovský della necessità di monografie che aiutassero a superare le difficoltà ancora incontrate dalla tecnica da lui scoperta in ambito anglosassone, tedesco e russo. Tuttavia il progetto di pubblicazioni preannunciato da Heyrovský in tale lettera non venne in effetti attuato.<sup>14</sup>

La prima monografia in lingua ceca sulla polarografia era stata pubblicata da Heyrovský nel 1933<sup>15</sup> e fu in seguito aggiornata più volte. Essa venne tradotta in lingua russa nel 1937. Per questa traduzione Heyrovský si avvale dell'aiuto di una sua collaboratrice di nazionalità sovietica, la già citata E.N. Varasova, presente a Praga fin dai primi anni che seguirono la scoperta. Il libro seguiva di alcuni anni il viaggio che Heyrovský aveva fatto nel 1934 in Russia e precisamente a Leningrado, dove era stato invitato in occasione del centenario della nascita di Mendeleev. Il viaggio e il libro rappresentarono un'occasione unica per informare i chimici russi sulla nuova tecnica emergente e per determinare una certa diffusione della polarografia in Russia proprio a partire dal 1937.

Un altro passo, importante ai fini della diffusione della polarografia, fu l'inclusione di un capitolo riguardante tale tecnica nel prestigioso trattato del celebre chimico analitico tedesco W. Böttger, allievo del grande W. Ostwald, trattato edito nel 1936, che consisteva in una accurata serie di monografie dedicate ai metodi fisici utilizzati nell'analisi chimica.<sup>16</sup> La parte relativa alla polarografia fu affidata da Böttger allo stesso Heyrovský, dopo un soggiorno del chimico tedesco a Praga. Senza dubbio tale trattato per il prestigio della scuola di Elettrochimica di Lipsia, ebbe un ruolo fondamentale nel suscitare l'interesse e lo studio della nuova tecnica, innanzitutto in Germania. La concomitanza tra gli avvenimenti sopra descritti e la diffusione della polarografia in Russia e in Germania è ancora una volta mostrata dai dati di Tabella 1.

Per quanto riguarda la situazione negli Stati Uniti il primo impulso alla diffusione della polarografia venne dal viaggio di Heyrovský del 1933 ricordato sopra. Lo scienziato ceco fu invitato per 6 mesi dall'Università della California

<sup>14</sup> Abbiamo potuto reperire la lettera in questione dallo stesso prof. Semerano. In essa si parla della possibilità di avere monografie sul metodo polarografico in inglese, tedesco e russo ad opera di Heyrovský nel giugno 1935. C'è da dire che forse tale programma (poi non rispettato) venne prospettato nella lettera anche con un altro scopo. Forse era in quel momento presente in Heyrovský la preoccupazione che fosse lo stesso Semerano, di cui ho già ricordato la vivacità e lo spirito di iniziativa, ad anticipare i tempi, facendo tradurre in inglese la propria monografia. Ovviamente Semerano, intuendo i desideri e le paure di Heyrovský, non diede in quegli anni alcun seguito a questo pur possibile progetto.

<sup>15</sup> J. HEYROVSKÝ, *Použití Polarografické metody v praktické chemii* (Applicazioni del metodo polarografico nella chimica pratica, edito dall'Associazione cecoslovacca per la ricerca e l'esame di sostanze e dispositivi tecnicamente importanti), Praga, Istituto dell'Accademia «Masaryk» del Lavoro, 1933, n. 10.

<sup>16</sup> J. HEYROVSKÝ, *Polarographie*, in: W. BÖTTGER, *Physikalische Methoden der Analytischen Chemie*, Leipzig, Akademische Verlagsgesellschaft, vol. II, 1936, pp. 260-322.

come «visiting professor». Nel corso di questa sua permanenza negli Stati Uniti egli visitò molte Università. Tra esse vanno ricordate soprattutto le Università del Minnesota, in cui operava da alcuni anni I.M. Kolthoff, e di Princeton, dove lavorava N.H. Furman. In realtà il viaggio di Heyrovský negli USA non si tradusse subito in un rapido sviluppo della polarografia in quel paese.<sup>17</sup> Uno dei motivi di questa non immediata ampia diffusione fu probabilmente la mancanza di una strumentazione rapida come il polarografo di Heyrovský. Le prime strumentazioni, costruite «in casa», non permettevano la registrazione automatica dei polarogrammi. Il primo ricercatore americano che ebbe a disposizione un registratore automatico fu il prof. V.W. Meloche dell'Università del Wisconsin, che aveva acquistato un polarografo costruito a Praga. In seguito le varie Università americane interessate cominciarono ad importare polarografi direttamente dalla Cecoslovacchia fino al 1939 circa, anno in cui la Cecoslovacchia fu invasa dalla Germania, con la conseguente cessazione di scambi commerciali con il mondo libero. L'anno dopo, però, veniva alla luce il primo modello automatico americano il Sargent-Heyrovský che si rese presto disponibile sul mercato.<sup>18</sup>

