

ACCADEMIA NAZIONALE DELLE SCIENZE  
detta dei XL

---

Atti dell'VIII Convegno Nazionale di

STORIA E FONDAMENTI  
DELLA CHIMICA

Organizzato da:

UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI SIENA  
FACOLTÀ DI LETTERE E FILOSOFIA DI AREZZO

GRUPPO NAZIONALE DI FONDAMENTI E STORIA DELLA CHIMICA

ACCADEMIA NAZIONALE DELLE SCIENZE DETTA DEI XL

BIBLIOTECA CITTÀ DI AREZZO

a cura di

FERDINANDO ABBRI e MARCO CIARDI



Arezzo, 28-30 Ottobre 1999

## INTRODUZIONE

Il presente volume raccoglie i testi delle relazioni e delle comunicazioni lette all'VIII Convegno Nazionale di Storia e Fondamenti della Chimica svoltosi presso la Sala Grande della Biblioteca Comunale «Città di Arezzo», Palazzo Pretorio, dal 28 al 30 ottobre 1999.

Giungere alla pubblicazione degli atti di un convegno, dopo due anni di intenso lavoro di preparazione (i congressi, finora, hanno mantenuto una cadenza biennale, a partire da Torino 1985), rappresenta sempre, per il nostro gruppo, motivo di orgoglio e di soddisfazione.

Corre quindi l'obbligo di ringraziare immediatamente le persone e le istituzioni senza la cui costante e preziosa collaborazione questa iniziativa non sarebbe giunta a compimento.

Innanzitutto ringraziamo la Facoltà di Lettere e Filosofia di Arezzo, che ha assicurato all'iniziativa il sostegno dell'Università di Siena. Un grazie particolare a Laura Landini e Cecilia Sperduti del Dipartimento di Studi storico-sociali e filosofici, che si sono sobbarcate interamente i compiti amministrativi, logistici e di segreteria. Senza di loro il Convegno non avrebbe sicuramente avuto luogo.

La disponibilità a svolgere il Convegno nella prestigiosa sede della Biblioteca Città di Arezzo fu concessa da Camillo Brezzi, quando ancora era Presidente della Biblioteca. Per questo ringraziamo sentitamente il prof. Brezzi, che ha accompagnato il nostro progetto con simpatia e sincero appoggio.

Difficile quantificare il debito contratto in questi anni con l'Accademia Nazionale delle Scienze detta dei XL. Anche in questa occasione desideriamo esprimere la nostra riconoscenza all'Accademia e al suo Presidente Prof. Gian Tommaso Scarascia Mugnozza per l'attenzione sempre mostrata verso l'attività del nostro Gruppo e per il determinante sostegno che ha consentito, per l'ennesima volta, la pubblicazione degli Atti del Convegno di Arezzo nella forma di un volume dei Rendiconti dell'Accademia.

Un grazie anche alla dottoressa Antonella Grandolini dell'Accademia

delle Scienze detta dei XL, che con la sua preziosa opera di coordinamento ha contribuito in maniera essenziale alla realizzazione degli Atti.

I testi che seguono sono assai diversi fra loro non soltanto per forma e contenuto, ma anche per gli obiettivi che intendono realizzare. Nell'ottica di chi scrive ciò rappresenta senz'altro una ricchezza e non un limite, una ricchezza che mette in luce non soltanto la specificità e la peculiarità di molte caratteristiche di una disciplina come la chimica, ma che evidenzia come la chimica abbia sempre rappresentato e rappresenti tutt'oggi un prezioso strumento conoscitivo e culturale, anche al di là di ciò che avviene nelle stanze di un laboratorio.

Nessuno può negare che l'immagine della chimica agli occhi dell'opinione pubblica sia oggi prevalentemente negativa. Se chimici, storici, filosofi e sociologi non avranno la volontà ed il desiderio di impegnarsi nella rivalutazione a tutto campo della chimica, sia dal punto di vista scientifico che culturale, nessuna storia o filosofia della chimica avrà mai la possibilità di ottenere un consenso che vada al di là del ristretto ambito dei rispettivi specialismi.

La nostra comunità, dunque, può essere forte se, pur nella diversità delle vedute e degli ambiti di formazione, resta compatta. E può essere forte anche se accetta di aprirsi alla valutazione della comunità internazionale e se i suoi membri sono disposti a mettersi costantemente in discussione, siano professionisti (in campo storico e/o scientifico) o semplici cultori appassionati della disciplina (in campo storico e/o scientifico).

Concludiamo segnalando la presenza, all'interno del Convegno e degli Atti, di una sezione dedicata al centenario della nascita di Giovanni Battista Bonino. Anche in questo caso i lettori potranno notare come i diversi contributi non abbiano un fine esclusivamente celebrativo, ma mirino a riportare alla luce vari e diversi aspetti della carriera del chimico italiano sia dal punto di vista scientifico che intellettuale.

Purtroppo, per motivi di varia natura, non tutte le relazioni presentate al Convegno hanno potuto essere stampate negli Atti. Una sintesi di tutti gli interventi è comunque disponibile sul 6° numero del «Bollettino del Gruppo Nazionale Fondamenti e Storia della Chimica».

FERDINANDO ABBRI  
MARCO CIARDI

## Lista dei partecipanti

|                       |                     |
|-----------------------|---------------------|
| ABBRI Ferdinando      | KARACHALIOS Andreas |
| BANDINELLI Angela     | LEONE Matteo        |
| BALLIO Alessandro     | MAGARÒ Angela       |
| BASSANI Angelo        | MALTESE Paolo       |
| BELMAR Antonio García | MANGANI Lorella     |
| BENSI Paolo           | MARINO Gianlorenzo  |
| BERETTA Marco         | MARTINI Silvia      |
| BERNARDI Walter       | MIRONE Paolo        |
| BIGI Laura            | NEUMANN Ulrich      |
| BONECHI Claudia       | NICOLINI Nicoletta  |
| BORINI Paolo          | PAOLONI Leonello    |
| CALASCIBETTA Franco   | PAPINI Patrizia     |
| CANGELONI Maria Luisa | PARIALI Iole        |
| CARASSITI Vittorio    | PEREIRA Michela     |
| CARDONE Francesco     | PICCARDI Giovanni   |
| CARLI Manola          | POETI Roberto       |
| CARUSI Paola          | PRIORI Domenico     |
| CASTELLUCCI Sandra    | RICCI Maso          |
| CERRUTI Luigi         | ROBOTTI Nadia       |
| CIARDI Marco          | SAVIOTTI Rita       |
| CORRADINI Giorgio     | SCOPANOVA Oreste    |
| COSTA Maria Grazia    | SELIGARDI Raffaella |
| DECET Fabio           | SERGIO Emilio       |
| FONTANI Marco         | TIRA Sergio         |
| GAUDIANO Aldo         | TOSCANO Anna        |
| GIORMANI Virgilio     | VISTA Michele       |

## Programma del Convegno

### Giovedì 28 ottobre

Saluti inaugurali

Conferenza di:

A. GARCÍA BELMAR, J.R. BERTOMEU SANCHEZ: *Per una storia dei contenuti e delle pratiche nell'insegnamento della chimica*

Comunicazioni di:

P. CARUSI: *La chiocciola di Aristotele*

M. PEREIRA, M. CARLI: *Un'enciclopedia alchemica duecentesca: il Liber Compostille di Bonaventura da Iseo*

S. TIRA, *Interessi scientifici alla corte di Emanuele Filiberto di Savoia*

*Discussione*

Conferenza di:

K. FIGALA, U. NEUMANN: *Michael Maier on Rosicrucianism: the Portrayal of a Virtual Secret Scientific Society*

### Venerdì 29 ottobre

Comunicazioni di:

C. ALBERTINI, D. PRIORI, E. SANTONI: *De aqua minerali di F.M. Vannozzi*

V. GIORMANI: *I combustibili fossili nel '700 veneto*

R. SELIGARDI: *Alessandro Volta e la nuova chimica (1783-1800)*

M. BERETTA: *Il laboratorio di Lavoisier*

*Discussione*

Comunicazioni di:

F. ABBRI: *Chimica e musica: le inedite «Notes sur la musique» di Lavoisier*

L. PAOLONI: *Le lezioni di chimica del poeta G. Meli (1740-1816)*

M. CIARDI: *Rivoluzione e restaurazione chimica: Joseph de Maistre*

P. BENSI: *La chimica e l'arte del XX secolo: nuovi materiali per una nuova espressività*

*Discussione*

Comunicazioni di:

A. BASSANI: *I premi d'industria d'interesse chimico nel R. Lombardo-Veneto*

N. NICOLINI: *Chimica marginale e chimica borghese. Politica universitaria nello Stato Pontificio e in Roma Capitale*

E.M. CASTELLUCCI, P. PAPINI: *L'impegno scientifico e culturale di Ugo Schiff per prestigio dell'Università di Firenze*

*Discussione*

Comunicazioni di:

M. FONTANI, P. MANZELLI, M.G. COSTA: *La ricerca degli elementi mancanti: il capitolo italiano*

R. BADIELLO, A. BRECCIA, M. ZINI: *La chimica del radio e del polonio a cent'anni dalla scoperta di M.me Curie*

R. ROBOTTI, M. LEONI: *Verso un nuovo atomo: la via spettroscopica di W. Crookes e di N. Lockyer*

*Discussione*

Assemblea G.N.S.F.C.

### **Sabato 30 ottobre**

Conferenze di:

L. CERRUTI: *Teorie elettroniche in chimica organica*

V. CARASSITI: *Ricordo di Bonino*

Comunicazioni di:

A. KARACHALIOS: *G.B. Bonino e la scuola bolognese di chimica, 1927-1944*

G. SEMERANO: *Ricordi personali di G.B. Bonino*

F. CALASCIBETTA, A. CLERICUZIO, C. PADOVANI: *I contributi italiani al X° Congresso Internazionale di Chimica (Roma '98)*

P. MALTESE: *La gomma del governo: storia di una straordinaria impresa industriale*

*Comitato scientifico:*

FERDINANDO ABBRI, ALESSANDRO BALLIO, WALTER BERNARDI, FRANCO CALASCIBETTA,  
PAOLA CARUSI, MARCO CIARDI, GIANLORENZO MARINO, NICOLETTA NICOLINI,  
LEONELLO PAOLONI

*Segreteria del Convegno:*

Laura Landini: 0575-926533 - Cecilia Sperduti: 0575-926517

Fax: 0575-21941 - E-mail: dipsssf@unisi.it

ANTONIO GARCÍA BELMAR\* - JOSÉ RAMÓN BERTOMEU SÁNCHEZ \*

## **Motivi, fonti e domande per una storia dei contenuti e delle pratiche dell'insegnamento della chimica<sup>1</sup>**

### **The teaching of chemistry: practises, methods and didactical instruments.**

**Summary** – Why a historian of science should pay attention to the contents of the chemistry taught from a prospective similar to that adopted when trying to analyse the chemistry coming from the research? Why a historian of science should also be interested in the practises, the methods and the didactical instruments associated to the teaching of chemistry? The answer suggested here come from a study of the teaching of chemistry in France at the end of the 18<sup>th</sup> century and the first half of the 19<sup>th</sup> century. A study mainly based on the chemistry text books published during this period and on the teaching of chemistry in specific institutions such as the *Collège de France*.

1. Questo articolo costituisce un tentativo di risposta a due domande relativamente semplici da formulare: perché e come affrontare dal punto di vista della storia della scienza uno studio sui contenuti e le pratiche dell'insegnamento della chimica?

Perché uno storico della scienza, che cerca di capire l'attività scientifica di un'epoca o lo sviluppo di una disciplina, dovrebbe essere interessato a conoscere quali erano i contenuti concreti che si impartivano nelle aule, nei laboratori e negli anfiteatri dove la chimica veniva insegnata. Perché uno storico dovrebbe interessarsi a

\* Instituto de Historia de la Ciencia y Documentación, Universitat de València-CSIC.

<sup>1</sup> I generosi suggerimenti e le intelligenti critiche dei partecipanti dell'VIII Convegno Nazionale di «Storia e Fondamenti della Chimica» (Arezzo, 28-30 ottobre 1999), hanno contribuito a migliorare sostanzialmente la prima versione di questo testo. Naturalmente la responsabilità dei possibili errori e delle possibili carenze è esclusivamente degli autori.

questioni come i criteri scientifici, pedagogici o epistemologici seguiti per selezionare, delimitare, organizzare e strutturare i contenuti della chimica insegnata, nonché alle fonti usate e alle pratiche associate alla costruzione di tali contenuti. In altre parole, perché uno storico della scienza dovrebbe prestare attenzione ai contenuti della chimica prodotti dall'insegnamento, utilizzando una prospettiva simile a quella adottata quando si analizzano i contenuti della chimica forniti dalla ricerca. Perché uno storico della scienza, inoltre, dovrebbe interessarsi alle pratiche associate all'insegnamento di tali conoscenze teoriche e pratiche, ai metodi e agli strumenti didattici usati, alle funzioni svolte dall'esperimento e dalla dimostrazione, al tipo di discorso — induttivo o deduttivo — seguito, agli usi e alle caratteristiche di strumenti didattici come libri di testo, corsi manoscritti, schemi e tabelle, problemi e questionari, o anche strumenti scientifici. E, infine, perché dovrebbe cercare di comprendere questa «struttura fine» dell'insegnamento della chimica nelle differenti epoche e contesti.

La risposta alla seconda domanda (come affrontare uno studio di queste caratteristiche) è molto più complicata. Quali sono le fonti che potrebbero avvicinarci all'attività sviluppata dai professori e dagli alunni in quegli anfiteatri, aule e laboratori che la storia della scienza non è ancora riuscita ad illuminare convenientemente? Ma, soprattutto, quali sono le domande concrete con le quali pretendiamo di interrogare quelle fonti?

Si tratta di domande per le quali non esistono, naturalmente, risposte univoche. Tali risposte dipenderanno, ad esempio, dalla prospettiva storiografica dalla quale si studia l'insegnamento delle scienze. Senza dubbio, per uno storico dell'insegnamento queste domande avranno un certo significato e produrranno risposte differenti se paragonate a quelle suggerite da uno storico della scienza. Inoltre le risposte potranno essere differenti a seconda della disciplina scientifica considerata o dell'epoca e del luogo della ricerca.

Le risposte che in questa sede cercheremo di offrire rappresentano il risultato di uno studio sull'insegnamento della chimica in Francia tra la fine del Settecento e la prima metà dell'Ottocento, visto dalla prospettiva della storia della scienza. Uno studio principalmente basato sui libri di testo di chimica pubblicati durante questo periodo in Francia e su istituzioni specifiche come il *Collège de France*.

In linea con questa prospettiva storiografica e metodologica, concentreremo l'attenzione su quattro componenti dell'insegnamento come attività scientifica: in primo luogo, i protagonisti principali, i professori e gli autori dei libri di testo, da una parte, e gli alunni o lettori dall'altra; in secondo luogo i contenuti stessi della chimica insegnata nelle aule o attraverso i libri di testo. Poi, le pratiche associate all'insegnamento di tali saperi. E, infine, gli spazi dove questa attività si è sviluppata.

Cercheremo di mostrare come un'analisi integrata dei protagonisti, dei contenuti, delle pratiche e degli spazi dell'insegnamento (inteso come attività creativa sulla quale agiscono vari attori e fattori), ci possa offrire una visione complementare e probabilmente differente rispetto all'attività scientifica di un'epoca, in questo caso la chimica francese dell'inizio dell'Ottocento.



2. I protagonisti diretti dell'insegnamento delle scienze sono state delle figure assenti negli studi storici sulla chimica. La storiografia concentrata sulle grandi figure della scienza, sulle biografie dei professori o degli autori dei libri di testo si è interessata soltanto a quelle figure che hanno svolto una attività scientifica di una certa rilevanza. Lo stesso si può dire di quegli «alumni illustri» che hanno portato i ricercatori a studiare la formazione che essi ricevettero nei primi anni delle loro carriere. Così, grazie agli studi sulla formazione iniziale di Lavoisier sappiamo qualcosa sull'insegnamento della chimica in Francia durante la seconda metà del Settecento.<sup>2</sup> L'interesse dimostrato da parte di questo autore nell'elaborare i libri di testo della nuova chimica ha portato allo studio del contesto nel quale apparve il *Traité élémentaire de chimie*.<sup>3</sup> Ma cosa sappiamo in realtà di tutti i professori ed autori dei manuali di chimica, la cui attività scientifica fu scarsa o inesistente, ma che furono i responsabili dell'insegnamento di questa disciplina? Ed inoltre che cosa sappiamo degli alunni che assistevano alle lezioni private e pubbliche di chimica o dei lettori dei libri di testo?

Questi personaggi di «second range» sono stati presi in considerazione solo nei «large scale studies» realizzati dalla storia sociale e istituzionale della scienza.<sup>4</sup> Prospettive che hanno collocato i protagonisti principali dell'insegnamento in una posizione di attori passivi di un'attività che si è sviluppata indipendentemente da loro, trasmettitori e recettori di conoscenze da cui sono stati formati, influenzati e condizionati, senza per altro riconoscere loro nessuna partecipazione alla produzione di tale conoscenza. Che succederebbe se, invece, invertissimo la prospettiva e considerassimo i professori e gli autori dei manuali d'insegnamento ed anche gli alunni o i lettori di tali opere, come un elemento attivo responsabile della creazione delle conoscenze insegnate o apprese? Che succederebbe se, in definitiva, cercassimo di interpretare anche l'insegnamento come un'attività scientifica creativa frutto di un'interazione tra le due parti implicate?<sup>5</sup>

<sup>2</sup> La formazione di Lavoisier e la diffusione in Francia della teoria del flogisto hanno portato a studiare casi concreti come ad esempio i corsi di chimica di G.F. Rouelle (J. JACQUES, «Le cours de chimie de G.F. Rouelle recueilli par Diderot», *Revue d'Histoire des Sciences*, 38 (1985), 43-53; R. RAPPAPORT, «G.F. Rouelle», *Chymia*, 8 (1960), 68-101; ID., *G.F. Rouelle: His Cours de Chimie and their Significance for Eighteenth Century Chemistry*, Ithaca, Cornell University, 1958).

<sup>3</sup> M. DAUMAS, «L'élaboration du *Traité de Chimie de Lavoisier*», *Archives Internationales d'Histoire des Sciences*, 3 (1950), 570-90; M. BERETTA, *A new course in chemistry. Lavoisier's first chemical paper*, Firenze, Leo S. Olschki, 1994.

<sup>4</sup> Una disamina degli studi sulla storia dell'insegnamento realizzati all'interno di questa prospettiva si può trovare in W.H. BROCK, «Science education», in R.C. COLBY, et al. (ed.), *Companion to the history of modern science*, London, Routledge, 946-959.

<sup>5</sup> Una buona parte del nostro studio è basata sulle opere di Katerin Olesko sull'insegnamento della fisica in Germania (K. OLESKO, *Physics as a calling: Discipline and practice in the Königsberg seminar for physics*, Ithaca, Cornell University Press, 1991; ID., «Physics Instruction in Prussian Secondary Schools before 1859», *Osiris*, 5 (1989), 94-120; ID., «The mental world of Physiklehrer: Subject and method in history of mentalities», *Recherches en didactique des mathématiques*, 6 (1985), 347-362.

I libri di testo, uno degli oggetti più caratteristici dell'insegnamento, possono essere usati come fonti per identificare i loro protagonisti, in questo caso gli autori e i lettori.<sup>6</sup> Nel caso francese, le riforme istituzionali realizzate durante la Rivoluzione francese e la rapida incorporazione della chimica nei centri d'insegnamento generale e specializzato provocarono un cambiamento evidente nelle prefazioni delle opere. È difficile identificare il tipo di lettore al quale si dirigevano i testi pubblicati durante il diciottesimo secolo. Si tratta di referenze generali che ci informano su di un pubblico indefinito, costituito da farmacisti e artigiani, oppure da illuministi interessati alla scienza e alle sue applicazioni.

Invece, le opere pubblicate durante le ultime decadi del Settecento e i primi anni dell'Ottocento contengono indicazioni molto precise riguardo al tipo di lettore al quale erano dirette. I prologhi e i titoli dei testi segnalano con precisione il tipo di lettore e l'uso per il quale erano stati concepiti, scartando addirittura altri pubblici al di fuori degli alunni che assistevano ai corsi di chimica.<sup>7</sup> Izarn, autore di un manuale di fisica e chimica, avvertiva che i testi come il suo potevano essere di uso difficile per i lettori che non assistevano ai corsi di chimica.

«Je ne le donne donc pas pour un Traité qui mette cette science à la portée de tout le monde; j'avertis au contraire qu'il offrira quelques difficultés à ceux qui voudraient l'étudier sans aucun autre secours (...) Je pense rendre par-là un grand service aux élèves auxquelles je le destine».<sup>8</sup>

<sup>6</sup> I manuali d'insegnamento scientifico hanno attirato negli ultimi anni l'attenzione degli storici. Alcuni esempi sono le opere di B. HAUPT, *Deutschsprachige Chemielehrbücher (1775-1850)*, Stuttgart: Deutscher Apotheker Verlag, 1987 e W. CLARK, «German Textbooks in the Goethezeit». Part I-II, *History of Science*, 35 (2-3) (1997), 219-239; 295-363, sulla Germania; o la tesi di dottorato di M.E. CUTLER, *American patterns in general chemistry texts, 1800-1850*, New York: Columbia University, Ph.D., 1962, sui manuali negli Stati Uniti. Per il caso francese si possono consultare le opere di Jean Dhombres sui manuali dell'insegnamento della matematica (Jean DHOMBRES, «French textbooks in the sciences, 1750-1850», *History of Education*, 12 (1984) (2), 153-161) e, per la chimica, lo studio di B. BENSUADE-VINCENT, A. GARCÍA BELMAR, J.R. BERTOMEU SÁNCHEZ, *La chimie par les livres. L'émergence des manuels d'enseignement de la chimie en France (1789-1852)* (in corso di stampa).