Un contributo importante alla polarografia americana fu dato certamente da O.H. Müller. Costui nel 1933 si stava laureando all'Università di Stanford ed aveva assistito alla conferenza di Heyrovský nella sua Università. Müller aveva anzi subito potuto utilizzare, per la sua tesi sulla passività dei metalli, il polarografo, che Heyrovský portava con sé. Gli ottimi risultati raggiunti lo spinsero a seguire lo scienziato ceco a Praga e in effetti il primo articolo di Müller fu scritto proprio durante il soggiorno in Cecoslovacchia, sotto la guida di Heyrovský. L'articolo fu quindi pubblicato non su una rivista americana ma sul «Collection of Czechoslovak Chemical Communications».<sup>19</sup>

<sup>17</sup> Sul viaggio di Heyrovský negli Stati Uniti del 1933, visto dal «versante statunitense», sono riportate alcune testimonianze nel libro (già citato in nota 3) *A History of Analytical Chemistry* (H.A. Laitinen, G.W. Ewing eds.), York, A.C.S., 1977, p. 235 e seguenti. Tra l'altro P.J. Elving, nel 1933 studente a Princeton, riporta in tale libro (p. 255) la sua esperienza personale di chimico analitico di area elettrochimica, che, solo 7 anni dopo il ciclo di conferenze americane di Heyrovský, cominciò a sua volta ad interessarsi di polarografia.

<sup>18</sup> La circostanza è ricordata in G.W. EWING, *A Letter from Heyrovský*, «J. Chem. Ed.», 1968, 45, 154, che riporta una lettera di Heyrovský, datata 19 aprile 1939, ai responsabili della Sargent, piena di inevitabili riferimenti alla grave situazione politica internazionale. Ricordiamo al proposito che uno dei motivi che ci hanno indotto a terminare con il 1939 l'analisi condotta in questo contributo, risiede proprio nel completo stravolgimento causato dagli avvenimenti storici dal 1939 in poi, che avrebbe ovviamente reso privo di senso qualsiasi studio di diffusione della polarografia basato su criteri strettamente interni alla comunità scientifica.

<sup>19</sup> O.H. MÜLLER, *Polarographic Investigations of Passivity. Part I. The Activation and Passivation Potential of Iron*, «Collection Czechoslov. Chem. Commun.», 1934, 6, 269-282. Più tardi Müller contribuì alla diffusione della polarografia in ambito statunitense con una serie di articoli sul «Journal of Chemical Education», raccolti poi nel libro: O.H. MÜLLER, *The Polarographic Method of Analysis*, Easton, Chemical Education Publ. Co., 1941.



Colui che comunque si può considerare il padre della polarografia statunitense, che indirizzò prevalentemente verso le applicazioni analitiche, fu I.M. Kolthoff.

Kolthoff era nato in Olanda, dove si era laureato ed aveva iniziato la sua ricerca scientifica nel campo della Chimica Analitica. Egli aveva vissuto proprio negli anni della sua formazione, quella rivoluzione, iniziata da W. Ostwald, che aveva trasformato il settore dell'analisi chimica in una branca scientifica, grazie alla sua «rifondazione» su basi chimico-fisiche. Il giovane Kolthoff aveva vissuto proprio la fase di cambiamento, in cui i chimici analitici europei avevano iniziato a formarsi sugli scritti di Ostwald, Nernst, Sørensen o Bjerrum. Attraverso questi lavori egli si era avvicinato ai metodi elettrochimici di analisi e questo suo interesse lo aveva portato nel 1926, a seguito di un suo primo viaggio negli Stati Uniti, alla collaborazione con Furman nel libro intitolato «Potentiometric Titrations», che segnò la definitiva affermazione di questo metodo di determinazione analitica.<sup>20</sup> Già in questa prima fase della sua carriera scientifica Kolthoff aveva acquisito la convinzione che una profonda conoscenza delle basi chimiche, fisiche e chimico-fisiche della Chimica Analitica non solo avrebbe aumentato il prestigio di tale disciplina, ma avrebbe anche portato ad uno sviluppo di nuove metodologie.