<sup>7</sup> Mateu Orfila, autore di uno dei manuali di chimica più importanti pubblicati durante i primi trent'anni del XIX secolo, indicava nel prologo che «Notre objet, en publiant ce livre élémentaire, a été de répondre aux vœux de MM. les Elèves en médecine et en pharmacie, qui, depuis long temps, nous engagent à mettre au jour les leçons qui composent» (*Eléments de chimie médicale*, Paris, Crochard, 1817). Allo stesso modo, Adolphe Fabulet, autore di un manuale della chimica «... à l'usage des élèves en Pharmacie et en médecine» come indicato nel titolo, dichiarava che «En composant cet ouvrage, je me suis proposé de choisir et de coordonner tous les faits qui ont rapport aux simples éléments de la chimie (...) en évitant aux jeunes commençants de fastidieuses et pénibles recherches dans les nombreux écrits qu'on a publiés sur la chimie (...) que, quoiqu'extrêmement lumineux, ne sont pas toujours à la portée des jeunes étudiants, sur-tout de ceux en pharmacie auxquels ce livre est particulièrement destiné» (*Nouveaux éléments théoriques et pratiques de chimie*, Paris, Brochot, 1803).

<sup>8</sup> JOSEPH IZARN, *Leçons élémentaires de physique et chimie expérimentales, par... professeur au Lycée Bonaparte*, Paris, Levrault, Schoell et Cie, 1805.

Non si tratta naturalmente del pubblico che realmente lesse le opere. Per conoscere l'uso reale dei testi dovremo ricorrere ad altre fonti complementari. Si tratta unicamente del pubblico destinatario, cioè il pubblico che gli autori e gli editori avevano in mente quando scrissero, composero, stamparono e vendettero i manuali d'insegnamento. Perciò queste indicazioni, oltre a fornirci alcune piste sull'evoluzione del pubblico della chimica si trasformano in dati essenziali per capire il contenuto e la forma delle opere. I dati sull'origine sociale, la formazione precedente, la situazione istituzionale, le necessità formative concrete o le prospettive professionali ci permettono di ricostruire l'orizzonte delle aspettative di questo pubblico e capire come tali necessità formative e aspirazioni future determinarono il contenuto e la forma dei testi.

Se consideriamo l'esempio dei libri di testo pubblicati in Francia,<sup>9</sup> a partire dalle prime opere pubblicate nelle ultime decadi del XVIII secolo, le introduzioni parlano di due tipi di lettori, gli studenti di medicina e farmacia e gli alunni dei nuovi centri di insegnamento secondario, le *écoles centrales* e i *lycées*. Gli studenti di medicina e farmacia furono quasi gli unici destinatari delle opere pubblicate durante gli anni della Restaurazione e, senza dubbio, il gruppo motore della crescita e della diversificazione delle opere pubblicate negli anni '30 e '40. Inoltre, questi due gruppi di lettori erano in realtà gli stessi, essendo i futuri studenti di medicina quelli che dovevano superare le prove di *baccalauréat-es-sciences physiques* e quindi i principali interessati ai corsi di chimica dati nei *collèges royaux*. Gli studenti di medicina, dalla formazione iniziale nei centri di insegnamento secondario fino ai primi anni di facoltà, appaiono come il principale pubblico destinatario dei manuali di chimica pubblicati durante la prima metà dell'Ottocento.

Le necessità formative di questo pubblico rappresentano uno dei criteri che gli autori dei manuali dovettero considerare quando elaborarono i loro testi, dovendo creare un prodotto che rispondeva in modo soddisfacente alle necessità e agli interessi dei diversi *partenaires* del libro di testo: le condizioni materiali e normative richieste dalle istituzioni educative, le misure di controllo e censura imposte dal governo o gli interessi economici e possibilità tecniche degli editori.<sup>10</sup> Data la funzione di mediatori svolta dagli autori, è ovvia la necessità di conoscere dettagliatamente quali furono le persone che in un determinato momento della loro carriera decisero di scrivere e pubblicare un manuale destinato all'insegnamento della chi-

<sup>9</sup> A. GARCÍA-BELMAR, J.R. BERTOMEU-SÁNCHEZ, «French chemistry textbooks (1802-1852). New books for new publics and new educational institutions» in: B. BENSUADE-VINCENT, A. LUNDGREN (eds.), *Communicating Chemistry: Textbooks and their Audiences, 1789-1939*. Canton, History of Science Publications, 57-89.

<sup>10</sup> Queste questioni sono state ampiamente analizzate da A. Choppin nei suoi studi sui manuali di insegnamento in Francia (A. CHOPPIN, *Les manuels scolaires: histoire et actualité*, Paris, Hachette, 1992; ID., «L'Histoire des manuels scolaires: une approche globale», *Histoire de l'éducation*, 9 (1980), 1-25; ID., «Le cadre législative et réglementaire des manuels scolaires. I: De la Révolution à 1939», *Histoire de l'éducation*, 29 (1986), 21-58.

mica; quali furono i motivi economici, professionali, scientifici, politici o ideologici che li portarono a prendere tale decisione; quale fu la formazione di queste persone e che relazione esse ebbero con la ricerca e l'insegnamento; quale era la loro posizione istituzionale e la loro attività professionale quando scrissero e pubblicarono i loro testi.

Non è necessario insistere sull'identità dei principali autori delle opere del primo periodo come ad esempio Lavoisier, Chaptal o Fourcroy. Non dovrebbe neanche essere difficile individuare le ragioni per le quali essi dedicarono una parte importante del loro tempo ad elaborare libri di testo secondo le nuove teorie chimiche e adatti all'impiego nelle nuove istituzioni educative sorte durante la Rivoluzione Francese.<sup>11</sup> Ma forse non è così facile dire chi erano Joseph Izarn (1766-post.1817), Pierre Jacotot (1756-1821), Pierre Auguste Adet (1763-1834) o Jean Baptiste Jumeilin (1745-1807), autori di manuali sui quali impararono la chimica gli alunni delle *écoles centrales* e i *lycées* francesi durante oltre una decade.<sup>12</sup> Questi autori, quasi sconosciuti, facevano parte dei numerosi scienziati e professori reclutati dal governo rivoluzionario per insegnare le scienze nelle nuove istituzioni di insegnamento secondario. Il profilo di questa prima generazione di autori di libri di testo è caratterizzato innanzitutto da una forte eterogeneità, sia per la loro formazione iniziale che per le loro attività professionali o la loro relazione con la ricerca scientifica e chimica. Un fatto che non è nient'altro che un riflesso della diversità delle situazioni nelle quali la chimica era coltivata nella seconda metà del Settecento.

Durante i primi decenni dell'Ottocento ci fu un cambio radicale nel profilo biografico degli autori dei manuali. Fra il 1810 ed il 1820, gli autori dei manuali di chimica furono, per la maggior parte, giovani medici e farmacisti che pubblicarono testi all'inizio della loro carriera professionale.<sup>13</sup> In quegli anni, lavoravano come professori di chimica nelle istituzioni private d'insegnamento, dove assistevano quegli studenti ai quali facevamo riferimento anteriormente. Per più di vent'anni, gli alunni di medicina e farmacia, i principali destinatari dei manuali di chimica, impararono le fondamenta e le applicazioni di questa scienza attraverso i testi scritti da autori come Mateu Orfila, Jean Louis Lassaigne o Julia de Fontenelle. Un gruppo di giovani che appartenevano alla *Société de chimie médicale*, autori e editori del *Journal de chimie*

<sup>11</sup> Salvo il caso di Lavoisier, è poco quello che sappiamo sul contesto della pubblicazione delle opere d'insegnamento della chimica di autori come Fourcroy o Chaptal. Lo studio sulla struttura di alcune opere di questi autori realizzato da Bernadette Bensaude Vincent è uno dei pochi lavori dedicati a questo tema («A View of the Chemical Revolution Through Contemporary Textbooks: Lavoisier, Fourcroy and Chaptal», *British Journal for the History of Sciences*, 23 (4) (1990) 435-460.

<sup>12</sup> Nel caso francese, la serie F17, 20001-27167, *Personnel* degli *Archives Nationales* de Paris costituisce una fonte essenziale e spesso unica per ricostruire la biografia di questi autori, assente nei repertori biografici.

<sup>13</sup> J.R. BERTOMEU-SÁNCHEZ, A. GARCÍA-BELMAR, «Mateu Orfila's *Éléments de chimie médicale* and the debate about chemistry applied to medicine during the early XIXth century in France», *Ambix*, 2000, 47 (1), 1-27.

*médicale* e che si servirono di editori parigini come Nicolas Crochard, libraio della Facoltà di Medicina di Parigi, per pubblicare i loro manuali.

Abbiamo visto quindi che durante il primo terzo del XIX secolo, un periodo centrale nella costituzione del manuale di chimica come un nuovo genere di letteratura scientifica indipendente, il principale pubblico destinatario e una parte importante degli autori appartiene al mondo della medicina e della farmacia. Una situazione che si trova in conflitto con certe immagini relative alle relazioni tra la chimica e la medicina durante il periodo posteriore alla Rivoluzione chimica. Immagini secondo le quali, la chimica arrivò in questo periodo alla sua indipendenza definitiva da queste due tradizioni alle quali fu legata durante la sua formazione.

Il peso di questo «milieu médical» nella produzione dei manuali di insegnamento può aiutare a capire come si risolsero alcuni dibattiti tenuti in quegli anni sul contenuto e la struttura dei manuali di chimica. Ad esempio, la relazione tra la chimica e la fisica. I libri di testo scritti all'inizio dell'Ottocento da Brisson, Jacotot, Jumelin o Izarn per gli alunni delle *écoles centrales* e i *lycées* erano testi di fisica e chimica nei quali la chimica era considerata come quella parte della fisica dedicata allo studio delle modificazioni e qualità dei corpi prodotte «dall'affinità di composizione».

Per questi autori e professori, l'integrazione della chimica nella struttura della fisica era più che evidente. Jumelin affermava nel prologo della sua opera che «... les connoissances physiques, séparées des connoissances chimiques, ne méritent guère le nom de science», e attribuiva a motivi puramente editoriali l'inclusione della parola chimica nel titolo del suo libro di testo.<sup>14</sup>

Questa concezione della relazione tra la fisica e la chimica è coerente con il percorso scientifico e professionale di questi autori. Il loro principale lavoro era stato l'insegnamento della matematica e della fisica nei collegi dell'*Ancien Régime*. Come parte della loro attività docente, autori come Brisson e Jacotot contribuirono all'inserimento della fisica sperimentale nell'insegnamento.<sup>15</sup> La fisica sperimentale fu inoltre il terreno dove questi autori svilupparono la loro attività scientifica. Erano quindi immersi nel processo di trasformazione e delimitazione della fisica descritto da J.L. Heilbron, che portò ad una nuova definizione dei limiti e della struttura di questa disciplina.<sup>16</sup> Il contesto istituzionale nel quale essi elaborarono i

<sup>14</sup> J.B. JUMELIN, *Traité élémentaire de physique, de chimie et de physico-mathématique, par...*, Paris, Duminil-Lesieur, 1806, p. ii.

<sup>15</sup> I lavori di Jean Torlais su l'abbé Nollet (*Un physicien au siècle des lumières: l'Abbé Nollet, 1700-1770*, Argueil, Jonas Editeur, 1987) contengono delle informazioni sul discepolo Brisson (V.R. TATON, «Mathurin Jacques Brisson», in Ch.C. GILLISPIE, *Dictionary of Scientific Biography*, New York, Charles Scribner's sons, 1970). Su Pierre Jacotot si veda Paris, AN (F17-20984).

<sup>16</sup> J.L. HEILBRON, *Electricity in the 17th and 18th Centuries. A Study of Early Modern Physics*, Berkeley, University of California Press, 1979, ch. I «Physical Principles» (pp. 9-98); ID., *Elements of Early Modern Physics*, Berkeley, University of California Press, 1983, 1-65; ID., *Weighing Imponderables and Other Quantitative Science around 1800*, Berkeley, University of California Press, 1993, 5-33.

loro libri di testo favorì questo modo di vedere la chimica. Nelle nuove *écoles centrales* e *lycées* la fisica e la chimica si insegnavano nello stesso corso, dato dallo stesso insegnante.<sup>17</sup>

Questi testi di fisica e chimica sparirono drasticamente dopo la creazione dell'Università Imperiale. Al loro posto troviamo manuali di chimica nei quali il dibattito non era ormai la relazione della chimica con la fisica, ma l'applicazione di questa scienza alla medicina. Un dibattito che si fece esplicito nelle introduzioni e nei titoli di alcune opere. Orfila cambiò il titolo da «*Eléments de chimie médicale*» usato nella prima edizione del 1817 per «*Eléments de chimie appliquée à la médecine et aux arts*» nella seconda edizione del 1819 e le seguenti.<sup>18</sup> Durante i primi trent'anni dell'Ottocento, i libri di testo di chimica adottarono un carattere descrittivo molto marcato, orientato verso le proprietà mediche delle sostanze.

Il fiasco del «mariage republicaine» tra la fisica e la chimica e l'apparizione di testi con una forte componente medica sono solo un esempio del modo nel quale quel «milieu médical» di autori e lettori dei libri di testo di chimica del trentennio iniziale del XIX secolo condizionò il contenuto e la struttura delle opere pubblicate in questo periodo, e in gran parte, la forma che adottarono i testi pubblicati le seguenti decadi. Un esempio che dimostra come per capire un libro di testo o un corso di chimica sia necessario tenere in conto il lavoro creatore dei suoi autori o professori e le necessità concrete dei pubblici ai quali era diretto.

3. Ma se il ruolo di autori e professori non si può ridurre a una mera trasmissione di saperi precedentemente elaborati, quale fu realmente il loro lavoro? In altre parole, come si costruirono i contenuti dei libri di testo o dei corsi di chimica? Sono domande che gli storici della scienza si pongono quando devono analizzare l'attività creatrice degli scienziati, ma che raramente si sono posti quando si tratta dell'attività svolta dai professori di chimica o autori dei manuali. Perché il contenuto della chimica sorta dall'insegnamento non ha suscitato un interesse paragonabile a quello della chimica sorta dalla ricerca? Due sono i motivi che potrebbero spiegare questo fatto. Il primo è la concezione dell'insegnamento come una attività di mera trasmissione passiva delle conoscenze. La creazione di saperi nuovi resta nell'ambito della ricerca, che si realizza in scenari differenti e distanti da quelli dell'insegnamento. L'insegnamento, come ultima tappa nella catena di trasmissione dei

<sup>17</sup> B. BELHOSTE, «Les caractères généraux de l'enseignement secondaire scientifique de la fin de l'Ancien Régime à la première guerre mondiale», *Histoire de l'éducation*, 41, 1989, 3-45; N. HULIN, *L'organisation de l'enseignement des sciences*, Paris, Comité des travaux historiques et scientifiques, 1989; ID., «Enseignement scientifique et lignes de partage disciplinaire: la place de la physique dans la première moitié du XIXème siècle», *Revue de synthèse*, 115 (1994), 121-134.

<sup>18</sup> J.R. BERTOMEU-SÁNCHEZ, A. GARCÍA-BELMAR, «Mateu Orfila's *Eléments de chimie médicale*», cit.

saperi, ha suscitato interesse solo per conoscere la velocità o il modo attraverso il quale le nuove idee scientifiche sono arrivate a questa fase finale dove la scienza diventa «normale» e viene inculcata in modo meccanico, ripetitivo e stereotipato nell'attesa della seguente rivoluzione. Il secondo motivo è di ordine metodologico. Se i libri di testo o i corsi manoscritti sono studiati con gli stessi metodi e con le stesse domande applicate alle pubblicazioni più vicine alla ricerca, come ad esempio gli articoli di riviste e memorie accademiche, gli studi monografici o i grandi trattati, logicamente essi non danno delle risposte adeguate e vengono considerati, come lo sono stati, fonti opache per studiare l'attività scientifica di una epoca determinata.

In effetti, i libri di testo non sembrano contenere a prima vista grandi dibattiti scientifici o essere destinati ad includere nuovi saperi frutto della ricerca. Che tipo di domande ci possiamo porre di fronte a quelle lunghe, monotone e apparentemente anonime liste di sostanze, concetti e descrizioni che formano un corso di chimica o un libro di testo? Molte, senza dubbio; ad esempio: perché vennero incluse certe sostanze e non altre? Quali furono i criteri che gli autori e i professori seguirono per determinare quale parte della chimica doveva essere inclusa in un corso o in un libro di testo e quale parte doveva essere esclusa? In che modo quelle sostanze e definizioni furono organizzate e strutturate per essere insegnate in tali corsi o libri di testo?

Queste non sono naturalmente le uniche domande possibili. Ma contengono un interesse speciale, visto che ci permettono di riflettere direttamente sul possibile carattere creativo dell'insegnamento e quindi di rimettere in discussione la supposta funzione di mera trasmissione dei saperi che abitualmente gli viene assegnata. È nell'insegnamento dove appare con maggior intensità la necessità di delimitare, ordinare e strutturare i saperi che si vogliono trasmettere. Un compito che sembrerebbe arrivare ad un compromesso tra le conoscenze scientifiche dell'epoca, i modelli pedagogici vigenti, i condizionamenti istituzionali e materiali e i bisogni del pubblico destinatario. Il risultato di tale sforzo non è unicamente un libro di testo o un corso pubblico. Come segnalava Owen Hannaway nel suo lavoro sulle origini didattiche della chimica, il risultato di tale compito è, innanzitutto, una disciplina scientifica, che si definisce e forma anche in questo modo.<sup>19</sup> Una conclusione senza dubbio importante nel periodo studiato da Hannaway attraverso l'opera di Libavius, quando la chimica incominciava a formarsi come un corpus di saperi teorici e pratici indipendenti. Ma anche una conclusione centrale in un'epoca di rapida ma conflittuale istituzionalizzazione della chimica come la prima metà dell'Ottocento.

L'annessione della chimica alle istituzioni educative modificò le condizioni nelle quali si era svolto il suo insegnamento e apprendistato fino a quel momento. La chi-

<sup>19</sup> O. HANNAWAY, *The Chemists and the Word. The Didactic Origins of Chemistry*, Baltimore-London, The Johns Hopkins University Press, 1975.

mica non era più una conoscenza alla quale si accedeva volontariamente e che veniva insegnata nei corsi pubblici e privati, carenti di regolamenti e che non conducevano a nessun tipo di titolo accademico. Per i nuovi studenti e per i professori, la chimica si trasformò in una materia in più del corso di studi. Fin dalla fine del Settecento, i professori e gli autori dei libri di testo di chimica dovettero risolvere delle importanti questioni relative alla delimitazione e strutturazione dei saperi chimici impartiti nei loro corsi. L'estensione della disciplina si dovette adattare alla lunghezza del corso e i contenuti dovettero stratificarsi per potersi adattare alle conoscenze iniziali degli alunni, alle necessità particolari degli studenti di differenti livelli e tipi di insegnamento, o al genere di esami da superare durante il corso di studi. Un compito particolarmente complesso nel caso di una disciplina come la chimica, i cui rapporti con la fisica, la storia naturale o la medicina erano motivo di intensi dibattiti. Nello stesso tempo, questi autori e professori dovevano trovare una struttura che permettesse di organizzare le opere in modo che le conoscenze sulla composizione, proprietà e comportamento chimico delle sostanze potessero presentarsi secondo i principi pedagogici e epistemologici vigenti.

È frequente trovare nei manuali di chimica della prima metà dell'Ottocento dei riferimenti ai criteri generali di ordine che tutti i testi di chimica destinati all'insegnamento dovevano seguire. Secondo questi criteri, le conoscenze dovevano essere disposte in modo che il lettore avanzasse sempre dal «conosciuto allo sconosciuto» senza nominare mai sostanze o concetti che non erano stati spiegati in precedenza.

«Il me reste maintenant à parler de l'ordre que j'ai cru devoir suivre; mais il est si simple, que je crois inutile d'insister sur ce point. Qu'il me suffise de dire que j'ai tâché de ne procéder que du connu à l'inconnu; de ne jamais parler d'une substance, d'une combinaison dont il n'avait pas encore été question, qu'au moment même où je la faisais connaître».<sup>20</sup>

Tale ordine doveva essere compatibile con una disposizione delle sostanze secondo la loro complessità, partendo dalle più semplici fino alle più complesse. L'analisi e la sintesi, le due operazioni basilari della chimica che permettono di passare dal semplice al composto si assimilavano in questo modo all'ordine della conoscenza che ci fa progredire dal conosciuto allo sconosciuto. Queste nozioni si trovano già nei testi degli autori della metà del Settecento come Macquer, che le usò per organizzare il suo trattato di chimica teorica e pratica.<sup>21</sup> Ma il suo uso regolare e retorico nei testi della prima metà del XIX secolo è più simile a ciò che scrissero autori come Fourcroy o Thénard nei loro trattati.

<sup>20</sup> AUGUSTE ADET, *Leçons élémentaires de chimie, à l'usage des lycées. Ouvrage rédigé par ordre du Gouvernement*; par... Paris, Dentu Imprimeur-Libraire, 1804, p. III.

<sup>21</sup> PIERRE JOSEPH MACQUER, *Elemens de chymie théorique*, Paris, Jean Thomas Herissant, 1749; ID., *Elemens de chymie pratique*, Paris, Jean Thomas Herissant, 1751.