Allorché si trasferì definitivamente negli Stati Uniti nel 1927, per divenire capo della Divisione di Chimica Analitica dell'Università del Minnesota, Kolthoff applicò queste sue idee innovative, innanzitutto scegliendo i suoi primi laureandi tra studenti che provenivano da un indirizzo chimico-fisico. Egli aveva già conosciuto Heyrovský in un suo precedente soggiorno a Praga e aveva stretto con lui un'amicizia destinata a durare nel tempo. Tuttavia fu la visita dello scienziato ceco in America l'occasione che stimolò Kolthoff a guardare alla polarografia come un soggetto interessante ai fini analitici (tra l'altro essa costituì il tema della tesi di Ph.D. di un suo allievo, J. Lingane).

Un momento fondamentale che testimoniò il raggiungimento di una certa diffusione della polarografia negli Stati Uniti fu il meeting dell'American Chemical Society dell'aprile 1938 tenuto a Dallas.<sup>21</sup> Dopo il meeting nel 1939 ven-

<sup>20</sup> I.M. KOLTHOFF, N.H. FURMAN, *Potentiometric Titrations*, New York, Wiley and Sons, 1926. Sulle origini delle titolazioni potenziometriche e sui loro sviluppi nei primi trenta anni del nostro secolo si veda: F. CALASCIBETTA, *Le titolazioni potenziometriche (1893-1926): dai primi studi chimico-fisici alla loro utilizzazione nell'analisi chimica*, «Chim. & Ind.», 1994, 308-311.

<sup>21</sup> Su questo meeting e sui rapporti tra Kolthoff ed Heyrovský in quegli anni ci è stato possibile consultare due lettere del primo al secondo del 26 marzo e del 22 aprile del 1938, rispettivamente immediatamente precedente e successiva al meeting (fondo Heyrovský, cartone 14, inv. item 1192). In esse si parla di problemi teorici connessi con la nuova metodologia e di alcuni personaggi importanti in quegli anni nella polarografia statunitense come D. Mac Gillavry e il già citato O.H. Müller. Dalla lettura di tali lettere, come da tutta la fitta corrispondenza tra Kolthoff ed Heyrovský, che si protrasse sino alla morte dello scienziato

nero pubblicati sul *Chemical Review* un esteso articolo di quasi 100 pagine di Kolthoff e Lingane<sup>22</sup> insieme ad altri articoli dello stesso Heyrovský e di Müller. Inoltre, sulla base di questo articolo, i due ricercatori statunitensi realizzarono due anni più tardi, e cioè nel 1941, un ben documentato volume, intitolato «*Polarography*».<sup>23</sup> Tale manuale ebbe un enorme successo negli Stati Uniti e in tutti i paesi, di lingua inglese e non, e rappresentò per molti anni un sicuro punto di riferimento, «la Bibbia», come venne definita, per tutti quei ricercatori interessati alla polarografia e alle sue applicazioni.

«*Work, Finish, Publish*»: il caso dell'elemento N° 75

Abbiamo parlato nelle pagine precedenti dei passi concreti con cui si sviluppò il programma di diffusione della polarografia intrapreso con sistematicità da Heyrovský negli anni successivi alla sua scoperta del 1922. Non va però a nostro parere tralasciata una causa fondamentale del successo che arrivò alla polarografia sin dagli anni precedenti la seconda guerra mondiale, anticipazione della sua ampia diffusione negli anni '40-'60, sino all'attribuzione del Nobel ad Heyrovský: la determinazione instancabile con cui Heyrovský sacrificò se stesso e tutta la sua attività scientifica verso il conseguimento dell'obiettivo fissato.<sup>24</sup> Il

cèco, risultano evidenti la sincera stima che legava i due e le profonde convinzioni di Kolthoff contro ogni tipo di totalitarismo. A proposito di Kolthoff ricordiamo come esso più tardi si prodigò con successo in favore di Heyrovský, in occasione dell'attribuzione del Nobel allo scienziato cèco.