«La méthode que j'ai constamment suivie consiste à procéder du simple au composé, du connu à l'inconnu, à réunir dans un même group tous les corps analogues, et à les étudier d'abord d'une manière générale et ensuite d'une manière particulière».<sup>22</sup>

Il problema relativo a questi criteri di organizzazione delle conoscenze chimiche era che essi non conducevano ad una struttura unica. Anzi, la loro applicazione simultanea produceva numerose contraddizioni che si potevano risolvere in diversi modi.<sup>23</sup> La prova di ciò è l'enorme varietà di strutture che si possono osservare nei libri di testo e corsi manoscritti di questa epoca. Così, l'applicazione rigorosa dei principi relativi all'ordine provocava una grave dispersione delle sostanze nel testo o nel corso di chimica. Ciò portava ad esempio a separare lo studio di una sostanza semplice dai suoi composti. Così, i capitoli dedicati al ferro, i suoi ossidi e sali potevano trovarsi in volumi differenti. Alcuni autori, pur mantenendo nelle introduzioni la loro fedeltà retorica ai principi basilari di organizzazione, preferirono creare grandi capitoli nei quali si presentava tutta la chimica di una sostanza, riunendo ad esempio la descrizione del ferro e quella dei suoi composti. Questa seconda struttura era particolarmente utile quando, al posto del libro di testo, si doveva organizzare un corso di chimica di uno o due anni, visto che in questo caso non erano dei capitoli ma delle settimane o dei mesi ciò che separava lo studio delle sostanze semplici dallo studio dei suoi composti. Thénard, ad esempio, scelse nel suo trattato un'applicazione rigorosa dell'ordine di complessità, mentre per i corsi del *Collège de France* preferì riunire in una sola lezione tutta la chimica di una sostanza.<sup>24</sup>

Questo è solo un esempio delle decisioni che gli autori dei manuali e i professori di chimica dovettero prendere per strutturare i contenuti inclusi nelle loro opere o lezioni. Potremmo citarne molti altri, come ad esempio la forte polemica che provocò, nel contesto dell'insegnamento, la proposta di Ampère di usare in chimica dei sistemi di classificazione naturali, al posto di sistemi artificiali come quello di Thénard, basato quasi esclusivamente sull'affinità delle sostanze con l'ossigeno.<sup>25</sup> Autori come César Despretz o Ferdinand Hofer organizzarono dei manuali seguendo queste nuove proposte.<sup>26</sup> Di fronte a quella varietà di opzioni, gli

<sup>22</sup> LOUIS JACQUES THÉNARD, *Traité de chimie élémentaire, théorique et pratique*, par..., Paris, Crochard, 1813, vol. I, p. III.

<sup>23</sup> BENSUADE-VINCENT, «A View of the Chemical Revolution ...» cit.

<sup>24</sup> L.J. THÉNARD, *Traité de chimie élémentaire ...*; N.J.B.G. GUIBOURD, *Cours de chimie rédigé d'après les leçons de M. Thénard, professeur au Collège de France*, par... (Bibliothèque Interuniversitaire de Pharmacie de Paris, Ms. 22-23); Ch.L. PRÉVOST, *Cours de chimie minérale, végétale et animale de Thénard...* (Id. Ms. 25).

<sup>25</sup> ANDRÉ-MARIE AMPÈRE, «Essai d'une classification naturelle des corps simples», *Annales de chimie*, I (1816) 295-308; 373-394; II (1816) 1-32 et 105-125. C.L. DOWLAND-PILLINGUER, «A chemist full of bold and ingenious Ideas»: *The Chemical Philosophy of A.M. Ampère (1775-1836)*, Cambridge University, Ph.D., 1988; MYRIAM SCHEIDECKER-CHEVALLIER, «Impact des idées d'Ampère en chimie sur J.B. Dumas et M.A. Gaudin», *Science et technique en perspective IIe série*, 1 (1997): 285-307; J.R. HOFFMANN, *André-Marie Ampère* Cambridge, University Press, 1995.

<sup>26</sup> F. HOEFER, *Nomenclature et classifications chimiques, suivies d'un lexique historique et*

autori dei manuali degli anni 1830 e 1840 decisero di usare indistintamente i due sistemi di classificazione. Così, nei libri di testo di chimica di questo periodo i metalli furono classificati secondo il sistema artificiale di Thénard e i non-metalli secondo il sistema di classificazione naturale proposto da Dumas.<sup>27</sup>

Non di minore importanza fu il progressivo abbandono di una delle nozioni basilari sulla quale si appoggiavano le strutture dei libri di testo dei primi decenni dell'Ottocento: la relazione diretta tra composizione e proprietà chimiche. Una nozione che ha origine nella chimica dei principi e che come ha dimostrato Maurice Crosland, può identificarsi nelle teorie sull'acidità di Lavoisier e i suoi seguaci.<sup>28</sup> La relazione diretta tra composizione e proprietà chimiche era una nozione appoggiata da autori come Thénard, secondo cui l'ordine delle sostanze basato sulle proprietà chimiche doveva coincidere con un ordine basato sulla loro composizione. Una convinzione che creò forti tensioni nella struttura dei testi e che portò a situazioni come la collocazione dell'ammoniaca tra gli ossidi metallici e l'elaborazione di teorie *ad hoc* che la giustificavano (in questo caso la supposizione dell'esistenza di un metallo, l'ammonium). La decomposizione dell'acido cloridrico o l'isolamento dello iodio così come l'identificazione degli alcaloidi obbligò, non senza reticenze, a modificare la struttura delle opere e ad abbandonare il sogno di una struttura nella quale le proprietà e la composizione convivevano in modo armonico.<sup>29</sup>

Non sembra dunque che alla domanda iniziale (in che consisteva il lavoro degli autori dei libri di testo e dei professori di chimica?), si possa rispondere in modo semplice, affermando che la loro opera si riduceva all'elaborazione di copie

*synonymique, comprenant les noms anciens, les formules, les noms nouveaux, le nom de l'auteur et la date de la découverte des principaux produits de la chimie...*, Paris, J.B. Baillière, 1845; ID., *Eléments de chimie minérale, précédés d'un abrégé, de l'histoire de la science et suivis d'un exposé des éléments de chimie organique...*, Paris, Dezobry et E. Magdeleine, 1841. C. DESPRETZ, *Elémens de chimie théorique et pratique avec l'indication des principales applications aux sciences et aux arts, ouvrage dans lequel les corps sont classés par familles naturelles par ...*, Paris, Méquignon-Marvis, 2 vols, 1829.

<sup>27</sup> Thénard riuni i metalli in sei classi «autant que possible, dans l'ordre suivant lequel ils tendent en général à se combiner avec l'oxigène». Cf. J. THÉNARD, *Traité élémentaire de chimie ...*, Paris, Crochard, 1813-1816, t. I, pp. 208-210. Questi criteri di divisione si mantennero con scarsi cambiamenti nelle edizioni successive. Cf. THÉNARD, 1817-18, I, 240-41; ID., I, 256-257; ID., 1827, I, 320-322. (J.R. BERTOMEU-SÁNCHEZ, A. GARCÍA BELMAR, «Mateu Orfila (1787-1853) y las clasificaciones químicas. Un estudio sobre los libros de texto de química durante la primera mitad del siglo XIX en Francia», *Cronos*, 2 (1) (1999), 3-46); J.B. DUMAS, *Traité de chimie appliquée aux arts*, Paris, Béchét jeune, 8 vols. 1828-46, I, LXXVII, II, 2, 38-39.

<sup>28</sup> M. CROSLAND, «Lavoisier's Theory of Acidity», *Isis*, 64 (1973), 306-325; «H. Le Grand Lavoisier's oxygen theory of acidity», *Annals of science*, 24 (1972), 1-18. ID., «Ideas on the composition of muriatic acid and their relevance to the oxygen theory of acidity», *Annals of Science*, 31 (1974), 213-26.

<sup>29</sup> J.R. BERTOMEU SÁNCHEZ, A. GARCÍA BELMAR, «Mateu Orfila (1787-1853) y las clasificaciones químicas. Un estudio sobre los libros de texto de química durante la primera mitad del siglo XIX en Francia», *Cronos*, 2 (1) (1999), 3-46.

riassunte o adattate, dei grandi trattati dell'epoca. Anche perché, come dimostrano questi esempi, non esisteva un modello unico da copiare. I grandi trattati di Fourcroy, Thénard o Dumas vennero modificati nelle loro varie edizioni. Inoltre, c'erano delle grandi differenze tra un trattato e l'altro. Gli autori dei manuali e i professori avevano a che fare con una disciplina che cambiava continuamente, piena di polemiche e dispute teoriche rispetto alle quali dovevano prendere delle importanti decisioni. Queste decisioni dipendevano, come abbiamo segnalato, da diversi fattori, come la formazione e gli interessi degli autori, o le necessità e la formazione precedente del pubblico al quale erano dirette, ma anche, dalle condizioni materiali imposte dagli editori o dalle istituzioni educative, dal controllo del governo attraverso la censura e dai programmi ufficiali ecc.

Se vogliamo capire come sono stati costruiti i contenuti della chimica insegnata nei libri di testo e nelle aule, è necessario abbandonare gli schemi semplificati e cercare di interpretare l'insegnamento come un'attività creativa, frutto dell'interazione tra vari attori e fattori. Invece di accontentarci di verificare la presenza o l'assenza di determinate teorie nei libri di testo o nei corsi di chimica di un'epoca, risulta molto più interessante analizzare i fenomeni di appropriazione selettiva dei saperi, o della trasformazione e creazione di conoscenze teoriche e pratiche che accompagnano l'insegnamento e l'apprendimento della chimica. Se, come segnala Owen Hannaway, siamo disposti ad attribuire all'educazione un ruolo centrale nella formazione delle discipline scientifiche, è palese l'interesse che dobbiamo prestare ai modi della sua costruzione.

4. I libri di testo costituiscono senza dubbio un primo avvicinamento ai contenuti dell'insegnamento, ma costituiscono un grande ostacolo quando si desidera conoscere la realtà dell'insegnamento della chimica nell'aula, nell'anfiteatro o nel laboratorio. Bisognerebbe sapere quale fu l'uso del manuale come strumento pedagogico, sia nelle mani dei professori che in quelle degli alunni. Per conoscere il contenuto e i metodi dell'insegnamento impartito nelle aule sarà necessario utilizzare delle fonti che ci avvicinino a quella *Alltagsgeschichte*, quella storia quotidiana dell'insegnamento, alla quale si riferisce Katerin Olesko nelle sue ricerche sulla didattica della fisica in Germania.<sup>30</sup> E fonti privilegiate per entrare nella vita quotidiana delle aule sono indubbiamente i corsi manoscritti elaborati dagli alunni che assistevano alle lezioni.

Gli archivi francesi sono particolarmente forniti di questo tipo di fonti. Istituzioni come, ad esempio, le Accademie di medicina e farmacia o la stessa Accademia delle scienze, conservano i corsi manoscritti che i suoi membri elaborarono durante

<sup>30</sup> K. OLESKO, *Physics as a calling ...*, cit., ID., «Physics Instruction in Prussian Secondary Schools ...».

gli anni della loro formazione. Questo è il caso dei corsi manoscritti 22, 23 e 25 della *Bibliothèque Interuniversitaire de Pharmacie* di Parigi. Questi manoscritti contengono le lezioni di chimica date da Thénard dalla sua cattedra del *Collège de France* e raccolte da due dei suoi studenti, Nicolas-Jean-Baptiste-Gaston Guibourt e Charles Louis Prévost. Naturalmente anche se questo tipo di fonti ci può portare molto vicino alla realtà dell'insegnamento in un'istituzione, esisterà sempre una distanza qualitativamente molto importante tra i testi e quella realtà, distanza che bisognerà cercare di colmare con una certa precauzione. Una distanza creata fondamentalmente dal lavoro intermediario degli autori di questi testi manoscritti: gli uditori. Bisognerà sapere, in primo luogo, se i corsi manoscritti furono una trascrizione della lezione dettata e degli esperimenti mostrati dal professore, o se invece furono delle rielaborazioni posteriori di quelle lezioni e dimostrazioni.

Il paragone dei contenuti può aiutarci a conoscere quali parti del testo possono attribuirsi a ciò che realmente fu insegnato e quali corrispondono ad un lavoro posteriore di rielaborazione e ampliamento da parte dell'autore del testo. La chiarezza e la pulizia della redazione e dei disegni ci indicano che si tratta di versioni rielaborate a partire da appunti presi durante le lezioni. Questo si può vedere anche dal modo in cui vengono usate le note a piè di pagina e gli appunti in margine, dove gli autori dei manoscritti aggiunsero al testo principale dati e interpretazioni ottenute negli anni posteriori a quelli dei corsi.<sup>31</sup> Si può concludere, quindi, dicendo che siamo di fronte a due registri formalmente differenti di ciò che senza dubbio fu un solo corso, quello dato da Thénard, tra il 1808 e il 1810, al *Collège de France*.

Ma, al di là di quello che possa risultare dall'analisi di questi testi, una corretta comprensione del loro contenuto ci obbliga a risolvere questioni sull'uso e il significato che questi tipi di strumenti didattici ebbero in questa epoca. Perché e per chi sono stati scritti questi corsi manoscritti? Qual era la loro funzione come strumento didattico? Quali erano le pratiche associate alla loro elaborazione e le fonti impiegate? Le risposte a queste domande non solo sono necessarie per una corretta interpretazione del contenuto dei testi, ma costituiscono un primo passo verso quello studio delle pratiche dell'insegnamento della chimica di cui stiamo discutendo. I corsi manoscritti o i libri di testo si trasformano così in fonti di grande interesse per poter meglio comprendere cosa significasse insegnare e imparare la chimica all'inizio del XIX secolo; e per poter capire come furono adattati all'insegnamento i metodi didattici di un'epoca e a sua volta come essi furono modificati dall'insegnamento della chimica. Una linea di ricerca che obbliga naturalmente a

<sup>31</sup> È importante notare che i commenti aggiunti furono posti a piè di pagina, separati dal testo, in modo da non alterare il contenuto del corso. Guibourt indicava in uno dei suoi appunti «quoique depuis son cours Mr. Thénard ait renoncé à sa théorie, comme je n'ai pu suivre les années suivantes, j'ai mieux aimé conserver ses Leçons telles qu'il nous les avoit faites, affaiblissant toutes fois l'effet de ses décisions en ne les donnant que comme douteuses»; GUIBOURT, 1808-1809, 32e leçon, p. 209.

ricorrere a fonti complementari e che comporta necessariamente una stretta collaborazione con gli storici dell'educazione.

Agli occhi degli storici della scienza, questi corsi manoscritti dovrebbero inoltre apparire come fonti di enorme importanza per affrontare un aspetto delle pratiche dell'insegnamento di speciale interesse nel caso della chimica: l'uso dell'esperimento come strumento didattico.<sup>32</sup> Se analizziamo il contenuto dei manoscritti, che possiamo dire della posizione che occupa l'esperimento nello schema razionale seguito in una lezione o in un capitolo? Qual è l'immagine che si sta trasmettendo sul ruolo dell'esperimento nella ricerca scientifica?

I manoscritti presentano descrizioni dettagliate degli esperimenti, dove si mescolano consigli pratici sulla manipolazione degli strumenti, precauzioni che si devono prendere, possibili modifiche del disegno sperimentale ecc. È vero che molte delle dimostrazioni sperimentali esposte servivano per illustrare i risultati che erano stati previamente dedotti, in questo caso, attraverso l'applicazione sistematica della teoria delle affinità. Questo è, ad esempio, il caso di esperienze come quella della sintesi e decomposizione dell'acqua, una «esperienza cruciale» nei decenni precedenti, che ora si era ridotta in tutti i manuali ad una mera dimostrazione didattica.

Ma i testi sono strapieni di altre esperienze che si concludono con frasi come «Jusqu'à present on ignore ce qui se passe dans cette experience», «Le charbon nous présente encore d'autres propriétés sur la théorie desquelles on ne sait rien de satisfaisant».<sup>33</sup> Dopo aver isolato una nuova sostanza in un esperimento descritto nei minimi dettagli, Thénard concludeva con una domanda senza risposta: «Mais quelle est cette substance? est-ce le charbon lui même? nous n'en savons rien».<sup>34</sup>

I manoscritti contengono inoltre esperienze che introducono ai dibattiti scientifici aperti in quegli anni e che furono presentati da Thénard ai suoi studenti in una maniera simile a quella usata nelle memorie presentate ai membri dell'*Académie des Sciences* o pubblicate nelle principali riviste dell'epoca.

Questo è il caso delle lezioni dedicate alla potassa.<sup>35</sup> Durante gli anni in cui furono effettuati i corsi in questione, Thénard era coinvolto nella polemica sulla

<sup>32</sup> I numerosi studi pubblicati sull'uso dell'esperimento hanno mostrato che attraverso l'esperimento si trasmettono non solo alcune conoscenze teoriche ma anche saperi e abilità pratiche, che hanno a che vedere con la manipolazione sperimentale, e gesti associati alla sperimentazione; ovvero una determinata immagine della funzione dell'esperienza nel lavoro di ricerca e della sua relazione con l'interpretazione teorica (D. GOODING, T. PINCH, S. SCHAFER, *The uses of Experiment. Studies in the natural sciences*, Cambridge, University Press, 1989; T.L. HANKINS, A. HELDEN (eds.) (1994), «Instruments», *Osiris*, 9, 1-243). Lo studio di Katerin Olesko sul seminario di Königsberg costituisce un punto di riferimento obbligatorio per una analisi del significato della sperimentazione nell'insegnamento (K. OLESKO, *Physics as a calling ...*, cit.).

<sup>33</sup> N.J.B.G. GUIBOUT, *Cours de chimie ...*, lezione 11.

<sup>34</sup> *Ibid.*

<sup>35</sup> *Ibid.*, lezioni 32-36.

natura di questa sostanza. Thénard e Joseph-Louis Gay-Lussac non erano sicuri dei risultati ottenuti da Humphry Davy.<sup>36</sup> Ed affermavano, relativamente alla natura della sostanza depositata nel catodo della pila elettrolitica, che «n'avait plus de raisons pour admettre la composition des alcalis que pour les regarder comme des corps simples».<sup>37</sup> Partendo dalla inesistenza di una prova decisiva e seguendo un ragionamento molto simile, Thénard dimostrò sia davanti ai suoi alunni che ai colleghi dell'*Académie des Sciences* che tutte le proprietà chimiche della sostanza «mataliforme» ottenuta da Davy potevano essere interpretate considerandole come un idruro o come un metallo, il «potassium». Tutte meno una. Thénard propose un esperimento cruciale il cui risultato non lasciava nessun dubbio sulla natura di questa sostanza. Guibourt trascrisse nel manoscritto il modo in cui Thénard presentò questo esperimento.

«Il nous reste pour completer l'histoire de ces deux substances métalliformes à parler de l'action qu'elles exercent sur le gaz ammoniacque, est c'est cette expérience qui devra nous décider en faveur de l'une ou l'autre Théorie».<sup>38</sup>

Sappiamo, inoltre, grazie a questi appunti, che l'esperimento si presentò agli alunni in modo incompleto, visto che Thénard e Gay-Lussac stavano in quel momento lavorando alla sua fase finale.

«Thénard et Gay-Lussac s'occupent maintenant de rétirer toute l'ammoniaque employée seulement par l'action de la chaleur sans employer d'eau, alors il n'y aura plus d'objection a faire contre cette expérience, et on pourra regarder comme une combinaison d'hydrogène et de potasse la substance métallique de la potasse».<sup>39</sup>

In effetti, la lezione 26 corrispondente alla potassa si diede, secondo le indicazioni cronologiche dei manoscritti, verso la fine di febbraio del 1809. Thénard e Gay Lussac stavano probabilmente preparando in quel momento gli esperimenti che sarebbero stati presentati a maggio all'*Académie*, e Thénard stava così parlando ai suoi alunni di una controversia e di un esperimento non ancora giunti al loro termine. I corsi manoscritti mostrano l'esistenza di differenti usi dell'esperimento come strumento didattico, dalla dimostrazione sperimentale più tradizionale fino agli esperimenti aperti, suscettibili a varie interpretazioni o perfino carenti di esse.

È importante notare che non siamo di fronte ad un pubblico di persone competenti nel campo della chimica, ma davanti a giovani studenti di medicina e far-

<sup>36</sup> R. SIEGFRIED, «The discovery of potassium and sodium and the problem of the chemical éléments», *Isis*, 54 (1963), 247-258.

<sup>37</sup> J.-L. GAY-LUSSAC, J.-L. THÉNARD, «Extrait de plusieurs notes sur les métaux de la potasse et de la soude, lues à l'Institut depuis le 12 janvier jusqu'au 16 mai (1808)», *Annales de chimie*, 66, (1808), 205-217.

<sup>38</sup> N.J.B.G. GUIBOURT, *Cours de chimie ...*, lezione 32.

<sup>39</sup> *Ibid.*

macia (dai 20 ai 25 anni), che si preparavano agli esami di *maître* in farmacia o agli esami di chimica dei primi anni della facoltà di medicina. Questo era il caso di Guibourt e Prévost. I registri degli alunni iscritti ai corsi del *Collège de France*<sup>40</sup> mostrano che i corsi di chimica di Thénard stavano svolgendo in quegli anni la funzione di preparazione agli studi superiori, preparazione che, nel caso della chimica, le istituzioni educative secondarie non erano capaci di offrire.<sup>41</sup>

La coesistenza di usi differenti dell'esperimento di fronte ad un pubblico di questo tipo non è sorprendente in un'epoca come quella che stiamo studiando. Stiamo assistendo in questo periodo a un passaggio cruciale nella storia dell'insegnamento delle scienze, con una speciale ripercussione nel caso della chimica. Il passaggio che portò a concepire l'esperimento e il laboratorio non solo come il mezzo e il luogo principale per l'acquisizione di nuove conoscenze sulla natura, ma anche come lo strumento e lo spazio per eccellenza per l'insegnamento di tali saperi.

È difficile pensare che un passaggio di tale portata si producesse in modo spontaneo e isolato in un solo luogo. Anche i nuovi metodi usati da Liebig nel suo laboratorio di Giessen sono stati situati in un contesto più ampio.<sup>42</sup> Molto probabilmente, la trasformazione del laboratorio in luogo d'insegnamento fu un processo graduale che si verificò in varie zone d'Europa. Da qui l'interesse che istituzioni come il *Collège de France* possono avere per studiare quelle forme intermedie di uso del laboratorio e dell'esperimento nell'insegnamento e per analizzare i saggi didattici che i professori di chimica realizzarono probabilmente in molte aule e laboratori d'Europa. La questione importante non è sapere dove si produsse questo passaggio per la prima volta o chi ne fu il vero artefice. La domanda chiave è sapere come si produsse tale passaggio e quali barriere materiali, concettuali, sociali e culturali si dovettero superare per trasformare il laboratorio, luogo per eccellenza di ricerca individuale e privata, in uno spazio pubblico, aperto e dedicato all'insegnamento.

5. Attraverso gli esempi presentati, abbiamo cercato di definire alcune strategie di ricerca che sostengono la necessità di introdurre un cambiamento nelle concezioni relative alla storia dell'insegnamento della scienza, fondate su tre tipi di argomentazione:

<sup>40</sup> *Archives du Collège de France*, A-XIV-20.

<sup>41</sup> Il pubblico dei corsi di chimica del *Collège de France* e la sua funzione nel panorama istituzionale dell'insegnamento della chimica durante questo periodo rappresentano l'oggetto di uno studio in preparazione. Per quanto riguarda gli alunni spagnoli vedasi J.R BERTOMEU-SÁNCHEZ, A. GARCÍA-BELMAR, «Alumnos españoles en los cursos de química del *Collège de France* (1774-1833)», in C. PUIG *et al.* (coords.), *Actes de les III Trobades d'història de la ciència i de la tècnica als Països catalans*, Barcelona, Societat Catalana d'Història de la Ciència i de la Tècnica, 1995, 407-418.

<sup>42</sup> F.L. HOLMES, «The complementary of teaching and research in Liebig's laboratory», *Osiris*, 5 (1989), 121-164.

1) L'utilità, in primo luogo, di superare il carattere storico che giace nelle concezioni esistenti sulla funzione dell'insegnamento nell'attività scientifica e sulla relazione tra ricerca e insegnamento. È possibile continuare a pensare che la posizione dell'insegnamento come parte dell'attività scientifica sia stata sempre la stessa e simile per tutte le discipline? Invece di assumere una determinata relazione gerarchica tra ricerca e insegnamento sembrerebbe più utile convertire tale relazione nell'oggetto di studio e definire (da una prospettiva storica) quale possano essere state, nelle differenti epoche e per le varie discipline, la posizione e la funzione occupate dall'insegnamento nell'attività scientifica.

2) La necessità di rivedere la netta separazione stabilita tra la produzione delle conoscenze e la loro comunicazione, che si trova nella considerazione dell'insegnamento come un'attività di mera trasmissione dei saperi. Negli ultimi decenni, molti storici hanno prestato attenzione ai processi creativi collegati con la scrittura e la trasmissione della scienza. Da questo punto di vista, ci dobbiamo chiedere se i professori e gli alunni possano essere considerati esclusivamente come trasmettitori e recettori passivi o anche come produttori delle conoscenze impartite e assimilate.

3) Infine, l'opportunità di reinterpretare il preteso carattere unidirezionale della trasmissione delle conoscenze attraverso l'insegnamento. John Christy e Jan Golinsky hanno segnalato come sia molto difficile stabilire una relazione lineare tra la ricerca, la teorizzazione e l'insegnamento. Secondo questi autori, i lavori di sperimentazione, concettualizzazione e rielaborazione didattica mantengono tra di loro una relazione non-euclidea, nella quale le traiettorie di interazione sono molto più complesse.<sup>43</sup> Una conclusione paragonabile a quella raggiunta dagli studi sulla trasmissione della scienza. I contributi realizzati sulla trasmissione della terminologia chimica raccolti nell'opera edita da Ferdinando Abbri e Bernadette Bensaude-Vincent mostrano come, analizzando le interazioni mutue tra i supposti «produttori» e «recettori» del nuovo linguaggio chimico, queste categorie si dissolvano in un processo molto più complesso che può qualificarsi di «negoiazione».<sup>44</sup> Sarebbe necessario quindi domandarsi se le conoscenze teoriche e pratiche trasmesse nelle istituzioni educative dipendono interamente dall'ambito della ricerca o se tra esse si interpongono saperi e pratiche create nel contesto dell'insegnamento.

Gli autori che hanno studiato da vicino la storia dell'insegnamento delle scienze secondo le prospettive esposte sono d'accordo nel segnalare il carattere complesso di questa attività. L'insegnamento è un'attività nella quale le conoscenze scientifiche di un'epoca si incrociano con le concezioni pedagogiche ed epistemologiche vigenti, in un contesto di forti pressioni politiche e sociali, e che deve svi-

<sup>43</sup> J.R.R. CHRISTIE, J.V. GOLINSKI, «The spreading of the word: New directions in the historiography of chemistry, 1600-1800». *History of Science*, 20 (1982), 235-266.

<sup>44</sup> B. BENSAUDE-VINCENT, F. ABBRI (eds.), *Lavoisier in European Context. Negotiating a New Language for Chemistry*, Canton Mass., Science History Publications, 1995.



lupparsi all'interno delle possibilità materiali ed umane offerte dalle istituzioni del momento. Come ci indica Katerin Olesko l'insegnamento è, senza dubbio, un luogo dove le forze economiche, sociali e politiche irrompono in modo molto diretto nella struttura e nella funzione della conoscenza astratta.<sup>45</sup> Da qui la possibilità e l'interesse, per gli storici della scienza, di esplorare queste interazioni sul piano dell'insegnamento.

<sup>45</sup> K. OLESKO, *Physics as a calling ...*, cit., 15-16.

PAOLA CARUSI\*

## La chiocciola di Aristotele. Un probabile piccolo passaggio dalla filosofia all'allegoria alchemica \*\*

**The snail of Aristotle. A probable small passage from philosophy to alchemical allegory.**

**Summary** – In the present state of research, the difficulties one encounters in interpreting allegorical Arabic alchemical treatises in the 9<sup>th</sup> and 10<sup>th</sup> centuries seem to be above all a problem of sources. Many passages of works that seem absolutely inexplicable can in fact be well interpreted if one identifies the philosophical and/or literary texts that the author uses, freely adapting them to his treatise. An effective example of this is represented by the alchemical allegory of the snail that appears in the VII Emblem of the *De Lapide Philosophico Libellus* by Lamspringk. Subjected to an attentive examination of sources, this allegory reveals step after step its scientific - natural history origin (an interesting passage from philosophy to allegory), an origin which, going backwards through Latin alchemical and non-alchemical tradition (medico-alchemical lexicons, bestiaries etc.) and then Arab ones (Ibn Umail al-Tamīmī) and finally Greek, very probably can be traced to Aristotle.

Il *De Lapide Philosophico Libellus* di Lamspringk, stampato per la prima volta<sup>1</sup> a Strasburgo nel 1599 e ristampato più volte con alterne fortune fino alla metà del XVIII secolo<sup>2</sup>, è una raccolta di 15 emblemi, che alludono tutti in un modo o in un altro — come è detto nel titolo — alla pietra dei filosofi: ai suoi molti nomi, e alle diverse fasi del suo trattamento<sup>3</sup>.

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

\*\* Relazione presentata all'VIII Convegno Nazionale di «Storia e Fondamenti della Chimica» (Arezzo, 28-30 ottobre 1999).

<sup>1</sup> *Triga Chemica: de Lapide Philosophico tractatus tres*, editore et commentatore Nicolao Barnaudo Delphinat Gallo, Philosopho et Medico. Nihil sine Numine. Ex Officina Plantiniana, Apud Christophorum Raphelengium, Academiae Lugduno-Bat. Typographum. 1599, p. 11. Cit.: J. FERGUSON, *Bibliotheca Chemica*, vv. 2, London 1954, II, p. 5.

<sup>2</sup> *Theatrum Chemicum*, 1659, III, p. 765; *Musaeum Hermeticum*, 1749, p. 337.

<sup>3</sup> Nulla si sa dell'autore dell'opera (si è ipotizzato, sulla base del nome, che si tratti un monaco benedettino vissuto nell'Abbazia di Lamspring, presso Hildesheim); quanto all'opera,

Nel VII emblema del *De Lapide* [Fig. (e testo) n. 1], collocato in primo piano in un panorama campestre, è raffigurato un albero frondoso. Nella parte alta dell'albero, tra i suoi rami, c'è un nido con due uccelli, uno immobile nel nido e l'altro che spicca il volo; ai piedi dell'albero, presso le sue radici, nell'atto di attraversare il quadro da destra a sinistra, è presente una chiocciola. L'immagine, come del resto avviene per tutti gli altri emblemi del trattato, è con grande evidenza una rappresentazione della pietra dei filosofi, e al tempo stesso — dato che la pietra è essa stessa l'Opera — una rappresentazione della Grande Opera: radici, tronco e chioma dell'albero sono al tempo stesso le parti della pietra e le fasi del trattamento (la lettura dell'immagine dell'albero alchemico è obbligatoriamente, come è noto, dal basso in alto); collocata presso le radici dell'albero (fase iniziale dell'Opera), la chiocciola offre ulteriori spunti all'allegoria. Sulla base di una lunga esperienza di testi alchemici, l'interpretazione dell'emblema VII del *De Lapide*, nel suo insieme e nei suoi diversi particolari, non presenta difficoltà insormontabili<sup>4</sup>; ciò che costituisce invece un interessante punto interrogativo è l'immagine stessa di questa chiocciola: che non è menzionata nei versi che accompagnano la figura; e che è — per quel che sappiamo — l'unica chiocciola reperibile nell'iconografia alchemica<sup>5</sup>. Da dove viene l'immagine della chiocciola dell'emblema n. VIII? Questa è la domanda a cui abbiamo cercato di rispondere; con risultati che appaiono di qualche interesse.

### *M. Ruland e Hildegarda di Bingen*

L'informazione che ci fornisce la prima chiave per 'entrare' nella nostra ricerca — dato che, come si è detto, la chiocciola è un animale non utilizzato nell'iconografia alchemica — si può trovare nel primo gruppo di opere che sembra logico prendere in considerazione: la sterminata letteratura degli emblemi<sup>6</sup>, che popolano

piuttosto oscura, è di difficile comprensione non solo al lettore inesperto, ma talvolta anche al cultore della materia [M. Maier, autore anch'egli di opere che utilizzano figure ed emblemi, come *Symbola Aureae Mensae* (1617) e *Atalanta Fugiens* (1618), la loda, Borrichius e Fictuld la trovano incomprensibile].

<sup>4</sup> Come si dirà anche più avanti nel testo, la chiocciola è una chiara rappresentazione del due-in-uno alchemico: come la chiocciola è un freddo sasso di pietra che contiene un corpo tenero e deliquescente, la pietra dei filosofi è un sasso duro e morto che può essere reso, perché tale è in potenza, 'solubile' e vivo. Gli stessi significati devono essere attribuiti ai due uccelli che si trovano tra i rami dell'albero; dei quali uno, che corrisponde più propriamente al guscio della chiocciola, impedisce all'altro (= corpo della chiocciola) di volare. Si ricordi che *bauraq*, termine direttamente associato a *testudo* nei lessici (v. fig. n. 2), annovera, tra i suoi molti sinonimi: *capistrum auri*.

<sup>5</sup> J. VAN LENNEP, *Alchimie*, Paris 1985, pp. 225-226, non la considera una immagine classica.

<sup>6</sup> *Emblemata. Handbuch zur Sinnbildkunst des XVI. und XVII. Jahrhunderts*, hrsg. A. Henkel A. Schöne, Stuttgart 1976 (I ed. 1967): 15 emblemi, pp. 616-623. Ai pochi emblemi che presentano l'immagine della chiocciola sono generalmente associati significati morali — la conservazione del segreto, la prudenza e la lentezza che il saggio deve possedere, la sicurezza data dalla

tutta l'Europa a partire dagli inizi del XVI secolo. Nel piccolo gruppo di emblemi in cui figura l'immagine della chiocciola, ve ne sono due, il n. 27 degli *Emblematum Tyrocinia* di Mathias Holtzward<sup>7</sup> ed il n. 40 degli *Emblemata Politica* di Jacobus Bruk<sup>8</sup>, che presentano una particolarità: alla chiocciola rappresentata dall'immagine, corrisponde nei versi sottostanti il termine *testudo*. Questa discrepanza, sottolineata dall'editore, che sospetta una svista, con un punto interrogativo, è in realtà, come è facile verificare, l'ultimo esempio di una consuetudine consolidata. Nella letteratura medico-naturalistica della prima epoca moderna, e, andando indietro nel tempo, nella letteratura medioevale in cui gli animali giocano un ruolo da protagonisti — le opere che in diversi modi descrivono la creazione e la natura (gli *hexameron*, le descrizioni di Adamo che dà i nomi agli animali), le enciclopedie, e soprattutto i bestiari — il termine *testudo* è riferito molto spesso a diversi animali dotati di guscio, in particolare gasteropodi e tra essi in primo luogo la chiocciola. Solo per fare alcuni esempi, sarà utile menzionare il capitolo dedicato alle *testudines* nello *Speculum Naturale*<sup>9</sup> di Vincenzo di Beauvais (m. 1264); la citazione della *testudo*<sup>10</sup> nello *Scivias* di Hildegarda di Bingen (m. 1179); fino alla tradizione medioevale dei bestiari, derivati dal *Physiologos* greco, che in un certo numero di versioni, a partire dal XII secolo, presenta la stessa e identica discrepanza apparente tra testo ed immagine osservata negli emblemi<sup>11</sup>. Dunque, nella tradizione naturalistica: chiocciola = *testudo* = animale dotato di guscio.

casa e dal portare con sé ogni cosa, la lentezza dell'ascendere e la conquista dopo una lunga fatica etc. — significati non del tutto improponibili per l'allegoria alchemica, ma in ogni caso molto lontani dai significati fisici suggeriti dal *De Lapide*.

<sup>7</sup> M. HOLTZWART, *Emblematum Tyrocinia: Sive Picta Poesis Latinogermanica ...*, Strassburg 1581.

<sup>8</sup> J. BRUK, *Emblemata Politica*, Argentinae et Coloniae 1618.

<sup>9</sup> *Vincentii ... Bellovacensis ... Speculum Naturale*, XX. 172 e 173. Tra le molte notizie che l'autore fornisce sulle chioccioline, ce n'è una di particolare interesse per chi si occupa di alchimia: ... si vero sal super eam aliquis proiecerit, fere tota liquescit in nihilum, et vix de illa reperies aliud, quam sagimen quod utile est ad medellam (v. anche *Emblemata ...*, *op. cit.*<sup>6</sup>, p. 622, J. Cats, Embl. 23: *Sal sistit euntem*, dove figura un altro *topos* della letteratura, non solo alchemica, l'accostamento del sale alla parola/sapienza di Dio). Questa idea secondo la quale la chiocciola si scioglierebbe con il sale evoca allo studioso di alchimia concetti familiari: il sale è infatti in alchimia il grande solubile-solvente, mentre la chiocciola, come si vede anche in questo lavoro, è la pietra che sarà sciolta nell'Opera.

<sup>10</sup> *Hildegardis Scivias*, 3. 10. 527 sgg., edd. A. Führkötter A. Carlevaris, vv. 2, Turnhout 1978 (Corpus Christianorum, Continuatio Mediaevalis, XLIII-XLIII A), II, pp. 561-562.

<sup>11</sup> W. GEORGE B. YAPP, *The Naming of the Beasts. Natural History in the Medieval Bestiary*, London 1991. P. 213: In IV (Cambridge Univ. Library Gg 65, XV sec.) ... *Tortuosa* has two snails with conical shells which might be the round-mouthed snail, while *testudo* is quite a good garden snail, crawling, but, like the earlier drawing, with only two horns. P. 210: *Testudo* is described, in III as in II (due gruppi contenenti 29 mss, XII-XIII sec.) as having a shell like a boat, and as being of four different sorts, that live on land, in the sea, in mud and marshes, and in flowing water, but it is illustrated in Kk 4 25 (Cambridge Univ. Library) by a fair snail with rather conical

Questa sovrapposizione e questa accezione che si osservano nella tradizione zoologica si ritrovano acquisite parallelamente, ed arricchite di nuove elaborazioni, nella letteratura alchemica. Consideriamo in primo luogo il *Lexicon alchemiae* di Martin Ruland<sup>12</sup>, pubblicato per la prima volta a Francoforte nel 1612, pochi anni dopo il *De Lapide*. Se si entra, per così dire, nel Ruland con il termine *testudo*, e si prendono in considerazione le voci che sono direttamente collegate a questo termine (fig. n. 2), si ricava un certo numero di sinonimi<sup>13</sup>; di cui qui di seguito riportiamo, divisi in due gruppi, quelli di più evidente carattere allegorico:

|                           |   |
|---------------------------|---|
| a.                        | b.  |
| testudo                   | anacium <sup>14</sup> , album et rubeum   |
| limax                     | debessis <sup>15</sup> , adibisi, adebezi |
| spuma maris <sup>16</sup> | rebis, rebus <sup>17</sup>                |
| halcyonium <sup>18</sup>  | lapis de montanis                         |

shell. Since there are other sorts of gastropod that live in the other three habitats, this identification fits the name much better than 'tortoise', which is the usual translation of *testudo*. Westminster (ms. Westminster 22) omits any reference to the shell and illustrates *testudo* with a rather non-descript gastropod. In the Middle Ages the word was probably taken to mean any animal with a shell (the diminutive *testudino* is recorded as meaning 'snail' in 1446).

<sup>12</sup> M. RULAND, (1569-1611), *Lexicon alchemiae, sive Dictionarium alchemisticum*, Francofurti 1612 (II ediz. 1661).

<sup>13</sup> I diversi sinonimi riportati nella fig. 2 e nella tabella inserita nel testo ricorrono più volte, anche se non tutti, in diversi lessici chimici consultati, fino alla metà del XVIII secolo: M. TOXITES, *Onomastica II. I. Philosophicum, medicum, synonymum ex variis vulgaribusque linguis. II. Theophrasti Paracelsi hoc est, earum vocum, quarum in scriptis eius solet usus esse, explicatio ...*, [Argentorati], 1574; W. JOHNSON, *Lexicon chymicum, cum obscuriorum verborum, et rerum hermeticarum, tum phrasium paracelsicorum, in scriptis eius et aliorum chymicorum ... planam explicationem continens ...*, Londini, 1660; A.-J. PERNETY, *Dictionnaire mytho-hermétique*, Paris 1758 (rist. anast. Milano 1980).

<sup>14</sup> Il significato di questo *anacium* appare dubbio. Nella tradizione occidentale figurano: un *anax* (pl. *anacum, anacium?*, aggettivo *anacteus*), materiale da cui si trarrebbero vasi d'oro e d'argento [GREGORIUS TURONENSIS (538-594 A.D.), *Libri miraculorum*, II, 8, ed. H.L. Bordier, t. I, Paris 1857, p. 320; DU CANGE, *Glossarium ...*, rist. anast. Graz 1954, t. I, s.v. *Anax*]; un *anacteam* = anatto, tintura vegetale; e un aggettivo, *anaticus* = equilibrato (derivato probabilmente da *ana*, gr. ἀνά, termine medico e farmaceutico) che potrebbe anch'esso inserirsi in qualche modo in questo discorso. Tra vari dubbi e interrogativi, la questione è ben lungi dall'essere risolta.

<sup>15</sup> L'origine del termine *dabessis, adebessi* etc. può forse essere rintracciata se si esamina un passo del *Novum lumen* attribuito ad Arnaldo da Villanova (*Magistri Arnaldi de Villanova, Liber dictus Novum Lumen, in Artis Auriferae, quam Chemiam vocant, volumen secundum*, Basileae 1593, pp. 456-470, 457): Sed in natura non imitatur naturas lapidis. Quare dicitur Lapis non lapis et est *mista tabesci*, dictum argentum vivum nostrum, non argentum vivum in propria natura, nec adhuc in natura ad quam deductum est per mineram. Sed argentum vivum nostrum in natura, ad quam deducit illud artificium nostrum. Istud est aes nostrum, ex quo fit tinctura vera, ex quo fit *Chabrici* et *Veyae* coniugium, in quo est Rex cum sua uxore ... In questo passo, che mostra una evidente conoscenza di fonti arabe, ai due noti *Chabrici* → *kibrīt* = zolfo e *Veyae* → *baidā'* = [la] bianca

1. Dei sinonimi usati da Ruland e dai suoi successori, almeno quattro: *testudo*, *limax*, *spuma maris*, e *halcyonium* — i termini inseriti nel gruppo a. — hanno un comune denominatore zoologico, che rinvia alla tradizione precedentemente esaminata. Della derivazione scientifica di questi termini M. Ruland — che, essendo medico, ben conosce la tradizione medico-naturalistica che lo precede — è perfettamente consapevole: nella sua spiegazione dell'*halcyonium*, accanto a poeti latini ed eruditi, cita infatti opportunamente Dioscoride, *Materia medica*, libro V, cap. 135.

2. Il concetto di doppiezza a cui alludono i quattro termini della colonna a. è autorevolmente confermato dalla totalità dei termini della colonna b., termini che

(mercurio), si può forse aggiungere un *mista tabesci* = *mizāg̃ tabī'atain* = mescolamento di due nature. L'ipotesi ben si accorda con la duplicità del *lapis* universalmente affermata in questo testo ed in tutta la letteratura alchemica: lapis, sive compositum quoddam (*Arnaldi da Villa Nova Epistula super Alchimia ad Regem Neapolitanum*, in *Artis Auriferae* ..., volumen secundum, v. *supra*, pp. 488-493, 488); terra ex duabus naturis (*Consilium coniugii*, *op. cit.*<sup>19</sup>, p. 81); materiam compositam ex limis et menstruo, lapis qui est creatus de duobus simplicibus elementis (R. LULL, *Testamentum novissimum*, in *Libelli aliquot chemici: nunc primum ... in lucem opera doctoris Toxitaie editi* ..., Basileae 1572, pp. 1-182, risp. 49 e 89) etc.. Su *dabessis*, *adebessis* etc., si veda anche: A. COLINET, *Le livre d'Hermès intitulé «Liber dabessi» ou «Liber rebis»*, *Studi medievali* 36 (1995), pp. 1011-1052.