<sup>22</sup> I.M. KOLTHOFF, J.J. LINGANE, *The Fundamental Principles and Applications of Electrolysis with the Dropping Mercury Electrode and Heyrovský's Polarographic Method of Chemical Analysis*, «*Chem. Rev.*», 1939, 24, 1-94.

<sup>23</sup> I.M. KOLTHOFF, J.J. LINGANE, *Polarography*, Interscience Pub., New York 1941

<sup>24</sup> Riportiamo qui tre diverse testimonianze dello stile di ricerca alla scuola di Praga in quegli anni. Le prime due fanno parte di due articoli per così dire celebrativi dello scienziato cèco e della sua scuola. La terza, rilasciatami dal prof. Semerano l'anno passato, è per così dire, meno vincolata, per il temperamento del personaggio e per la ormai diversa condizione.

P. ZUMAN, *With the Drop of Mercury to the Nobel Prize*, in J.T. Stock, M.V. Orna, *Electrochemistry, Past and Present*, ACS Symposium Series, 1989 (citato in nota 2), p. 364: «Prof. Heyrovský always worked very intensely. His working day in the laboratory always was from 8 a.m. to 7 p.m., followed in his younger years by working at home during the evening. He also spent weekends in the laboratories and he insisted that weekends were the only time when he could be certain not to be disturbed during work. Not only did he work hard, but he expected his co-workers to follow suit. At the University, discussion of research projects was sometimes arranged on Saturday afternoon».

O. MÜLLER, *The development of Polarography and Polarographic Instruments*, «*J. Chem. Ed.*», 1964, 41, 320-328: «In Prague I enjoyed the company of a most active and pleasant group of young scientists, some working for the doctorate, others doing postdoctoral research. At 5 p.m. we met every day informally, while Dr. Heyrovský served tea, discussing any new

lavoro duro, a cui Heyrovský costringeva se stesso e gli altri, gli slogan sulle pareti che servivano quasi ad esemplificare un modello di comportamento, finivano per creare nel gruppo un atteggiamento rivolto alla ricerca del rapido raggiungimento di risultati pubblicabili. Questa fu in quegli anni una delle caratteristiche determinanti assunte dalla scuola di Praga. La testimonianza di Semerano (riportata nella nota 23), oltre al riuscito paragone con gli scopritori di un importante giacimento minerario, con un suo accenno ci dà l'occasione di ricordare il caso della presunta scoperta del dvi-manganese (l'elemento numero 75) all'interno dei minerali del manganese, come emblematico di tale atteggiamento. Non vorrei ricordare la polarografia solo per quello che fu un occasionale passo falso; ma sicuramente, dal punto di vista della ricostruzione storica, questa vicenda riveste una certa importanza ai fini della esemplificazione della fin troppo accentuata applicazione del motto «Work, Finish, Publish».

In breve riassumo la vicenda. A partire dal lavoro di Moseley,<sup>25</sup> la ricerca degli elementi chimici ancora da isolare fu, come noto, guidata dal fatto che, dalla posizione prevista nel sistema periodico, si poteva risalire alla configurazione elettronica dell'elemento considerato e quindi alle sue proprietà chimico-fisiche, facendosi quindi una idea abbastanza attendibile su quali minerali potessero essere i più adatti a contenere l'elemento in questione. Inoltre, la possibilità di identificare l'esistenza dell'elemento dal suo spettro di emissione di raggi X forniva un metodo che prometteva di essere applicabile anche per piccolissime quantità di sostanza. Furono proprio le considerazioni sopra riportate a guidare

problems that had come up during our work ... There were a number of slogans, in fairly large letters, posted in every laboratory. They were: "Work, finish, publish" by Michael Faraday; "A problem solved is dead" by Frederick Soddy; "Progress is made by trial and failure" by Sir William Ramsay; and "A man must either resolve to put out nothing new or to become a slave to defend it" by Isaac Newton».

G. SEMERANO (intervista effettuata nell'aprile '94 e riportata nella tesi di A. Latini): «La scuola di Praga mi apparve come una comunità scientifica in grande attività. Se mi è concesso il paragone, sembrava un gruppo di cercatori che avessero scoperto un importante giacimento. Lavoravano con alacrità, anche perché Heyrovský era un capo molto esigente con i suoi collaboratori. La mattina li aspettava di buon ora davanti al portone dell'Istituto, con l'orologio in mano, rimproverando i ritardatari. La ricerca di Heyrovský e dei suoi collaboratori fu sicuramente in quegli anni fortemente indirizzata a trovare qualcosa di importante da pubblicare in fretta come contributo alla diffusione della polarografia. Talvolta questa tendenza portò gli scienziati della scuola di Praga a conclusioni rivelatesi poi errate. Questo fu il caso ad esempio della presunta scoperta dell'elemento dvi-manganese nei sali di manganese, poi smentita nel 1935 con la nota su "Nature" ... I campi di applicazione erano assai vari ma generalmente, in quegli anni, di tipo analitico. Questo genere di applicazioni ebbe maggiore sviluppo a partire dalla sistemazione teorica operata soprattutto grazie al contributo di Heyrovský stesso e di Ilkovič, intorno alla metà degli anni '30, sistemazione che portò a più precise determinazioni qualitative e quantitative».

<sup>25</sup> H.G.J. MOSELEY, *The High Frequency Spectra of the Elements*, «Phil. Mag.», S. 6, 1914, 27, 703-713

un gruppo di ricercatori tedeschi, Noddack, Tacke e Berg, nella loro scoperta dell'elemento di numero atomico 75, da loro chiamato Renio. Essi intrapresero la loro sistematica ricerca partendo da un tipo di minerale, la columbite, che, contenendo tra l'altro gli elementi di numero atomico dal 72 al 74, poteva con qualche possibilità presentare anche tracce dell'elemento N° 75. Alcune considerazioni circa l'abbondanza in natura degli elementi a numero atomico pari o dispari consentì inoltre al gruppo di prevedere la possibile percentuale dell'elemento cercato nel minerale in esame. Infine, la posizione dell'elemento nel sistema periodico, nel gruppo del manganese, consentiva di conoscere in anticipo (secondo una metodologia alla base già del sistema di Mendeleev) le proprietà chimiche e fisiche dell'elemento e dei suoi composti, il che poteva guidare i processi di isolamento e purificazione. La identificazione finale, dopo una lunga serie di tentativi protrattasi per qualche anno, fu effettuata, utilizzando appunto le tabelle e il grafico di Moseley, mediante la misura della lunghezza d'onda delle linee della serie L dello spettro di emissione di raggi X.<sup>26</sup>

Qualche mese dopo la prima pubblicazione della scoperta di Noddack e degli altri, in maniera del tutto indipendente tra loro, due diversi gruppi di ricerca affermarono di aver trovato piccole quantità dell'elemento N° 75 in campioni commerciali di composti del manganese. Uno di questi due gruppi era inglese, costituito da F.H. Loring e J.G.F. Druce, e aveva effettuato la presunta identificazione utilizzando esclusivamente l'analisi ai raggi X.<sup>27</sup> Del secondo gruppo faceva invece parte lo stesso Heyrovský, insieme a V. Dolejšek, ed aveva utilizzato per l'identificazione proprio il metodo polarografico. Il loro annuncio di tale scoperta venne effettuato attraverso la prestigiosa rivista inglese «Nature».<sup>28</sup>

Nell'articolo Heyrovský faceva innanzi tutto riferimento a quanto già pubblicato in uno degli scritti comparsi sulla rivista «Recueil des Travaux Chimiques des Pays Bas» qualche mese prima.<sup>29</sup> In esso la curva polarografica mostrava due «gobbe» (humps) prima della deposizione vera e propria del manganese.

In particolare sulla seconda (ad un potenziale di  $-0.98$  V) si era soffermata l'attenzione di Heyrovský che, dopo aver escluso la possibilità che essa fosse

<sup>26</sup> I risultati definitivi di Noddack, Tacke (in seguito sposatasi con lo stesso Noddack) e Berg furono poi pubblicati in: W. NODDACK, I. NODDACK, *Die Sauerstoffverbindungen des Rheniums*, «Zeit. Anorg. Chem.», 1929, 181, 1-37; O. BERG, *Über den rontgenspektroskopischen Nachweis der Ekamangane*, «Zeit. Angew. Chem.», 40, 250-254.

<sup>27</sup> J.G.F. DRUCE, *Examination of Crude Manganese Compounds and the Isolation of the Element of Atomic Number 75*, «Chem. News», 1925, 131, 273-277; F.H. LORING, J.G.F. DRUCE, *Examination of Crude Dwimanganese*, «Chem. News», 1925, 131, 337-338.