<sup>16</sup> Il termine latino *spuma maris*, considerato qui sinonimo di *halcyonium*, (ἄλκυόνιον, ἄλκυόνειον = *spuma maris concreta*, *Thesaurus Linguae Graecae*, I, p. I, p. 1505) è traduzione del greco ἀλοσάχη (v. anche M. TOXITES, *op. cit.*<sup>13</sup>, p. 37); l'accostamento tra ἄλκυών, da cui ἄλκυόνιον, e ἀλοσάχη si trova già in Aristotele, *De Historia Animalium*, IX.14 (616 a 14-21). Il carattere di doppiezza attribuito a questi termini è in relazione al fatto che nella tradizione naturalistica essi sono spesso associati ad esseri in qualche modo 'generati' dall'acqua o nell'acqua, considerati di transizione tra due regni della natura. Ancora in epoca moderna, dopo Linneo, il termine *alcyonium* è utilizzato per indicare una sottofamiglia di 'zoofiti', organismi piccolissimi considerati intermedi tra piante e animali (v., fra gli altri: G.L. CUVIER, *Le règne animal distribué d'après son organisation* ..., vv. 4, Paris, 1817, IV, pp. 87-88). Decaduto ormai da tempo il vecchio nome di zoofiti, Alcyonium è oggi un genere di animali marini, ordine Alcyonarii, classe Antozoi. V. anche *infra*<sup>26</sup>.

<sup>17</sup> Si veda, ad esempio: *Rosarium philosophorum*, in *Artis Auriferae* ..., volumen secundum, *op. cit.*<sup>15</sup>, p. 288: ... praedictus lapis dicitur Rebis: id est una res quae fit ex duabus rebus: id est, corpore et spiritu, vel ex Sole et Luna, ex corpore mundato et fermentato. Come si vede, si tratta di un'altra attestazione della duplicità della pietra, del suo essere due-in-uno (v. *supra*<sup>15</sup>). Altra attestazione della duplicità della pietra è l'espressione *lapis de montanis*: nella tradizione alchemica, infatti, è detto comunemente che la pietra viene da, o si trova su, due monti, ovviamente equilibrati.

<sup>18</sup> DIOSCORIDES, *De Materia Medica*, V. 135: Alcyonii quinque species esse cito. Primum enim (alcyonium) densum est [et austerum]. Aspecto spongiosum ... (da *Medicorum Graecorum Opera quae extant*, ed. e tr. lat. C.G. Kühn, v. XXV, Lipsiae 1829, pp. 802-803); PLINIUS, *Historia Naturalis*, XXXII. 27: Fit in mari alcyoneum appellatum e nidis, ut aliqui existunt, alcyonem et ceycum, ut alii, sordibus spumarum crassescitibus, alii e limo vel quadam maris lanugine. Quatuor eius genera: cinereum, spissum, odoris asperi, alterum molle, lenius odore et fere algae, tertium candidioris vermiculi, quartum pumicosius, spongeae putri simile. Paene purpureum quod optimum: hoc et Milesium vocatur. Quo candidius autem, hoc minus probabile est. Vis eorum ut exulcerent, purgent ...

devono ancora essere considerati di origine dubbia, ma che sono comunque tutti utilizzati in alchimia per indicare il carattere composito della pietra.

Nell'alchimia latina di epoca medioevale la situazione si fa intricata, anche perché molti lessici sono al momento attuale ancora inediti; ma non è difficile verificare la continuità della tradizione naturalistica e delle sue filiazioni propriamente alchemiche. Mi limito qui a ricordare il *Consilium coniugii*<sup>19</sup>: «... et margaritae ex conchis», «... ex ventribus concharum»; il *De lapide philosophorum* attribuito ad Arnaldo da Villanova<sup>20</sup>: «Et ex eis fuerunt qui dixerunt quod est animal quod vocatur rebis ...». Il dato naturalistico diviene allegoria e l'allegoria si dilata, si diluisce, fa i suoi cerchi nell'acqua. Tra le diverse citazioni, è significativo, ancora una volta, un passo del *Consilium coniugii*<sup>21</sup>: «... in testis capitum, id est in ossibus capitis, et carne, cerebro, capillis, et in ovis gallinarum, et scorpionum, et in utribus et in testudinibus conchilium, id est concharum ...». *Testudo* come cranio, come guscio, come parte esteriore pietrosa: tutto ciò che in natura è un morto che contiene un vivo, un duro che contiene un molle, è chiamato in causa. In una ulteriore espansione dell'allegoria, prendono poi forma altri termini che indicano la pietra 'solubile' e 'soluta' ottenuta nel trattamento: rane, rospi, lucertole, pesci, serpenti marini, animali privi di guscio, spesso accostati nei bestiari alle chiocciole e alle tartarughe, simili ad esse, ma significativamente privi della parte pietrosa; e ancora: il cervello, contenuto nel teschio, e l'anima, contenuta nel cervello, contenuto nel teschio; l'albuma, contenuto nel guscio, ed il tuorlo, contenuto nell'albuma<sup>22</sup>. L'uno-di-due della scienza della natura si trasforma nell'uno-di-due dell'alchimia: l'uno che è due anche perché contiene due, o forse meglio contiene uno con l'interposizione di un intermedio.

A conclusione di questa prima parte del lavoro, sembra opportuno aprire e chiudere rapidamente una parentesi.

— Nella tradizione alchemica dei lessici paracelsiani e post-paracelsiani, il termine *testudo* è molto più utilizzato di altri termini che fanno riferimento allo stesso concetto. Ciò dipende non solo dal già menzionato carattere generale che il termine assume nella tradizione naturalistica, ma anche da altre cause interne alla tradizione

<sup>19</sup> *Consilium coniugii de massa solis et lunae ...*, in *Ars chemica, quod sit licita recte exercentibus, probatione doctissimorum iurisconsultorum ...*, Argentorati 1566, risp. p. 89 e p. 156.

<sup>20</sup> *Arnaldi da Villanova ... Opera nuperrime revisa ...*, [Lugduni 1520], f. 303v.

<sup>21</sup> *Consilium coniugii ...*, in *Ars Chemica ...*, op. cit.<sup>19</sup>, p. 157.

<sup>22</sup> A questo già lunghissimo elenco di termini allegorici, è doveroso aggiungere un infinito numero di termini indicanti liquidi — salive, bave, sudori, urine, latti, sangui e sangui mestruali etc. — tutti prodotti dai corpi solidi viventi o inanimati identificati con la pietra. L'acqua, o bava, della chiocciola, di cui si tratta in questo lavoro, diviene in altri testi alchemici arabi l'acqua del serpente (*mā' al-ḥayya*), la bava/saliva del leone (*lu'āb al-asad*) etc. (A. SIGGEL, op. cit.<sup>27</sup>, pp. 49 e 50); se si riflette sull'associazione *testudo*-ostrica-Vergine Maria (v. *infra*<sup>28</sup>), anche 'il latte della Vergine', tanto spesso menzionato nell'alchimia sia araba che latina, rientra probabilmente in questo discorso.

propriamente alchemica. Tra XVI e XVII secolo, il termine *testudo* è già da tempo utilizzato in alchimia in altri due significati che lo rendono più familiare: un recipiente, o vaso, utilizzato per la distillazione<sup>23</sup> — siamo nel periodo in cui i diversi apparecchi utilizzati dai chimici sono talvolta rappresentati come animali (v. pelligano); lo strumento musicale<sup>24</sup> costruito da Hermes con il guscio della tartaruga svuotato e munito di corde: collegamento dell'allegoria alchemica con la musica e con la mitologia greca, strumento musicale che mostra in sé al tempo stesso la congiunzione della natura e dell'arte ed il suono arcano della realtà immateriale.

— Nella tradizione naturalistica è piuttosto familiare fin da tempi abbastanza lontani l'associazione esplicita tra l'animale testaceo e la pietra<sup>25</sup>. Solo per fare due esempi: il termine *spuma maris* nella tradizione medica indica non solo i piccolissimi organismi che si muovono — o sembrano muoversi — sul bagnasciuga, ma anche la pomice<sup>26</sup>; e pietra (*lapis*) — una strana pietra che apre la bocca e racco-

<sup>23</sup> G.B. DELLA PORTA, *De distillatione libri IX ...*, Romae 1608, pp. 37-38: Contra si quae sunt simplicia terrestres siccitatis, crassarumque partium minime vaporosa, flatulentaque ad eorum distillationem organa ampla, eademque humilia requiruntur. Animal est testudo satis terrestre siccum rigido tegmine intectum ex terrestri, qua constat parte, amplo corpore, semper prona, inclinatioque capite incedit, domifera, tardigrada, unde simplicia terrestria, ut sales, vitrioli, et alia mineralia, quae non ascendunt, his testudinibus utimur, vulgus leuto vocat, quia in testudinis animalis modum efformata sunt vel musici instrumenti testudo, vel leuto vocati ... In questo passo, che ci appare di grande interesse, sono contemporaneamente presenti, riferiti alla pratica chimica, almeno due termini, o sinonimi, collegati al tema di cui ci occupiamo (v. fig. n. 2): i composti chimici, vetrioli, sali etc.; e la *testudo*, nelle sue tre diverse accezioni: apparecchio di laboratorio, animale (una tartaruga, come si vede anche nell'illustrazione che accompagna il testo di Della Porta) e strumento musicale (un liuto).

<sup>24</sup> M.T. CICERO, *De natura deorum*, II. 57, ed. V. Ax, Stuttgart 1961 (rist. ed. 1933), p. 108; VALERIUS FLACCUS, *Argonauticon*, I. 277, ed. e tr. fr. G. Liberman, t. I, Paris 1997, p. 19.

<sup>25</sup> CAELIUS AURELIANUS, *Tardarum passionum libri quinque*, IV. 57 (*On Chronic Diseases*, ed. e tr. ingl. I.E. Drabkin, Chicago 1950, p. 850): ... immittendae et cochleae, quas nos lapides marinos vel fluminales accipimus, non marinae igitur ob salstatem, sed fluminales ... Una interessante generazione di chioccioline da pietre, o in pietre, che avverrebbe tramite una *humiditas viscosa* (→ bava dell'animale?) si può trovare nel *De rebus metallicis* attribuito ad Alberto Magno. *Raimundi Lulli ... De secretis naturae sive Quinta essentia libri duo. Hic accesserunt, Alberti Magni ... De mineralibus et rebus metallicis libri quinque* [Argentorati], 1541, f. 60r-v: Quod autem humiditas viscosa et unctiosa sit quae est continuativa materiae lapidis, significatur ex hoc quod animalia quae testudines vocantur frequentissime cum suis conchis generantur in lapidibus, et hoc frequentissimum est in lapidibus quae inveniuntur parvis quibus plurima foramina sunt habentia figuras concharum testudinum, quas quidam lunares appellant. Causa enim huius est humiditas quae ad locum illum evaporavit et a circumstante retenta in se convoluta est et exterius primum constans intra se circumacta intra se spiritum vitalem accepit sicut diximus in quarto Meteororum ...

<sup>26</sup> VINCENTIUS BELLOVACENSIS, *op. cit.*<sup>9</sup>, V. 81: *Avicen. in 2. Cano.* Spumae maris, id est pumicis, duo sunt species ... Poco prima, in V. 78, il nostro autore raccoglie in una stessa citazione un certo numero di cose eterogenee che si dice siano prodotte dall'acqua: Ex aquis porro non solum pisces, ut ab initio procreati leguntur, sed nunc etiam multae ac variae rerum species quotidie generari cernuntur, ut sal, nitrum, alumen, spongia, et etiam lana quaedam marina



glie la rugiada sulla superficie del mare — è detta talvolta l'ostrica perlifera<sup>27</sup>. Ma qui si apre un lungo capitolo sull'allegoria alchemica e non-alchemica della 'pietra aperta'<sup>28</sup>, che non è possibile trattare in questa sede.

### *Ibn Umail e Aristotele*

Se, dopo avere applicato la nostra indagine alla tradizione latina, rivolgiamo la nostra attenzione all'alchimia islamica che, a partire dalla metà del X secolo, è presente sul suolo europeo, possiamo constatare che qui l'allegoria della chiocciola compare senza espansioni e mascheramenti; più libera da sovrastrutture, e legata con più evidenza alle sue origini antiche. Nel *Mā' al-waraqī wa al-ard' al-nağmīya*<sup>29</sup> di Ibn Umail al-Tamīmī, autore musulmano del X secolo — una delle fonti più citate dagli alchimisti latini — tradotto dall'arabo in latino in epoca medioevale, stampato per la prima volta, secondo Schmieder, a Strasburgo nel 1566<sup>30</sup>, è presente un passo molto significativo dedicato alla chiocciola; ed il tema è ritenuto importante, al punto che poco più avanti, dopo avere richiamato un'altra allegoria associata alla chiocciola — quella dell'aetite, pietra che contiene un'altra pietra — l'autore lo ripete per intero, con poche varianti.

(halcyonium ?), et etiam lapides diversi generis: horum quaedam ex spuma procreari dicuntur, ut spongia, et lana marina, et etiam quidam lapides, ut pumex ... Come si vede, il gioco delle associazioni, dei rinvii e delle immagini non ha fine.

<sup>27</sup> Ms. Oxford, Bodleian Library, Bodley 602, f. 34 (cit. D. HASSIG, *Medieval Bestiaries. Text, Image, Ideology*, Cambridge 1995, fig. 28): autem lapis est in mari qui dicitur latine merme-colion. grece conchasabea. quia concava est et rotunda ...; *Physiologus latinus versio y*, ed. F.J. Carmody, Berkeley Los Angeles 1941 (University of California Publications in Classical Philology 12, No. 7, pp. 95-134), p. 120: ... est lapis in mari qui vocatur sosteros (greco *ostreon*, *ostrea*); et venit a mari matutino ante lucanum; et aperit conchas (id est os suum), et deglutit celestem rorem, et radium solis et lune et que sursum sunt siderum; et sic nascitur margarita de superioribus astris. In A. SIGGEL, *Decknamen in der arabischen alchemistischen Literatur*, Berlin, 1951, p. 15, tabella tratta dal ms. Gotha 1261, f. 16v: *n.s.t.r.s* (*nusturus*, *nostoros* = *sosteros*?) = *bauraq*; e si ricordi che *bauraq*, v. fig. n. 2, è in Ruland uno dei termini legati a *testudo*.

<sup>28</sup> Una fitta rete di correlazioni lega l'una all'altra (v. anche *supra* nel testo) una lunga serie di allegorie, tutte centrate intorno all'idea del duro che contiene, o accoglie, un molle, che è ad esso superiore, o che viene dall'alto: la chiocciola e l'ostrica, che contengono l'animale tenero, il teschio, che contiene il cervello che contiene l'anima, l'utero che accoglie lo sperma e l'embrione; e diverse altre immagini, a prima vista non facilmente accostabili alle prime: la coppa che contiene un liquido miracoloso (Gaal etc.), l'orecchio della Vergine che accoglie l'annuncio dell'Angelo.

<sup>29</sup> *Three arabic treatises on alchemy by Mubammad bin Umail (10th century A.D.)*, ed. M. Turāb 'Alī, Calcutta 1933 (*Memoirs of the Asiatic Society of Bengal* XII, 1, pp. 1-213).

<sup>30</sup> Cit. J. FERGUSON, *op. cit.*<sup>1</sup>, II, p. 563. La copia da noi consultata presso la Biblioteca Apostolica Vaticana, *De Chemia Senioris antiquissimi philosophi, libellus ...*, segue A. MIZALDO, *Memorabilium, utilium, ac iucundorum centuriae novem ...*, Lutetiae 1566, e la raccolta *Ars Chémica ...*, Argentorati 1566; è senza data né luogo di pubblicazione e reca sul frontespizio, aggiunto a mano: Augstburgi 1566.

Testo n. 2.

In questo passo del *Mā' al-waraqī* l'allegoria alchemica della chiocciola è espressa nella sua elaborazione più densa di significato. Nature visibili e nature invisibili coesistono nella pietra dei filosofi; nature invisibili che si manifestano e nature visibili che si nascondono. In questo apparire e scomparire dell'umido e del secco, dell'interiore e dell'esteriore, la pietra manifesta il suo essere duplice. Ma non basta: nella parte più intima della natura della pietra c'è il movimento, la capacità di accrescersi, la vita (*ḥayawān-ḥayāt*); in una parola: l'anima<sup>31</sup>.

Alla ricerca delle fonti utilizzate da Ibn Umail per la sua spiegazione dell'allegoria della chiocciola, il pensiero corre ancora una volta alla tradizione scientifico-naturalistica, la tradizione antica degli zoologi, dei medici e dei naturalisti che rappresenta l'antefatto della tradizione islamica, come del resto anche della tradizione latina. La struttura del passo, l'attenzione dedicata a quest'anima, a questa vita inclusa nello spirito umido, a sua volta inclusa nella secchezza del corpo (triplicità guscio-bava-animale = corpo-spirito-anima, nella filosofia alchemica islamica del X secolo) ci riconduce ad Aristotele, l'Aristotele del *De generatione animalium*: opera conosciuta e utilizzata dai musulmani, utilizzata dagli alchimisti del X secolo, e utilizzata probabilmente dallo stesso Ibn Umail<sup>32</sup> che sembra servirsene per la sua allegoria dell'embrione.

Testo n. 3.

Questo passo di Aristotele non solo contiene tutte le diverse componenti che partecipano alla formazione dell'allegoria alchemica della chiocciola, ma fornisce anche altri preziosi suggerimenti che non devono essere trascurati: la produzione delle piante e degli animali che avviene dalla terra e dall'acqua (gli alchimisti leggeranno talvolta il binomio terra-acqua come 'minerale'); l'inclusione fisica dell'anima nella materia (questione del 'circondante' e del 'circondato'). Significativo è anche il contesto in cui questo passo si colloca: la trattazione del fenomeno della generazione spontanea. Alla bolla di schiuma aristotelica della generazione spontanea — conosciuta e citata dai musulmani, si veda l'*Epistola di Ḥayy ibn Yaḡzān*<sup>33</sup> di Ibn Ṭufayl — si ricollegano probabilmente, nella tradizione alchemica, non solo le già viste *spuma maris* e *spuma maris concreta*; ma anche il primo coagulo di sangue e di sperma che porta alla formazione

<sup>31</sup> Si veda: P. CARUSI, *Filosofia greca e letteratura nel Mā' al-waraqī di Ibn Umail al-Tamīmī* (X secolo), Atti del Seminario Internazionale *La ricezione araba ed ebraica della filosofia e della scienza greche*, Padova 14-15 maggio 1999, in preparazione.

<sup>32</sup> P. CARUSI, *Génération, corruption et transmutation. Héritage grec et médiation d'Aristotele dans l'alchimie islamique au X<sup>ème</sup> siècle*, in: *L'alchimie et ses modèles philosophiques: à la recherche d'une tradition platonicienne*, Actes du séminaire «L'alchimie et ses modèles philosophiques» (Paris, Sorbonne, 1996-98), sous la direction de S. Matton et C. Viano, S.E.H.A., Paris Milan 1999 (Textes et Travaux de *Chrysopaeia*), in corso di stampa.

<sup>33</sup> IBN ṬUFAYL, *Epistola di Ḥayy ibn Yaḡzān*, tr. italiana a cura di Paola Carusi, Milano 1983.

dell'embrione (si ricordi che per Aristotele lo sperma è della natura della schiuma<sup>34</sup>); il primo coagulo degli esseri e del mondo in formazione della cosmogonia alchemica; la massa di argilla umida e fertile in cui Ġābir ibn Ḥayyān<sup>35</sup> — alchimista il cui *corpus* precede Ibn Umail — afferma di aver visto animali incompiuti (tra cui tartarughe).

A conclusione di questo discorso, sembra opportuno segnalare alcuni fatti positivi e negativi.

In positivo:

— diversi elementi confermano — fatto, questo, già osservato da P. Kraus<sup>36</sup> — che alla formazione dell'allegoria alchemica contribuiscono dati di origine naturalistica; fatto, questo, che richiama l'attenzione, per l'origine dell'allegoria chimica, su un altro canale di ricerca, oltre al mito e alla letteratura;

— nell'ambito scientifico-naturalistico, una posizione di preminenza sembra spettare ai libri zoologici di Aristotele, in particolare al *De generatione animalium*; con un doppio ruolo di Aristotele, che è al tempo stesso fonte, e mediatore di fonti precedenti (diversi passi utilizzati dagli alchimisti, sono passi in cui Aristotele riferisce il pensiero di filosofi che lo hanno preceduto). Non si deve dimenticare tuttavia che pur fortemente segnata dalla mediazione di Aristotele, la filosofia alchemica non è aristotelica;

— la presenza delle opere naturalistiche di Aristotele nella letteratura alchemica, presenza che si affianca ad una parallela presenza nella letteratura dei medici — il *Libro degli animali* di Aristotele fa parte, a quel che sembra, del *curriculum studiorum* del medico arabo — mette in evidenza un interessante canale di trasmissione della biologia aristotelica, trascurata dalla tradizione dei filosofi fortemente segnata dal neoplatonismo.<sup>37</sup>

In negativo:

— la tradizione che riguarda la chiocciola è molto sconnessa. All'interfaccia arabo-latina: i due passi del *Mā' al-waraqī* che riguardano la chiocciola non sono inseriti nella traduzione latina pubblicata nel 1566, edizione da cui derivano le edizioni posteriori. Ci si chiede: esiste una traduzione latina del *Mā' al-waraqī*, finora sconosciuta, che contiene l'allegoria della chiocciola? All'interfaccia greco-araba: i termini arabi utilizzati da Ibn Umail nel *Mā' al-waraqī* sono diversi da quelli utiliz-

<sup>34</sup> ARIST., *De Gen. Anim.* 736 a 13-21.

<sup>35</sup> ĠĀBIR IBN ḤAYYĀN, *Kitāb al-ahġār 'alā rayy balīnās*, in: JĀBIR IBN ḤAYYĀN, *Essai sur l'histoire des idées scientifiques dans l'Islām*. I. Textes choisis édités par P. Kraus, Le Caire 1935, p. 367.

<sup>36</sup> P. KRAUS, *op. cit.*<sup>35</sup>, *passim*.