<sup>28</sup> V. DOLEJŠEK, J. HEYROVSKÝ, *The Occurrence of Dvi-Manganese (At. No. 75) in Manganese Salts*, «Nature», 1925, 116, 782-783.

<sup>29</sup> J. BREZINA, *Researches with the Dropping Mercury Cathode. Part VI. The Electro-Deposition of Manganese and the Complexity of Manganous Ions in Ammoniacal Solutions*, «Rec. Trav. Chim.», 1925, 44, 520-527 (già citato in nota 8).

dovuta ad altri elementi, aveva immaginato che essa potesse essere causata da una presenza (dell'ordine di  $10^{-4}$  equivalenti per litro) di un elemento incognito. Il successivo arricchimento del campione esaminato aveva portato a una piccola quantità di materiale che, sottoposto all'analisi ai raggi X, dava righe compatibili con la presenza dell'elemento con  $N = 75$ .

Per tale elemento, stante la presenza sino ad allora insospettata nei composti commerciali del manganese, testimonianza di una profonda analogia chimica, Heyrovský proponeva di mantenere il nome mendeleeviano di dvi-manganese, piuttosto che quello «proposto dagli autori Tedeschi».<sup>30</sup>

La concordanza dei risultati ottenuti spinse in seguito i due gruppi, inglese e ceco, a collaborare direttamente: un campione di quelli utilizzati da Druce fu portato a Praga e sottoposto a polarografia. La conferma anche in tale caso della «gobba» a 0.98 V fu considerata una prova della effettiva presenza dell'elemento a numero atomico 75 (per il quale si proponeva il simbolo D) nei sali di manganese.<sup>31</sup>

C'è da dire che al di là del prestigio che poteva risultare dalla scoperta di un elemento chimico, ciò che premeva ad Heyrovský era di mettere in risalto le notevoli potenzialità del suo metodo, ancora poco conosciuto alla comunità scientifica. Soprattutto sembrava notevole sottolineare la sensibilità della polarografia, che era riuscita ad evidenziare la presenza di un elemento nuovo in prodotti sino ad allora ritenuti puri.

Il metodo non era effettivamente all'epoca molto conosciuto. Questo può essere dimostrato dalla lettura di una nota, comparsa sempre su *Nature*, nel dicembre 1925.<sup>32</sup> In tale nota l'autore, A.N. Campbell, dell'Università di Aberdeen, confondeva innanzi tutto tra valori di potenziale riferiti all'elettrodo ad idrogeno e all'elettrodo a calomelano, non teneva conto che il catodo non era

<sup>30</sup> Come noto, Mendeleev aveva indicato gli elementi ancora incogniti con il nome dell'elemento a cui dovevano essere chimicamente più affini preceduto dal suffisso (derivante dal sanscrito) eka- (per i primi vicini) o dvi- (per i secondi). In questa proposta di nome di Heyrovský ci sembra di poter leggere innanzitutto un omaggio a Mendeleev, a cui oltre tutto era stato legato da sincera e profonda amicizia B. Brauner, il chimico ceco al quale era stata dedicata tutta la serie di lavori di polarografia pubblicati sul «*Rec. Trav. Chim. Pays Bas*». Inoltre crediamo che la proposta di Noddack di attribuire all'elemento N° 75 un nome così «tedesco» dovesse risultare troppo venata di nazionalismo soprattutto in un paese, la Cecoslovacchia, afflitta fin da allora dal problema della convivenza tra comunità ceca e minoranza tedesca. Heyrovský fu, nel corso della sua vita, abbastanza restio ad impegnarsi direttamente in problemi politici; tuttavia, in un'epoca profondamente segnata da avvenimenti esterni di grande portata, anche la sua figura non poté fare a meno, anche suo malgrado, di subire le vicissitudini della storia politica generale.

<sup>31</sup> V. DOLEJŠEK, G. DRUCE, J. HEYROVSKÝ, *The Occurrence of Dwi-Manganese in Manganese Salts*, «*Nature*», 1926, 117, 159.

<sup>32</sup> A.N. CAMPBELL, *The Occurrence of Dwi-Manganese (At. No. 75) in Manganese Salts*, «*Nature*», 1925, 116, 866.

di platino ma a goccia di mercurio; quindi immaginava che «la gobba» trovata da Heyrovský fosse semplicemente da addebitare alla scarica dell'idrogeno al pH risultante della soluzione.

Tale nota fornì l'occasione ad Heyrovský per una replica (pubblicata di seguito all'articolo di Campbell) in cui riassumeva le caratteristiche principali del suo metodo e ricordava tutta la serie di lavori, già pubblicati su di esso. Di seguito alla replica di Heyrovský, anche Druce volle aggiungere alcune ulteriori righe di risposta alle non congruenti critiche di Campbell e di apprezzamento per la nuova tecnica che non sembrava «avere ricevuto in Gran Bretagna tutta la meritata attenzione».<sup>33</sup>

Dopo questa serie di articoli l'attenzione di Heyrovský rispetto all'elemento a numero atomico 75 parve affievolirsi. Di fatto negli anni successivi il successo di Noddack e di altri ricercatori nell'ottenere quantità più consistenti di composti del renio consentì di farsi una idea più precisa delle proprietà chimiche e fisiche di questo elemento. Ciò fece evidentemente capire ai più esperti come la pretesa di Druce e di Heyrovský di avere isolato il renio da sali di manganese non fosse affatto plausibile.

Una esplicita e conclusiva critica agli articoli dei due venne nel 1933 da un articolo di L.C. Hurd, della Divisione di Chimica Inorganica ed Analitica dell'Università del Wisconsin.<sup>34</sup> L'autore, esperto della chimica dell'elemento 75, descriveva nell'articolo tutto il lavoro sperimentale, da lui condotto insieme ad altri 6 ricercatori negli anni precedenti, volto a testare le affermazioni di Druce e di Heyrovský. Egli concludeva che, ripetendo le procedure di arricchimento e purificazione degli inglesi e dei cèchi, nemmeno arricchendo i campioni di sali di manganese commerciali con un 1% di perrenato di potassio, era riuscito ad ottenere quantità di renio identificabili. I metodi proposti da Druce e da Heyrovský apparivano cioè adatti ad isolare composti del renio, ammesso che questo fosse effettivamente presente, «solo con una del tutto straordinaria sequenza di precipitazioni incomplete, riduzioni quantitative o assorbimenti inimmaginabili».

L'articolo ebbe nel 1935 una risposta da parte di Heyrovský, in cui lo scienziato ceco ammetteva l'errore commesso.<sup>35</sup> La curva polarografica del perrenato

<sup>33</sup> A questo periodo risalgono due lettere di Shikata e Druce. Il primo (fondo Heyrovský, cartone 23, inv. item 1979, lettera del 12 marzo 1926), non è interessato direttamente nella ricerca. Tuttavia partecipa emotivamente alla vicenda in cui sono coinvolti i suoi amici, per i quali è prodigo di consigli. Druce (cartone 8, inv. item 506, lettera del 22 marzo 1926) al momento a Londra, è impegnato, come afferma, in una febbrile attività per cercare di superare le evidenti diffidenze con cui la loro presunta scoperta è guardata anche in ambito inglese. In entrambe le lettere è avvertibile una palpabile insofferenza per i «rivali» tedeschi e per il nome da essi dato al nuovo elemento.

<sup>34</sup> L.C. HURD, *The Discovery of Rhenium*, «J. Chem. Ed.», 1933, 10, 605-608.

<sup>35</sup> J. HEYROVSKÝ, *A Sensitive Polarograph Test for the Absence of Rhenium in Manganous Salt*, «Nature», 1935, 135, 870-871.

di potassio era effettivamente confrontabile con quella che si otteneva coi sali di manganese commerciali. Tuttavia se si aggiungeva acido solfidrico, la soluzione di perrenato mostrava un anormale spostamento del gradino, che non si aveva invece coi sali di manganese. Quindi si doveva concludere che nei sali commerciali di manganese non era presente il renio e che la «gobba» precedentemente vista nella curva polarografica, come pure le righe nello spettro di emissione ai raggi X, erano evidentemente state causate «da effetti coincidenti dovuti ad altri elementi».<sup>36</sup>

La abbastanza tranquilla ammissione dell'errore da parte di Heyrovský fu probabilmente legata alla diversa situazione in cui si trovava la polarografia, ormai sufficientemente diffusa e consolidata e quindi forse non più bisognosa per affermarsi di un avvenimento eclatante come la scoperta di un nuovo elemento. Anche il dibattito sull'elemento 75 era probabilmente servito in questa campagna di «promozione pubblicitaria».<sup>37</sup>