<sup>37</sup> Aristotle *Generation of animals, the Arabic translation commonly ascribed to Yahyā ibn al-Bitrīq*, edited with introduction and glossary by J. Brugman ... and H.J. Drossaart Lulofs ..., Leiden, 1971. P. 53: The Neo-Platonic trend, predominating in the oriental interpretations of Aristotle's writings, did not favour zoological studies ...

zati nella versione araba del *Libro degli animali* giunta fino a noi, attribuita a Ibn al-Biṭrīq<sup>38</sup>; il caso non è isolato, visto che la stessa cosa si riscontra anche per la teoria delle esalazioni, di evidente origine aristotelica, in cui Ibn Umail si discosta da tutte le traduzioni arabe della *Meteorologia*. Ci si chiede: quale *Zoologia*, quale *Meteorologia* ha utilizzato Ibn Umail? Traduzioni arabe di Aristotele non pervenute, o, cosa più probabile, elaborazioni 'chimiche' di Aristotele di epoca ellenistica, realizzate in ambienti forse anche non aristotelici? E se, come è probabile, Aristotele ha mediato i presocratici, chi ha mediato successivamente Aristotele? Anche in questo caso, la risposta sembrerebbe suggerire uno studio più approfondito del *corpus* attribuito ad Apollonio; ad ogni modo, la ricerca continua.

<sup>38</sup> Cit. *supra*<sup>37</sup>.

Fig. (e testo) n. 1

Lambspringk Nobilis Germani Philosophi  
Antiqui libellus.  
De Lapide Philosophico.



SEPTIMA FIGURA

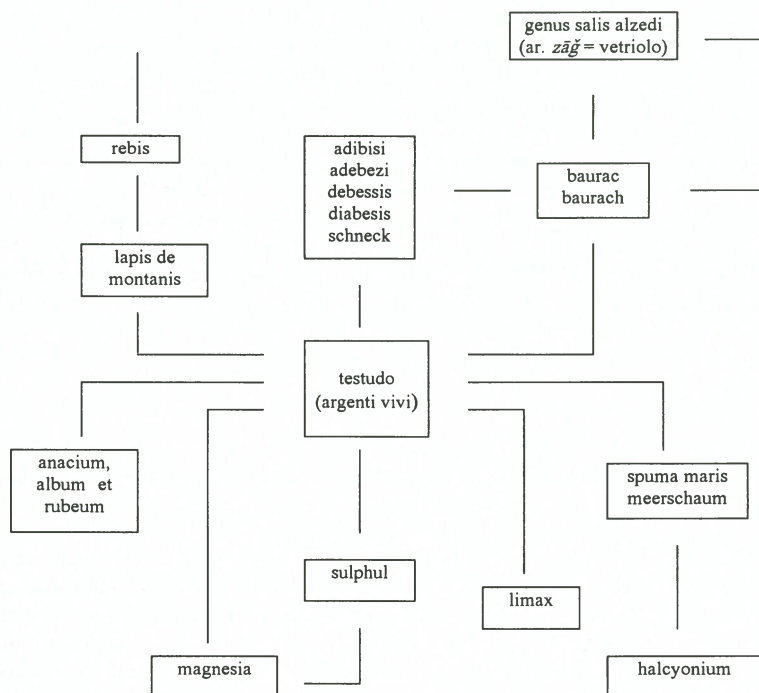
Duae aves in sylva nominantur, cum tamen saltem  
Una intelligatur.

*Mercurius saepius sublimatus, tandem figitur, ut non amplius  
aufugere, et evolare per vim ignis possit. Toties enim  
sublimatio reiteranda, quousque  
fixus fiat.*

Nidus in sylva reperitur  
In quo Hermes suos pullos habet,  
Unus semper conatur volatum,  
Alter in nido manere gaudet,  
Et alter alterum non dimittit.  
Infimus supremum sic tenet  
Ut simul in nido manere cogantur:  
Tanquam vir in domo cum sua conjuge,  
Conjugio artissime copulati.  
Hinc gaudemus omni hora  
Quod aquilam feminam hac via tenuerimus.  
Propterea Deum Patrem ut faelicitet hoc oremus.

(il testo è preso da: *Theatrum Chemicum*, Argentorati 1659, III, p. 769 sg.).

Fig. n. 2



### Testo n. 2

Ibn Umail al-Tamīmī, *al-Mā' al-waraqī wa al-arḍ al-naḡmīya*, in: *Three arabic treatises on alchemy by Muhammad bin Umail (10th century A.D.)*, ed. M. Turāb 'Alī, Calcutta 1933 (*Memoirs of the Asiatic Society of Bengal* XII, 1, pp. 1-213), pp. 73-74 (tr. it. P. Carusi).

Ti spiego come mai i filosofi chiamarono la loro acqua pura ed argentea 'l'acqua (bava) della chiocciola'. La paragonano all'acqua della chiocciola nell'allegoria, e ricorrono a questa allegoria per tre motivi, che sono stati prima menzionati.

— Il primo, che la chiocciola è un [corpo] bianco e rotondo, che, essendo rotondo, rotola come le perle. Ugualmente (come la chiocciola), la pietra dei filosofi è un [corpo] bianco e rotondo, che, essendo rotondo, quando è 'disgiunto', rotola come le perle. Analogamente disse il sapiente Abū Daḡīr Harmis ibn Aras nell'epistola nota come *Epistola del segreto ad Amnutāsiya*, a proposito del congiungimento del maschio con la femmina e con le sue sorelle: «Congiungetelo con quattro spose». Poi disse: «Se non le conoscete, esse vengono da una perla umida che facilmente rotola». Questo sapiente paragonò questa acqua pura alle perle umide perché si disgiunge, e perché rotola ed è rotonda e bianca; ed è inoltre tenera e cruda, non trattata.

— Il secondo motivo per cui il sapiente la paragona all'acqua della chiocciola è che quando la chiocciola si muove sulla montagna lascia lungo la via su cui si muove, dalla sua

umidità, un'acqua tenue, bianca, brillante, che ha uno scintillio luminoso che risplende al sole. Hanno dunque paragonato ad essa la loro acqua per la bianchezza della loro acqua argentea e pura, per il suo scintillio, per la sua trasparenza e per la sua brillantezza e splendore: per questo, nell'allegoria, l'hanno chiamata 'l'acqua della chiocciola'.

— Il terzo motivo è che la chiocciola esce dal suo corpo grossolano e secco, si allunga e si muove, e finché si muove si tira dietro con il posteriore il suo corpo grossolano. Poi si rivolge ed entra in quel suo corpo, si nasconde in esso e non si vede. L'esteriore della chiocciola è bianco e secco, ma nel suo interno (ventre) c'è uno spirito che si muove, umido e bianco. Ugualmente nel corpo secco dei filosofi vi sono anima, spirito, vita e capacità di accrescersi. Lo stesso discorso si può fare per la chiocciola acquatica, perché è creata dall'acqua, ed è nell'acqua e non si separa da essa, perché la sua vita è nell'acqua e dall'acqua. Il suo corpo è di pietra, secco e duro all'esterno, ma nel suo interno c'è uno spirito che si muove, creato da essa e per essa. Tutto questo è creato dall'acqua e la sua vita è nell'acqua. Questo è il significato del discorso che fanno sulla loro pietra ...

### Testo n. 3

Aristotele, *La riproduzione degli animali*, 762 a 19-34, tr. it. a cura di M. Vegetti D. Lanza, Bari 1990 (I ed. 1973), pp. 266-67.

Gli animali e le piante si producono nella terra e nell'acqua, perché nella terra è presente l'acqua, nell'acqua il pneuma, e in questo dappertutto c'è calore animante; di conseguenza tutte le cose sono in certo modo piene di anima. Perciò tutte le volte che essa viene circoscritta si avvia velocemente un processo di costituzione. Essa viene circoscritta ed avviene la generazione quando si riscaldano i liquidi contenenti elementi solidi, come se si trattasse di una bolla di schiuma. Le differenze poi del fatto che l'essere in formazione sia di genere più o meno nobile dipendono da ciò che avviluppa il principio animatore. Sono causa di questo sia i luoghi sia il corpo circoscritto. Nel mare vi è molto elemento terroso, perciò da una formazione siffatta si produce la natura dei gasteropodi: intorno si indurisce e si consolida l'elemento terroso con un consolidamento uguale a quello delle ossa e delle corna (al fuoco infatti non si fonde), dentro invece viene circoscritto il corpo che possiede la vita. Unico di questi ad accoppiarsi è il genere delle chiocciole.

MANOLA CARLI\*

**Un'enciclopedia alchemica duecentesca:  
il *Liber Compostille* di Bonaventura da Iseo\*\***

**The *Liber Compostille*: an Alchemical Encyclopedia Attributed to Bonaventura da Iseo.**

**Summary** – The *Liber Compostille* is the work of an Italian Franciscan friar, Bonaventura da Iseo, who wrote it in the Sixties of the XIII century. It is an alchemical encyclopedia, which attempts to collect all available knowledge about practical alchemy (substances and processes), as well as to attune the ideas of Albert the Great to those of Roger Bacon about the generation of metals and alchemical transmutation. This paper, based on the transcription of the text given in ms. Firenze, Biblioteca Riccardiana, 119, analyses the structure of the text, shows its main contents, and points to two major sources used by Bonaventura: ps. Aristotle, *De perfectio magisterio* and the *Liber Hermetis* also used by another Franciscan alchemist, Paul of Taranto the author of the *Summa perfectionis magisterii* traditionally attributed to Geber.

*L'autore*

Il *Liber Compostille* contenuto nel manoscritto Riccardiano L.III.13 (119), conservato alla Biblioteca Riccardiana di Firenze, è stato attribuito da una tradizione costante ad un francescano minorita, Bonaventura da Iseo, vissuto intorno alla metà del XIII sec. Le poche notizie reperibili su questo personaggio provengono dalla *Cronica* di Salimbene de Adam da Parma, dagli *Annales* di Wadding e da un saggio di un contemporaneo francescano minorita di nome Abele Calufetti.<sup>1</sup>

\* Università degli Studi di Siena.

\*\* Relazione presentata all'VIII Convegno Nazionale di «Storia e Fondamenti della Chimica» (Arezzo, 28-30 ottobre 1999).

<sup>1</sup> A. CALUFETTI, *Bonaventura da Iseo, O.F.M.*, in *Convegno di studio «Francescanesimo in Valle Camonica», VIII Centenario della nascita di S. Francesco, Reno 17-18-19 Dicembre*, Brescia, Vannini, 1982.



Il profilo che emerge dalla lettura di questi pochi documenti è quello di un uomo dotto, di svariati interessi culturali che spaziano dalla filosofia alla scienza naturale, protagonista della storia francescana non solo per la sua attività di predicatore e per il suo contributo in campo esegetico e scritturistico — notevole è infatti il numero di Sermoni, ancora inediti, a lui attribuiti — ma anche per la sua attività come Ministro di alcune province e come collaboratore, non sottomesso, dei massimi dirigenti e responsabili dell'ordine francescano. Anche se non esiste materiale che documenti con sicurezza l'attribuzione del *Liber* a Bonaventura da Iseo, tuttavia tutti gli studiosi che si sono occupati di questo testo, a parte qualche ipotesi isolata,<sup>2</sup> non sembrano apportare prove che dimostrino il contrario.

### *Alchimia francescana*

Nel testo sono presenti numerosi elementi tipici dell'alchimia francescana, come mette in rilievo il confronto con l'opera di Ruggero Bacone, la cui influenza sul *Liber Compostille* verrà esposta sotto, e con la *Summa perfectionis* dello pseudo-Geber/Paolo di Taranto.<sup>3</sup>

Il primo elemento che salta agli occhi alla lettura del *Liber Compostille* è l'attenzione posta da Bonaventura all'aspetto teorico e pratico dell'alchimia: più volte infatti ripete di trattare *theorice et practice* temi alchemici. L'attenzione ai due aspetti dell'alchimia (pratico e teoretico) richiama subito alla mente la distinzione fatta da Ruggero Bacone nell'*Opus tertium* di due forme di alchimia una *operativa* ed una *speculativa*.

Anche Paolo di Taranto in *Theoria et practica* (inedito ma parzialmente trascritto da Newman nell'opera precedentemente citata) pone attenzione su questi due aspetti

<sup>2</sup> Cfr. LYNN THORNDIKE, *A history of magic and experimental science*, vol. II, Columbia U.P., New York 1923, p. 501. T. ipotizza l'attribuzione del *Liber Compostille* a Pietro Ispano; il collegamento è fatto sulla supposizione che il termine 'Compostille' o 'Compostella' in alcuni manoscritti sia il nome della città di Compostella, città natale di Pietro Ispano e cfr. P. MARANGON, *Alle origini dell'aristotelismo padovano* (sec. XII-XIII), Editrice Antenore, Padova, MCMLXXVII pp. 94-96. P. Marangon pur ammettendo che la paternità del *Liber* a Bonaventura è confermata dal fatto che «tutti i codici fanno il suo nome, e che nessuno tra gli studiosi recenti ha messo in dubbio, neppure metodologicamente, che il materiale elaborato nel *Compostella* risalga al sec. XIII» sembra tuttavia dubitare dell'attribuzione di questo testo al nostro francescano, dubbio sollevato dal fatto che l'immagine di Bonaventura che traspare dal *Liber* è completamente diversa da quella dei *Sermones* (opera di certa attribuzione, probabilmente composta negli stessi anni del *Liber Compostille*), e dal fatto che nessuno dei codici del *Compostille* è anteriore al sec. XV. Inoltre M. scrive «è dubbio che in quegli anni fosse già possibile esprimere di Alberto e Tommaso un giudizio così preciso, indicandoli come rappresentanti della cultura del secolo. Senza considerare che nei codici si parla di Alberto († 1280) come già morto [...] mentre noi sappiamo che Bonaventura, pur essendo ancora vivo nel 1273, quando nel 1249 si recò in Oriente era già "antiquus tam in Ordine quam in etate"».

<sup>3</sup> Per l'identificazione Paolo di Taranto/Pseudo Geber cfr. WILLIAM R. NEWMAN, *The «Summa perfectionis» of Pseudo-Geber*, Leiden, E.J. Brill, 1991.

dell'alchimia, come del resto è già evidente dal titolo, dedicando la parte teorica, sotto forma di *quaestio*, alla confutazione degli argomenti *contra* la possibilità dell'arte alchemica; e dimostrazioni pratiche attraverso ricette e descrizioni di operazioni.

Altri elementi presenti nel *Liber Compostille* richiamano la *Summa perfectionis* di pseudo-Geber/Paolo di Taranto, innanzitutto l'uso del termine *medicina* per indicare l'elixir, la descrizione di una pluralità di medicine, la particolare attenzione posta nel descrivere una triplice gradazione del fuoco e l'uso che se ne può fare nelle operazioni alchemiche; l'attenzione dedicata ai sistemi di saggatura e alla sonorità dei metalli.

### *Struttura del testo*

Thorndike nel suo saggio su Bonaventura, nel III vol. di *A history of magic and experimental science*, accenna alla partizione del *Liber Compostille* suddividendolo in tre libri.<sup>4</sup> Probabilmente l'unico testo analizzato da Thorndike è quello conservato nella Biblioteca di Monaco, quasi sicuramente più tardo del Ricc. 119: il primo libro, a quanto scrive Thorndike, contiene una trattazione di molte acque, alcuni oli e sali; il secondo diviso in 99 capitoli sulla generazione e trasmutazione dei metalli seguito da una breve e personale discussione sui sali; infine il terzo che si apre con una serie di venti sali includendo esperimenti dal *The perfect Mastery*, - *Liber perfecti magisterii* -, ed altri estratti da Rasis, Floridus, Ruggero Bacono, Alberto Magno, Senior, Ermete. Dalla sua descrizione dipende A. Caluffetti. La descrizione di Pattin<sup>5</sup> divide invece il *Liber* in due libri: il primo, *Incipit liber compostille multorum experimentorum veritatis ...*, f. 143ra-149rb, e il secondo, *Compostilla est liber compositionis operis ...*, f. 149va-166ra.

La mia analisi conferma la distinzione in due libri: all'inizio di ogni libro è riportata una *tabula* che elenca in modo schematico gli argomenti che verranno discussi; e le *tabulae* sono due non tre. Dalla 1<sup>a</sup> *tabula* (f. 142vb-143ra), che sembra a prima vista un indice generale del testo, il *Liber* sembrerebbe diviso in quattro parti: la prima parte dell'opera (che comincia con le parole *Humana natura non minus ...*) che contiene una trattazione sulle acque medicinali; una seconda (*Expleto tractatu ...*) che riguarda le acque alchemiche (*Aquarum sunt multe species ...*); una terza concernente altre acque alchemiche, nella quale sembra essere inclusa un'ulteriore trattazione di altre acque e oli (*Item alie aque et quedam olea ...*); e la quarta (*Nunc incipit quedam pars operis et tractatus in qua continetur magnis tractatus de multis et diversis operum complexionibus metallorum et spirituum eorum. Probemium quarti operis et cetera*) riguardante i metalli e gli spiriti. Alla fine della *tabula* si trova

<sup>4</sup> L. THORNDIKE, *A history of magic and experimental science*, op. cit., pp. 45-46.

<sup>5</sup> A. PATTIN, *Un recueil alchimique: le manuscrit Firenze, Biblioteca Riccardiana, L.III.13. 119 - Description et documentation -*, in *Bullettin de philosophie médiévale*, 14, Louvain, S.I.E.P.M., 1972, pp. 89-107.

la parte che ha per incipit «*Grandis gratia Dei est ...*», e non è chiaro, a prima vista, se questo sia l'incipit del quarto proemio o semplicemente la chiusura del proemio del primo libro. Ma l'esame del testo porta ad escludere decisamente la prima ipotesi (*Grandis gratia Dei est ...* non può essere, infatti, l'incipit del quarto proemio visto che questo non esiste nella trattazione); dunque è l'incipit del brano di chiusura del proemio generale del testo.

Il nostro trattato alchemico è dunque sicuramente diviso in due libri: il primo è a sua volta diviso in tre parti, la seconda delle quali è ulteriormente divisa in tre sezioni trattanti di acque alchemiche e medicinali, come mostra il confronto fra la *tabula* e la struttura del primo libro riportata nell'Appendice I.

La confusione fra Calufetti e Pattin trova una prima spiegazione nel fatto che nella *tabula* il termine *liber* è usato sia per indicare i due libri principali in cui si suddivide il nostro trattato (indicati nello schema con cifre romane), sia per indicare le parti in cui è diviso il primo libro (indicati nello schema con numeri arabi).

L'analisi della struttura del testo, mentre dimostra l'esattezza della bipartizione indicata da Pattin, rende comprensibile la distinzione del Calufetti in 'tre tomi': questa terza parte, infatti, può superficialmente essere indicata con la parte di testo che inizia a f. 159rb (che nomina le '*recepte experientorum veritatis*') anche a motivo dell'uso impreciso dei termini '*pars*' e '*liber*' fatto nella *tabula*.

Un'ulteriore conclusione cui l'analisi del testo conduce è che il *Liber Compostille* è strutturato in maniera molto esatta e regolare: i due 'libri principali' si suddividono in tre 'libri' o parti, e ciascuno di essi tratta di un argomento definito (I.1, introduzione all'alchimia metallurgica; II.2.1-3, acque medicinali ed alchemiche; I.3, oli; II.1, alchimia metallurgica (teorica e pratica); II.2 descrizione dei metalli, degli spiriti e di tutte le cose necessarie all'arte alchemica; II.3, ricette ed 'esperimenti'). Questo indica un intento di sistemazione dei materiali alchemici, che trova riscontro nel contenuto e nel titolo<sup>6</sup> del trattato di Bonaventura.

### *L'alchimia secondo Bonaventura da Iseo*

L'alchimia è definita da Bonaventura come la scienza delle scienze, della conoscenza e della realizzazione degli spiriti e di tutti i metalli.<sup>7</sup>

<sup>6</sup> L'attenzione al carattere compilatorio del testo è infatti rilevabile dall'analisi etimologica della parola *compostille*, -is, che nel latino classico viene usata con il significato di cassetta a scompartimenti. Questo particolare nome *Compostilla* sembra essere usato per mettere in rilievo l'intento di raccolta di materiali diversi e il loro riordino, intento che all'interno della trattazione è più volte esplicitato dallo stesso autore.

<sup>7</sup> Ricc. 119 f. 149va «Et unde dicitur alchimia est [ars] artium scientia scientiarum cognitionis et effectationis spirituum et omnium metallorum, per quam homo docetur et illuminatur multis modis cognoscere et scire quod sint species et quot sint et ad quod valeant et quomodo exerceri possunt utiliter sine dampno».

Viene inoltre specificato che è l'arte che insegna a fare molte cose *de novo*, che insegna a distruggere molte cose che sono state fatte, e a mescolare insieme molte di queste in polveri, in acque chiare, in olio e in vetro;<sup>8</sup> insegna inoltre quali siano i metalli e quanti, a cosa servano e in quale modo siano da lavorare utilmente affinché si produca *de novo* qualcosa che prima non esisteva (che la natura non può far bene se non in un lungo tempo di cento o mille anni, e che l'uomo fa invece in breve tempo).<sup>9</sup>

L'alchimia sembra pertanto essere vista come la produzione di qualcosa che non esiste in natura, come la produzione di ciò che oggi definiremmo l'*artificiale*: dando la definizione di cosa sia l'alchimia dice, infatti, che è l'arte degli spiriti e dei metalli che insegna a lavorare gli spiriti e i metalli *ut transformentur a forma quam sibi natura concessit in sua minera*, e che è l'arte che insegna a produrre qualcosa *artificialiter*.<sup>10</sup>

Ma l'alchimia viene anche definita medicina dei metalli imperfetti o lebbrosi. Afferma infatti Bonaventura che queste sostanze vengono dette medicine *ut sanificentur metalla infirmata*,<sup>11</sup> cioè i metalli resi infermi dalla natura; e che l'argento prodotto dalla natura '*sub terra*' è sì generato e composto infermo, ma '*arte sanatur et medicatur eius infirmitas*'.<sup>12</sup>

Ed in altri luoghi è ribadito questo concetto, ad esempio quando, parlando dell'*elixir* fatto di solo mercurio, Bonaventura dice che è un'*optima medicina*.<sup>13</sup>

Anche tra le tante definizioni che B. dà dell'alchimista (oltre quella di *experimentator*, e *propheta* che rimandano rispettivamente alla definizione data da Bacone e da Costantino Pisano) troviamo anche quella di *medicus*. Questa definizione di alchimia, è probabilmente influenzata dalla concezione alchemica di Alberto Magno che nel *De mineralibus* paragona il lavoro degli alchimisti a quello dei medici affermando che gli alchimisti devono operare nei confronti dei metalli come i medici operano nei confronti dei loro pazienti. In questa particolare definizione l'alchimia non sembra essere più intesa come produzione di qualcosa che in natura non esiste ma come medicina e cura di ciò che dalla natura è già stato precedentemente prodotto.

Sembra esistere dunque una contraddizione tra la prima definizione di alchimia, dove Bonaventura parla di creazione di qualcosa di nuovo, e la seconda defi-

<sup>8</sup> Ibidem f. 149va «Unde hoc expertus in tali arte que alchimia vocatur scit multa facere de novo si vult et argentum et aurum, sales, gemmas pretiosas, tincturas et colores ut azurum, cenabrium, blancham viride raminum, lacham et cetera. Scit destruere multa facta ut omnis spiritus et omnia metalla [et] lapides prectiosa et non prectiosa ligna marchasitas et cetera, convertendo multa eorum in pulvere, in aquas claras, in oleum in vitrum».

<sup>9</sup> Ibidem f. 149va-b «Quod sit metallum, quot sint metalla, que et qualia, ad que valeant et quomodo sint utiliter exercenda ut de novo fiat aliquid quod non erat et quod natura non potest bene facere nisi in longo tempore multorum annorum in centum annos vel in mille, homo autem facit in brevi tempore annorum, mensium, dierum et horarum».

<sup>10</sup> Ibidem f. 151ra.

<sup>11</sup> Ibidem f. 150vb.

<sup>12</sup> Ibidem f. 152vb.

<sup>13</sup> Ibidem f. 153ra.

nizione, dove invece sembra che il lavoro alchemico consista nella purificazione del metallo da ciò che in lui è corrotto e sporco senza però intaccare o ricreare la sostanza di base del metallo. Questa apparente contraddizione può forse risolversi analizzando il resto della trattazione, in particolare la parte relativa alla teoria della generazione dei metalli.

Secondo Bonaventura gli spiriti, prodotto esclusivamente naturale, servono sia nella composizione dei metalli *in ventre terre*, sia nella *ricomposizione* artificiale dei metalli *super terram* (uso il termine 'ricomposizione' in quanto vedremo che l'opera degli spiriti consiste nella scomposizione e trasformazione dei metalli che la natura ha già creato, per la creazione di un nuovo metallo, o meglio di una nuova proporzione di elementi che dia luogo ad un nuovo metallo).

La soluzione che Bonaventura dà al problema della generazione dei metalli ci permette di conciliare le contraddizioni che sembravano presentarsi nell'analisi delle definizioni di alchimia.

Abbiamo visto, infatti, che si parla sia di medicazione che di produzione *ex novo* dei metalli; ma questa produzione è una *riproduzione* del metallo dopo che è stato purificato attraverso la medicina o elixir e riequilibrato attraverso l'aggiunta delle giuste proporzioni di zolfo e mercurio.

Questi spiriti non sono dunque usati per comporre *ex novo* i metalli, ma vengono usati per scomporli e per 'riequilibrarli': ad esempio il ferro purificato dalle sue imperfezioni grazie alla medicina e sottoposto alle operazioni alchemiche può diventare oro, oro artificiale prodotto *de novo* (cioè prodotto nuovamente, in quanto i materiali di base di tutti i metalli, zolfo e argento vivo, non possono essere creati dall'arte alchemica ma solo dalla natura), che rimane comunque inferiore a quello naturale perché non resistente alle prove di saggiatura.

Abbiamo visto dunque come nel *Liber Compostille* sia presente una concezione dell'alchimia come medicina, ma è importante notare che questa definizione è limitata esclusivamente all'ambito metallurgico, in quanto la medicina è da considerare soltanto come agente della trasmutazione dei metalli,<sup>14</sup> e non si trovano accenni ad una teoria dell'elixir come la medicina che possa curare le malattie del corpo umano<sup>15</sup> o che possa prolungare la vita (concezione derivante dall'alchimia islamica e che appare nel mondo nella prima metà del XIII secolo con il trattato *De retardatione accidentium senectutis*, attribuito poi a Ruggero Bacone).

*Le fonti coeve: Alberto Magno e Ruggero Bacone*

Oltre alla definizione di alchimia come medicina dei metalli imperfetti o lebbrosi che si trova sia nel *De mineralibus* che nel *Libellus de alchimia* pseudo-alber-

<sup>14</sup> Questa limitazione dell'elixir alchemico alla preparazione dei metalli preziosi è presente anche nelle fonti di Bonaventura, Alberto Magno e Paolo di Taranto, ed anche in Vincenzo di Beauvais.

<sup>15</sup> Solo alle acque medicinali sembra essere dato questo potere curativo.

tino,<sup>16</sup> altri parallelismi sono possibili tra la teoria alchemica esposta da Alberto Magno e quella che Bonaventura espone nel *Liber Compostille*. È da notare in primo luogo in ambedue i testi l'attenzione all'aspetto venefico di alcune sostanze: in particolare Alberto Magno si sofferma sull'aspetto venefico del mercurio mentre Bonaventura oltre al mercurio indica come sostanza velenosa anche il solfuro d'arsenico. Sia nel *Liber Compostille* che nel *Libellus de alchimia* si ha inoltre la stessa definizione del *sal armoniacus* come *claviger* dell'arte alchemica e simile ne è la spiegazione infatti nel *Libellus* si trova scritto che il *sal armoniacus* è chiamato *claviger* dell'arte alchemica perché «*claudit et aperit omnia, et sine illo nullum opus Alchimiae perfici potest*» mentre Bonaventura scrive che viene così chiamato perché come la chiave è necessaria «*in aperiendo et claudendo hostium domus*» così questa chiave, il *sal armoniacus*, *necessaria est ad multa opera facienda*.

Altro elemento che può essere evidenziato è la comune attenzione alla sonorità dei metalli, in particolare l'attenzione alla sonorità di alcuni metalli per la costruzione delle campane.

Altri parallelismi con Alberto Magno possono essere trovati nella lettura del *Liber Compostille*, anche se meno letterali ma tuttavia evidenti, in temi che percorrono tutto il testo: ad esempio la prevalente attenzione posta all'aspetto metallurgico dell'alchimia; l'inferiorità, anche se non esplicitamente dichiarata, dell'operazione alchemica rispetto alla natura, dal momento che il prodotto dell'arte alchemica si può avvicinare notevolmente a quello naturale ma, nonostante la sua apparente perfezione, può sempre essere 'smascherato' attraverso adeguate prove di saggiatura; la definizione di elixir come medicina e quindi come strumento per la cura dei metalli e non come prodotto soprannaturale che può arrivare a curare qualsiasi tipo di imperfezione e può persino giungere alla *prolongatio vitae*.

D'altra parte Alberto Magno non è l'unico ad influenzare Bonaventura; all'interno del testo vi sono anche evidenti tracce dell'alchimia di Ruggero Bacone che sembra attrarre maggiormente la sua attenzione nella trattazione delle acque, argomento che occupa il primo libro o tomo del *Liber Compostille*.

Innanzitutto va detto che la definizione di alchimista oltre che *medicus e operator*, come *experimentator* riporta evidentemente alla definizione che dà Bacone. Ma l'influenza baconiana è presente, a mio avviso, anche nella filosofia naturale di Bonaventura, in particolare nel tema della generazione dei metalli: secondo Bacone

<sup>16</sup> Cfr. A. MAGNO, *De mineralibus*, in *Alberti Magni Opera Omnia*, vol. II, Lione, ed. P. Jammi, 1651 '... propter quod debent aegra esse metalla quae in materia non habent formam auri: et studuerunt ad medicinam quam elixir vocant, per quam aegretudines metallorum in commixtione et commixtis materiae metallorum removent, et sic dicunt se educere illam formam auri et speciem ...', p. 250, col. 1. Pseudo Alberto, *Libellus de alchimia*, in *Alberti Magni Opera Omnia*, vol. II, ed. P. Jammi, Lione 1651, '... per hanc enim artem [alchimia] reducuntur metalla, quae in mineris sunt corrupta, et imperfecta ad perfectionem...', p. 2, col. 2 e ancora '... Unde nullo modo dubitandum est, quin metalla corrupta possint reduci ad sanitatem per medicinas suas ...', p. 3, col. 1.

infatti ogni corpo è composto dai quattro elementi graduati in modo diverso e la differenza tra le proporzioni di questi elementi comporta, secondo la teoria baconiana, differenze sensibili delle varie sostanze. Bonaventura sembra riprendere tale concezione, quando afferma che compito dell'alchimia è quello, data la composizione dei metalli, di riportare i corpi lebbrosi o infermi alla materia originale (zolfo e mercurio, equivalenti nell'insieme alle qualità elementari) e di creare un nuovo misto più proporzionato ed equilibrato privo di tutte le impurità (*fex terreitatis*).

#### *Uso delle fonti nelle parti non ricettaristiche del Liber Compostille*

Dall'analisi del *Liber Compostille* risulta evidente la presenza di due diversi tipi di fonti.<sup>17</sup>

È stato abbastanza semplice riconoscere l'influenza delle fonti coeve: le teorie di Alberto Magno e di Ruggero Bacone sembrano essere sostrato di tutta la teoria alchemica di Bonaventura, soprattutto per quanto riguarda la teorizzazione del rapporto tra alchimia e filosofia naturale e la teoria della generazione dei metalli. In questi punti Bonaventura sembra slittare tra enciclopedismo e tentativi di rielaborazione personale.

Per quanto riguarda l'uso da parte di Bonaventura delle *auctoritates* alchemiche di origine araba, la mia analisi si è limitata solo all'utilizzo di alcuni testi vista la difficoltà di individuare la fonte di gran parte delle citazioni fatte.

Importante è la presenza nel *Liber Compostille*, soprattutto nel secondo libro, di nomi di personaggi come Ermete, Geber, Senior (da identificare con lo Zadith autore della *Tabula chemica*) Bubacharus (probabilmente Razi, autore del *Liber secretorum de voce Bubacharis*, riconosciuto da Newman come fonte dello Pseudo-Geber, ovvero Paolo di Taranto, nella *Summa Perfectionis*), nonché di due personaggi, che Bonaventura esplicitamente considera alchimisti, indicati con lo pseudonimo di Experimentator e Inspector, e di alcune citazioni dalla *Turba philosophorum* e dal *Liber septuaginta*.

È difficile però, nonostante i nomi delle *auctoritates* siano spesso citati all'interno del *Liber compostille*, risalire al riconoscimento dei testi usati da Bonaventura per i suoi studi alchemici; l'unico risultato positivo della ricerca è stato il riconoscimento della fonte nella parte relativa alla descrizione dei metalli. Infatti, nonostante Bonaventura alla fine della descrizione di ogni metallo scriva il nome di Ermete citandolo come fonte, questa parte corrisponde quasi letteralmente, almeno per quel che riguarda la descrizione dell'oro, dell'argento e del rame al *De perfectio magisterio* pseudo-aristotelico (Appendice II).

<sup>17</sup> All'interno del testo troviamo citati sia i contemporanei a Bonaventura come Alberto Magno e Ruggero Bacone, sia *auctoritates* alchemiche di origine araba come Bubacharus, Experimentator, Geber, Hermes, Inspector, Senior e la *Turba philosophorum*.

La corrispondenza sembra essere ulteriormente confermata dall'uso in entrambi i testi del termine *altiludo* per indicare la superficie esterna.

La divergenza rispetto al testo pseudo-aristotelico si presenta però già a partire dalla descrizione degli altri metalli (piombo, stagno e ferro).

Nonostante sia mantenuta nel *Liber Compostille* la distinzione tra qualità esterne e qualità interne dei metalli, distinzione che caratterizza il testo attribuito ad Aristotele, tali qualità non corrispondono più nei due testi.

È interessante, comunque, il fatto che in ogni descrizione, pur se con diversa terminologia, si mantenga questa distinzione tra come i metalli appaiono esteriormente e come invece sono nel loro interno. Questa distinzione dentro-fuori è presente in un trattato fondamentale della tradizione ermetica, il *De secretis nature*<sup>18</sup> attribuito da alcuni ad Apollonio di Tyana, discepolo di Ermete, da altri ritenuto invece un apocrifo arabo.<sup>19</sup> Non sembra però probabile che il *De secretis nature* sia il testo di Ermete cui Bonaventura rimanda visto che le descrizioni dei metalli non si corrispondono affatto. L'attenzione all'aspetto interno ed esterno dei metalli è presente, come si è visto, nel *De perfecto magisterio*, la cui utilizzazione nel *Liber Compostille* appare più probabile. Resta comunque importante, e da indagare più a fondo, il richiamo esplicito ad Ermete nel capitolo sui metalli.

<sup>18</sup> Ps. APOLLONIUS, *De secretis nature*, ed. Françoise Hudry, in *Crysopoeia*, (in corso di stampa). Un saggio di Pinella Travaglia sulla teoria della composizione degli elementi presente nel *De secretis nature*, ipotizzando una dipendenza di tale teoria dalla tradizione alchemica, spiega come avviene la dinamica di questo rapporto esterno-interno. «Il manifesto e l'occulto» scrive Pinella Travaglia «nel *De secretis* sono rappresentati di volta in volta da parti diverse a seconda delle mutue relazioni e combinazioni che avvengono tra le diverse sostanze. Lungi dunque da voler fissare come tali l'esistenza di una o un'altra qualità, il manifesto e l'occulto rappresentano l'equilibrio raggiunto in un dato momento dalla relazione fra le diverse qualità. Questo equilibrio definisce il potere causale delle sostanze, risultando dal rapporto verificatosi in un certo momento fra le diverse qualità di cui sono composte. E tale equilibrio è di volta in volta modificato dal continuo interagire tra le qualità ... Il rendersi manifesto di ciò che prima era occulto è interpretato, nel *De secretis*, anche come un passaggio dall'interno all'esterno: una certa qualità che prima era presente all'interno di un composto o di un elemento viene, grazie alla sua unione con altre qualità, ad 'esteriorizzarsi'. Il passaggio dall'occulto al manifesto è dunque, già l'effetto di un'azione causale, il risultato di una certa interazione. Una natura presente in uno stato latente in un corpo viene cioè, esteriorizzata, e manifestata, perché diventa nutrimento di ciò che sta attorno ad essa in virtù dell'attrazione dei contrari ...». Questa teoria sembra fondare ulteriori sviluppi alchemici sulle qualità interne ed esterne dei metalli: quest'ultimi potenzialmente dotati delle quattro qualità elementari, due occulte e due manifeste, possono essere 'trasmutati' attraverso gli spiriti, dotati anch'essi delle quattro qualità naturali: l'alchimista può, attraverso la manipolazione delle qualità, alterare l'equilibrio che al metallo era stato casualmente dato dalla natura, creando nuove combinazioni, questa volta non casuali, cosicché le qualità che in un metallo erano occulte possono diventare manifeste dando al metallo un diverso aspetto esteriore. L'alchimista sembra così fare coscientemente ciò che la natura fa casualmente.

<sup>19</sup> Sul problema dell'attribuzione cfr. PINELLA TRAVAGLIA, *Note sulla dottrina degli elementi nel «De secretis nature»*, in *Studi medievali*, a cura del Centro Italiano di Studi sull'alto medioevo, Spoleto, 1998, p. 121, note 1 e 2.



L'enfasi sul nome di Ermete risalta sia in queste descrizioni che in tutta la parte più strettamente legata alla trattazione degli spiriti e dei metalli, ma la ricerca dei testi di Ermete usati da Bonaventura ha dato sinora pochi frutti sia perché Bonaventura non cita né incipit né probabili titoli, sia a causa della vastità del *corpus hermeticum* e della scarsità degli studi specifici al riguardo.

Nella mia ricerca è stata comunque formulata un'ipotesi su un testo che Bonaventura potrebbe aver utilizzato nelle sue ricerche: il testo in questione è il *Liber Hermetis* che ha per incipit *Incipit Liber Hermetis artis alkymie et primo quid sit alkymia. Alkymia est ars ministralis (ministrans?) essentiam septem metallorum continens qualiter forme eorum a diminutione ad complementum naturale reducantur ...*<sup>20</sup> inedito ma parzialmente trascritto dal ms. Latin. 6514, conservato nella Biblioteca Nazionale di Parigi, da Newman nella sua introduzione all'edizione della *Summa perfectionis* dello Pseudo-Geber.<sup>21</sup>

Nonostante, infatti, non vi siano corrispondenze letterali tra questo testo e il *Liber Compostille* numerose sembrano le tematiche comuni, come ad esempio il grande spazio dedicato al tema dell'artificiale, il modo in cui viene affrontata la spiegazione della diversa purezza dei metalli (diversità che viene attribuita in entrambi i testi al diverso procedimento di cottura, ovvero il diverso calore cui viene sottoposta la sostanza da cui deriverà il metallo), e l'attenzione posta da entrambi al tema della velenosità dei metalli.

È da notare, infine, che sono presenti nel testo un richiamo ai *Disticha Catonis* e soprattutto a numerose citazioni bibliche, attribuite a David, Melchisidech, Paulo apostolo, Pilato, Salomone.

Si tratta di citazioni probabilmente abituali per un francescano colto come Bonaventura, al quale, come abbiamo già visto, è stata attribuita una raccolta di numerosi sermoni. Tali citazioni, oltre ad essere un elemento a favore della provenienza del nostro trattato dal mondo ecclesiastico, sembrano essere più numerose nella parte in cui Bonaventura mostra interesse per l'aspetto sociale dei metalli preziosi (ad esempio quando Bonaventura tratta il tema del *lucrum* e della nobiltà dei

<sup>20</sup> *Liber Hermetis*, Inedito, presente nei manoscritti del XIII secolo ma senza l'attribuzione ad Ermete. MSS. Paris, Bibl. Naz., Ms. Latin. 6514; Cambridge, Trinity College, 1400, ff. 131-133 (XIII sec.); Oxford, Bodleian Library, 679, ffa. 20-21 (XIII sec.); London, British Museum, Sloane 1754, ff. 60-62 (XIV sec.); Cambridge, University Library, 1255 (Ff.IV.12), ff. 197v-200, (XVI sec., a.15289; Leiden, Voss. Chym. F.1, ff. 104v-108, (XVI sec.). L'ipotesi che possa essere questo il testo a cui fa riferimento Bonaventura non nasce tanto da una corrispondenza letterale delle descrizioni dei metalli nel *Liber Compostille* (il confronto fra i testi è stato reso possibile grazie ad una trascrizione integra dattiloscritta del *Liber Hermetis* di M. Pereira) quanto dalla presenza, in ambedue i testi, del tema dell'artificiale e della corrispondenza di alcune parole usate da Bonaventura nella sua trattazione con le parole presenti nel *Liber Hermetis*.

<sup>21</sup> NEWMAN, *The «Summa perfectionis» of Pseudo-Geber*, op. cit. Appendice I, pp. 52-56; che io ho potuto leggere il testo nella versione integrale grazie ad una trascrizione dattiloscritta fatta da Michela Pereira.

metalli in rapporto alla nobiltà degli uomini), e quindi sottolineano un interesse per gli aspetti morali e sociali dell'alchimia, coerente con la figura dell'autore.

Per concludere questa rapida esposizione, possiamo caratterizzare il *Liber Compostille* come un'opera compilatoria e fortemente strutturata, un'enciclopedia alchemica' non tanto intenta a spiegare, quanto a dare un quadro il più completo e aggiornato possibile di tutto ciò che è il sapere alchemico occidentale dell'epoca, quadro che non è privo di qualche tentativo di riflessione e rielaborazione personale.

## APPENDICE I

### Confronto tra la *tabula* e la struttura del *Liber Compostille*

#### Tabula

In nomine domini amen [142vb]  
Prohemium Compostille.

Prohemium libri. *Humana natura non minus* ... [142vb]

Elenco delle acque trattate. [142vb]  
Sequitur de aquis spiritualibus.  
[142vb-143ra]  
Elenco di altre acque. [143ra]  
Explicit prima pars operis et tractatus et cetera. [143ra]

Nunc incipit 2a pars operis et tractatus ... [143ra]

Prohemium 2i operis et tractatus et cetera.  
*Expleto tractatu et cetera* ... [143ra]  
Elenco delle acque. [143ra]

Explicit 2a pars operis et tractatus alchimie. [143ra]

Nunc incipit pars 3a de aquis alchimicis magne utilitatis. [143ra]  
Prohemium tertii operis et tractatus scilicet *Aquarum sunt multe species*. [143ra]

Elenco delle acque. [143ra]

#### Trattazione

I.1  
Prohemium Compostille. [143rb-va]

I.2.1  
Prohemium secundi libri Compostille qui liber compositus est cum multa subtilitate et diversis operibus. [143va]  
Prohemium. *Humana natura non minus* ... [143va]  
Explicit prohemium secundum ... [143vb]  
Trattazione delle acque [143vb-145rb]

Explicit prima pars operis et tractatus aquarum medicinalium. [145rb]

I.2.2  
Nunc incipit 2a pars operis et tractatus ... [145rb]

Prohemium secundi operis et tractatus. *Expleto tractatu aquarum medicinalium* ... [145rb]  
Trattazione delle acque. [145rb-146rb]

Explicit 2a pars operis et tractatus aquarum alchimie. [146va]

I.2.3  
Nunc incipit pars 3a de aquis alchimicis magne utilitatis. [146va]  
Prohemium huius 3i partis. *Aquarum multe sunt species* ... [146va]

Trattazione delle acque. [146va-148vb]

Item alie aque et quedam olea sed floridum.  
[143ra]

Explicit 3a pars operis et tractatus aquarum  
alchimie. [143ra]<sup>22</sup>

Nunc incipit quedam pars operis et tractatus  
in qua continentur magni tractatus de  
multis et diversis operum complexionibus  
metallorum et spirituum eorum. [143ra]

Prohemium quarti<sup>23</sup> operis et cetera. [143ra]

Explicit tertia pars operis et tractatus aquarum  
alchimie. [148vb]

I.3

Nunc incipit pars prima libri tertii tractatus  
de multiplici diversitate olei magne efficacie.  
[148vb]

Trattazione degli oli. [148vb-149rb]

Explicit primus Liber Compostille qui tenet  
de multis aquis et de multis oleis magne virtutis.  
[149rb]

II.1

Nunc incipit liber secundus ... [149rb]

Prohemium huius 2i libri. Compostilla est  
liber compositionis operis et tractatus ...  
[149rb]

Explicit prima pars secundi libri. [150ra]

II.2

Nun incipit 2a ... [150ra]

Segue la tabula degli argomenti che saranno  
trattati nella seconda parte del secondo  
libro. [149vb-150ra]

Prohemium huius 2e partis 2i libri. Locorum  
multa sunt genera ... [150ra-159rb]

Explicit 2a pars secundi libri. [159rb]

II.3

Nunc incipit 3a et ultima pars ... [159rb]

Explicit Liber Compostille fratris Bonaventure  
de Yseo ... [166ra]

<sup>22</sup> Si ha qui una discordanza tra tabula e trattazione: questo explicit nella trattazione, infatti, chiude solamente la parte sulle acque alchemiche (I.2.3) e non la parte riguardante gli oli che è trattata separatamente (I.3).