### Conclusioni

Nelle pagine precedenti abbiamo cercato di documentare i motivi che a nostro parere furono alla base del successo che la polarografia ebbe sin dalla propria nascita e che sfociò poi nell'inserimento della metodologia tra i «top five» dell'analisi chimica alla fine degli anni '50.<sup>38</sup> Indubbiamente, come detto all'inizio, per tale successo furono importanti anche gli effettivi pregi della polarografia, che ad esempio permetteva di effettuare analisi anche per basse con-

<sup>36</sup> Notiamo come Hurd e lo stesso Heyrovský accettassero ormai per l'elemento 75 la denominazione di renio. Del resto, essendo stato accertato che effettivamente i soli scopritori dell'elemento erano Noddack e gli altri, era d'uso che si riconoscesse a loro il diritto della scelta del nome. Del resto gli stessi tedeschi, avendo ritenuto a torto di avere individuato nella colombite anche l'elemento 43, avevano per esso proposto il nome, pure germanico, di masurio. Essendosi successivamente mostrata errata la scoperta (l'elemento 43 non ha isotopi stabili presenti in natura) in questo caso la denominazione non fu mantenuta.

<sup>37</sup> Al contrario Druce, che evidentemente aveva affidato unicamente a quel risultato le sue ambizioni di successo scientifico, non abbandonò le proprie speranze ed ancora nel 1945 (fondo Heyrovský, cartone 8, inv. item 509, lettera del 26 luglio 1945) parlava, in termini comprensibilmente venati da un risentimento anti-tedesco, della possibilità di riprendere, dopo l'interruzione dovuta alla guerra, le sue ricerche sul divi-manganese.

<sup>38</sup> Tale affermazione è stata per lungo tempo abbastanza comune. Essa è ad esempio riportata in un articolo del 1947 (F.C. STRONG, *Trends in Quantitative Analysis*, «Ind. Eng. Chem. (Anal. Chem.)», 1947, 19, 968-971), in cui si elencano appunto i 5 metodi di analisi strumentale all'epoca predominanti (colorimetria, spettrofotometria, spettrografia di emissione, titrimetria strumentale e polarografia). Tale frase viene ripetuta ancora nel 1972 nella biografia di J. Heyrovský, ad opera di M. Teich, pubblicata nel *Dictionary of Scientific Biography* (M. TEICH, J. Heyrovský, in *Dictionary of Scientific Biography* (C.C. Gillispie Ed.), Washington, 1972, Vol. 6, 370-376, già citata in nota 2).

centrazioni (confrontate con le altre metodologie di analisi al tempo utilizzate) e che tra l'altro poteva essere effettuata con uno strumento automatico, con ovvi guadagni in termini di rapidità, strumento, oltre tutto, di costo abbastanza contenuto. In conclusione però, nell'analisi di tale successo, da confrontare con la successiva decadenza del metodo a partire già dalla fine degli anni '60, crediamo non vada sottovalutata l'opera di propaganda e di diffusione perseguita per tutta la sua vita con efficace perseveranza dal suo scopritore. In questa opera poi, non fu, a nostro parere, trascurabile lo stile di ricerca, seguito soprattutto inizialmente dalla scuola di Praga, esemplificato appunto dal motto «Work, Finish, Publish», ricordato nel titolo: uno stile teso soprattutto ad imporre all'attenzione della comunità scientifica la nuova metodologia, in una intensa attività tutta centrata sul rapido raggiungimento di qualsiasi risultato che potesse contribuire allo scopo.

Il lavoro qui presentato è parte di una più ampia ricerca sulle origini, gli sviluppi e la decadenza della polarografia classica. Tale ricerca ha costituito tra l'altro il tema centrale della tesi di laurea in Chimica di uno dei due autori [A. LATINI, *La parabola della polarografia classica - Origini, successo e declino di una metodologia di ricerca (1922-1959)*].

Per il sostegno fornito a tale ricerca ringraziamo innanzi tutto di vivo cuore il prof. Semerano, per la notevole quantità di preziose informazioni e di suggerimenti da lui ricevute. Per lo stesso motivo siamo grati anche al dott. M. Heyrovský, figlio dello scopritore della polarografia ed egli stesso ricercatore in campo elettrochimico presso l'Accademia delle Scienze della repubblica Ceca. Un ringraziamento va infine alla dott.ssa Barvíková, dell'Archivio dell'Accademia delle Scienze della repubblica Ceca, che ci ha aiutato nella ricerca di materiale utile per i nostri studi.