<sup>23</sup> Visto che questo quarto proemio non esiste all'interno della trattazione si può ipotizzare un eventuale errore del copista che deve aver letto *quarti* invece di *quidam*. È strano d'altra parte che né Caluffetti né Pattin si siano accorti di questo quarto proemio.

APPENDICE II

Confronto tra il *De perfecto magisterio* pseudo-aristotelico e il *Liber Compostille*

*De perfecto magisterio*

Ed. Manget, op. cit., vol. I  
pp. 638-658

f. 642a/ De auro. Aurum in sua altitudine est calidum et humidum, in suo profundo frigidum et siccum.

Aurum generatur ex argento vivo, claro misto cum sulphure rubeo claro, et in corde terrae longo tempore coquitur, calore modicum...

De argento. Argentum in sua altitudine frigidum et siccum ... in suo profundo est calidum et humidum.

f. 642b Argentum generatur ex argento vivo, claro, misto cum sulphure claro, albo, et aliquantulum rubeo...

F. 641b De aere. Aes in sua altitudine est calidum et siccum ... in suo profundo est frigidum et humidum

*Liber Compostille*

Ms. Firenze Ricc. 119

f. 151vb/ Aurum est naturaliter calidum et humidum foris, sed intus est frigidum et siccum ...

f. 152ra/ Aurum naturale naturaliter componitur ex duobus spiritibus videlicet ex argento vivo puro, claro, mundo, mixto cum sulfure rubeo, mundo claro in corde terre calide nature, longo tempore, calore multo.

f. 151vb/ Argentum perfectum est naturaliter calidum et humidum in suo profundo occulto ... sed frigidum et siccum in sua altitudine exteriori.

f. 152va/ Argentum perfectum et naturale ... generatur et componitur ... ex duobus spiritibus, scilicet ex argento vivo, claro et puro ... similiter generatur et componitur ex sulfure albo, claro, et mundo

152ra/ Ramum est naturaliter calidum et siccum in suo profundo occulto ... et humidum in sua altitudine exteriori cum aliqua, scilicet pauca, frigiditate

MICHELA PEREIRA \*

## Nota su Bonaventura da Iseo e le acque medicinali \*\*

### Bonaventura da Iseo on medical waters. A short remark.

**Summary** – The presence of a large section on alchemical and medical distilled waters in the *Liber Compostille* links Bonaventura da Iseo to the tradition of distilled waters flourished after the middle of the XIII century, and makes his treatise an early testimony to the new orientation of alchemical research towards pharmacology, commended by Roger Bacon.

L'intento di compilazione esaustiva del sapere alchemico che spinse Bonaventura da Iseo alla redazione del *Liber Compostille* è verosimilmente all'origine anche del suo interesse nei confronti delle 'acque', cui il primo trattato dell'opera è quasi interamente dedicato. Le acque di cui il francescano si occupa sono sia alchemiche che medicinali, e la presentazione ne è fatta nella forma essenziale del ricettario preceduto da un prologo, in due casi su tre assai breve.<sup>1</sup> Acque alchemiche e acque medicinali sono in linea di principio separate: alle prime sono dedicate le sezioni I.2.2-3 del testo, mentre le acque medicinali si trovano proprio all'inizio della seconda parte del primo libro (I.2.1) e, come ha mostrato Manola Carli, sono molto vicine sia nel prologo che nella serie di ricette ad un testo che è trascritto, a sé

\* Università di Siena.

\*\* Relazione presentata all'VIII Convegno Nazionale di «Storia e Fondamenti della Chimica» (Arezzo, 28-30 ottobre 1999).

<sup>1</sup> Il testo, finora completamente inedito, può essere ora consultato nella trascrizione dal manoscritto Riccardiano 119 effettuata da MANOLA CARLI, *Il 'Liber Compostille' di Bonaventura da Iseo. Presentazione e prima edizione dal manoscritto Firenze, Biblioteca Riccardiana L.III.13 (119)*, Tesi di laurea dattiloscritta, Università di Siena - Facoltà di Lettere e Filosofia, a.a. 1998-1999, pp. 6-8 e 11-14. Il testo sulle acque, trascritto solo parzialmente (prologhi e titoli delle ricette), si trova nel manoscritto ai ff. 143va-149rb. La forma di ricettario con prologo è comune alla letteratura ricettaristica 'para-alchemica', come la *Mappae Clavicula* e la *Schedula diversarum artium*.

stante e senza indicazione d'autore, nello stesso manoscritto Riccardiano 119 che contiene il *Liber Compostille*: il *Tractatus de secretis aquarum*.<sup>2</sup>

La presenza delle acque medicinali è accompagnata da alcuni cenni alla salute del corpo umano, elemento che si aggiunge agli altri tratti che Bonaventura ha in comune con Ruggero Bacone:<sup>3</sup> è infatti a questo grande personaggio, che appartenne come Bonaventura all'ordine francescano, che si deve il primo collegamento fra alchimia e farmacologia nel contesto latino medievale — collegamento che troverà ampio sviluppo nel secolo successivo, con la dottrina dell'elixir e con la farmacologia alchemica legata alla distillazione dell'alcol.<sup>4</sup> Con Bonaventura da Iseo siamo tuttavia ancora al di qua di questi sviluppi, poiché la sua concezione dell'alchimia è chiaramente tutta collocata all'interno del discorso della trasmutazione dei metalli, a cui è dedicata la parte più ampia e più elaborata del suo trattato.

Qual è allora il senso della presenza delle acque medicinali nel *Liber Compostille*?

L'ipotesi più probabile è che esse siano state 'attratte' dalla presenza di quelle alchemiche, con le quali condividono la tecnica della distillazione. Bonaventura è infatti uno fra i primi, se non il primo autore latino che tratta delle acque alchemiche come di una materia importante, dedicando ad esse una parte definita, consistente e non marginale del suo libro; a giudicare dalla posizione ad esse attribuita le acque vengono comunque considerate un argomento preliminare rispetto all'alchimia vera e propria, perché non fanno strettamente parte dell'opus ma vengono utilizzate in esso.<sup>5</sup> Conferma di ciò la troviamo in due testi che esemplificano lo

<sup>2</sup> M. CARLI, *Il 'Liber Compostille'*, pp. LXXXI-LXXXVII, con una tavola di confronto fra il testo di Bonaventura e il *Tractatus de secretis aquarum*, anonimo, il cui testo si trova nel manoscritto Riccardiano 119 ai ff. 63va-68vb. Allo stato attuale della ricerca non è possibile stabilire con esattezza una priorità fra i due testi, anche se alcuni dettagli dei passi corrispondenti nel *Liber Compostille* sembrano indicarne il carattere di rielaborazione rispetto al *Tractatus*.

<sup>3</sup> Cfr. la discussione delle fonti nel contributo, in questo stesso volume, di MANOLA CARLI, *Un'enciclopedia alchemica duecentesca: il Liber Compostille di Bonaventura da Iseo*, p. 46.

<sup>4</sup> Sul rapporto fra ricerca medica e alchemica in Ruggero Bacone, soprattutto in relazione alla preparazione dei farmaci e alla ricerca del farmaco della longevità, cfr. FAYE M. GETZ, *To Prolong Life and Promote Health: Baconian Alchemy and Pharmacy in the English Learned Tradition*, in *Health, Disease and Healing in Medieval Culture*, New York 1991, pp. 135-144; EADEM, *Roger Bacon and Medicine: The Paradox of the Forbidden Fruit and the Secrets of Long Life*, in JEREMIAH HACKETT (ed.), *Roger Bacon and the Sciences. Commemorative Essays*, Leiden 1997, pp. 337-364; AGOSTINO PARAVICINI BAGLIANI, *Medicina e scienze della natura alla corte dei papi nel Duecento*, Spoleto 1991, capp. 7, 9, 10; MICHELA PEREIRA, *L'oro dei filosofi. Saggio sulle idee di un alchimista del Trecento*, Spoleto 1992, cap. 2. Sull'evoluzione in senso medico-farmacologico dell'elixir cfr. MICHELA PEREIRA, *Teorie dell'elixir nell'alchimia latina medievale*, «Micrologus» 3 (1995), pp. 103-148; sul collegamento fra la ricerca baconiana della *prolongatio vitae* e l'orientamento farmacologico dell'alchimia nel Trecento, EADEM, *Un tesoro inestimabile. Elixir e prolongatio vitae nell'alchimia del Trecento*, «Micrologus» 1 (1993), pp. 161-187.

<sup>5</sup> Questa osservazione potrebbe essere confortata da un'annotazione presente nelle edizioni

*status quaestionis* dell'alchimia latina nel XIII secolo: la *Summa perfectionis magisterii* di Paolo di Taranto si limita ad utilizzare alcune acque nei processi operativi<sup>6</sup> senza trattarne *ex professo*; né una considerazione specifica è dedicata alle acque nello *Speculum Quadruplex* di Vincenzo di Beauvais, il primo enciclopedista che cerca di dare conto dell'insieme del sapere alchemico.

Nell'alchimia islamica, di 'acque acute' avevano parlato principalmente Razi e Jabir, senza peraltro trattarne sistematicamente.<sup>7</sup> Un'ampia riflessione sulle acque alchemiche era stata invece sviluppata nel *De perfecto magisterio* o *Lumen luminum*,<sup>8</sup> che è una delle fonti identificate del *Liber Compostille*. Se ne può concludere

Manget (p. 642) e Zetzner (pp. 105-106) ma non nel testo del ms. Paris BN lat. 6514 del *De perfecto magisterio* pseudoaristotelico (cfr. sotto, nota 8): «Cum igitur sales et alumina praeparata et aquae penetrantes et serenantes ex eis compositae secundum huius artis complexionem ultima reperiantur, secundum tamen actionem eiusdem prima existunt, utpote quia sunt radix et fundamentum omnium purgandorum, ideo ab eis tertiam, quam de huius artis practica instituiam, exorcior rationem». Sul rapporto fra *Liber Compostille* e *De perfecto magisterio* cfr. M. CARLI, *Un'enciclopedia alchemica*, p. 52-53.

<sup>6</sup> Cfr. WILLIAM R. NEWMAN, *The Summa Perfectionis of Pseudo Geber. A Critical Edition with Introduction, Translation and Study*, Leiden 1990. In mineralogia: «aqua viva, quam et siccam aquam nominari concedimus» è insieme allo «spiritus fetens» «principia in opere nature» p. 321; «aqua viscosa in visceribus terre» è detto l'argento vivo, p. 333; «aqua mineralis» è una sostanza che 'lava' l'oro nella sua formazione sotto terra, p. 337. Nella distillazione: di una «aqua pura», «aqua bis distillata» si parla nel cap. 46, *Sermo in distillatione*, pp. 408 ss; e ancora alla distillazione si riferisce la «albissima et serenissima aqua» estrata «ex rubicundissimo oleo», p. 411. Nell'opus: «aluminum aut salium aqua» è utilizzata nella preparazione di metalli calcinati (in particolare stagno e piombo), p. 526, cfr. nota 130 p. 744; ancora, nel capitolo 88, *Sermo particularis in extinctione*, ci si riferisce alla correzione di un procedimento il cui risultato non è quello voluto, mediante la ripetuta immersione «in aquis ex salium aut aluminum cuiuscunque generis administratione creatis»; «cum aquarum acumine dissolvente» si tratta il composto predisposto per ottenere «medicinas rubificantes lunam ex primo ordine», cap. 76, p. 562; e ancora lo si dissolve «in aquam rubicundissimam cui non est par», p. 564, cfr. nota 138 p. 758. Nelle note alla traduzione inglese del testo Newman propone una traduzione chimica dei processi che coinvolgono le acque. Secondo ROBERT MULTHAUF, *The Origins of Chemistry*, London 1966, p. 172 «substantial references to the mineral acids occur in his [i.e., ps. Geber] writings», ma non c'è ancora una trattazione completa di essi.

<sup>7</sup> R. MULTHAUF, *The Origins*, pp. 140-141.

<sup>8</sup> DILWYN KNOX - CHARLES B. SCHMITT, *Pseudo Aristoteles Latinus*, London 1983, n° 58; R. MULTHAUF, *The Origins*, pp. 163-164; cfr. in particolare la nota 54, p. 164. Multhauf ritiene che l'importanza delle acque nel *De perfecto magisterio* sia il motivo del suo successo presso gli alchimisti posteriori, e in particolare presso i latini che svilupperanno questo tema in relazione particolarmente alla dottrina dell'elixir. All'interno della versione del testo stampata in JEAN JACQUES MANGET ed., *Bibliotheca Chemica Curiosa*, I, 638-658 (uguale a *Theatrum Chemicum* vol. 3, pp. 76-127), si trova una sezione intitolata *Liber duodecim aquarum ex libro Emanuel*. Le prime otto delle dodici acque hanno come ingredienti *alumen*, *vitriolum*, sale o sale armoniaco; le ultime quattro sono fatte con sostanze di origine vegetale (ma tutte hanno un uso alchemico, non medico). Si deve ricordare che due testi dallo stesso titolo di *Lumen luminum* sono conservati nel manoscritto Paris, BN lat. 6514: di esse è il secondo, ai ff. 120v-125r, quello che corrisponde al *De perfecto magisterio*

che Bonaventura abbia fatto delle sostanze che oggi indichiamo come 'acidi minerali' un capitolo a sé stante dell'alchimia proprio stimolato da questa fonte.<sup>9</sup>

Fra le acque alchemiche contenute nel *De perfectio magisterio* ve n'è una denominata *aqua vitae*:<sup>10</sup> lasciando ad altri, o ad altra occasione un approfondimento del

stampato in Manget e Zetzner, per quanto il testo a stampa presenti spostamenti e aggiunte soprattutto rilevanti nella terza parte, quella dedicata alla pratica alchemica e contenente le ricette, fra cui quelle delle acque. Il primo *Lumen luminum*, ff. 113r-120v (cfr. KNOX-SCHMITT, *Pseudo Aristoteles Latinus*, n° 56), è un testo molto diverso nella struttura, ma anch'esso presenta come prodotto principale dell'opus una sostanza caratterizzata da grande luminosità e infiammabilità che però, a differenza che nel *De perfectio magisterio*, non è chiamata *aqua vitae* (cfr. sotto, nota 10). Esiste almeno un terzo trattato con lo stesso titolo, *Lumen luminum*, il cui incipit è diverso da quello di entrambi i testi conservati in Paris Bn lat. 6514: si tratta del testo che inizia 'Cum rimarer' e che è conservato nel ms. Riccardiano 119, ff. 35vb-37va e edito nel 1897 da JAMES WOOD BROWN, *An Enquiry into the Life and Legend of Michael Scot*, Edinburgh 1897, App. III.

<sup>9</sup> Secondo Multhauf, la trattazione a sé degli acidi minerali è uno dei tratti originali dell'alchimia latina, che comincia ad emergere nei testi del XIV secolo (*The Origins*, pp. 194-197, con questa conclusione: «Thus the fourteenth century Latin alchemist seems to have fully sensed for the first time the potentialities of the mineral acids, at the expense of much which had been brought to light by the 'practical' alchemists of the twelfth and thirteenth centuries»). Cfr. anche ROBERT HALLEUX, *The Reception of Arabic Alchemy in the West*, in ROSHID RASHED (ed.), *Encyclopedia of the History of Arabic Science*, London 1996, III, pp. 886-902: p. 897: «The distillation device was introduced in the twelfth century, through both alchemic and medical translations, but its two main applications, the water of life and mineral acids, seem to be European innovations». Halleux ha alcune interessanti annotazioni anche a proposito del *De perfectio magisterio* (pp. 892, 894).

<sup>10</sup> *Liber de perfectio magisterio*, ed. MANGET, I, cit. (= *Lumen luminum*, ms. 6514 ff. 120v-125r). Alla p. 649: «Aquaе vitae simplicis praeeparatio - Occulti lapidis albi elixati quantum vis accipere, et contere fortiter donec fiat sicut medulla, et fermentari per diem et noctem illam dimitte, et tunc pone in vase destillationis bene sigillato, et destilla, aqua aqua et cinere mediante, et aquam distillatam mitte super faeces suas, et destilla iterum, et si fac ter: in pluribus libris non praecipitur ut ponatur super faeces suas, sed quod bis distilletur solum, et erit factum: et tunc destillabitur aqua alba ut lac, quam usui reserva». Alla p. 658: «Compositio aquae vitae simplicis, et rectificatio eiusdem - Occulti igitur lapidis albi recentis quantum vis assume, quem subtiliter commiscebis in vitreata scutella et commolies sine omni re alia, ibique fermentari per diem et noctem dimitte; deinde in vase vitreo bene sigillato, ut non respiret ad humandum per 21 dies pones, ita quod singulis hebdomadis renovetur fimus. Completo itaque hoc numero pone de lapide lib. semis in aludel vitreo, alembic supposito cum suo recipiente bene sigillato cum luto magisterii ut non respiret, et pone aludel super laterem (potius larem) praeeparatum cum suis vasis aqua et cinere mediante, ut scis, et fac a principio ignem levem per tres horas. Postea vigoretur ignis paulatim usque dum tota aqua eius candida destilletur. Hanc autem aquam vocaverunt Philosophi Sal armoniacum, argentum vivum, lac virginis, aquam vitae, et aquam penetrantem et serenantem, ac domum illuminantem. Haec enim aqua candelas accendit, et omnes obscuritates fugat a domo in qua rectificata fuerit ...». Cfr. Paris, Bibliothèque Nationale, lat. 6514, ff. 123rb (Incipit et capitulum de lapide occulto et eius preparatione et de compositione elixir - ... Hanc autem aquam vocaverunt philosophi [et *espunto*] salem ar<sup>^</sup> [*forse atincar*], argentum vivum, lac virginis et aquam vite et aquam penetrantem et se serenantem et domum iluminantem et ibi candelas ascende [*sic*] et omnem obscuritatem fugantem de domo ...) e 124ra (Preparacio aque vite simpliciter - Accipe occulti ----- quantum volueris et tere fortiter donec fiat sicut medulla et



confronto fra Bonaventura e la sua fonte sulla problematica delle acque alchemiche, vorrei far rilevare come proprio la presenza, fra esse, di un'acqua chiamata *aqua vitae* poté costituire un altro potente stimolo ad operare l'accostamento fra acque alchemiche e acque medicinali.

Poco dopo la metà del Duecento, in ambienti medici vicini agli ordini mendicanti,<sup>11</sup> si stava infatti affacciando l'idea di un farmaco prodotto attraverso la distillazione del vino da solo o combinato con erbe profumate o con spezie (comunque senza l'aggiunta di sostanze minerali), ed i cui molteplici usi ne facevano quasi una panacea. Tale farmaco venne denominato da alcuni *aqua vitae*, da altri *aqua ardens*, con un nome cioè che nel XII secolo era stato utilizzato per indicare un distillato di vino con l'aggiunta di zolfo ed eventualmente di tartaro, e che era presente sia in trattati farmacologici che alchemici, con indicazioni d'uso diverse.<sup>12</sup>

L'elemento tecnico che aveva permesso il passaggio dalla distillazione dell'*aqua ardens* primitiva al distillato di solo vino era stato l'introduzione del tubo a serpentina:<sup>13</sup> ebbene, questo dispositivo lo troviamo esplicitamente nominato nella ricetta dell'*aqua vitae* di Bonaventura<sup>14</sup> così come in quella del *Tractatus de secretis aqua-*

dimitte fermentari per diem et noctem et postea mitte in vas<se> distillationis et distilla cum aqua et ea mediante donec abeas aquam albam ut lac.). Nella *Turba philosophorum*, l'acqua intesa come matrice di tutte le realtà materiali dalle quali può essere estratta alchemicamente è denominata fra l'altro proprio *aqua vitae* (JULIUS RUSKA, *Turba philosophorum*, sermo XXI, p. 130; cfr. il contributo di chi scrive agli atti del precedente congresso di Storia della chimica: MICHELA PEREIRA, *L'origine dell'idea di quinta essenza nell'alchimia medievale*, in *Atti del VII Convegno Nazionale di Storia e Fondamenti della Chimica*, Roma 1997, pp. 71-81).

<sup>11</sup> I primi autori cui si deve una trattazione specifica dell'acqua distillata per uso medico sono: 1266 ca.: TEODORICO BORGOGNONI DA CERVIA, domenicano, *Libellus secretorum (De aqua vitae)*; ante 1268: BONAVENTURA DA ISEO, francescano, *Liber Compostille*; 1280 ca. TADDEO ALDEROTTI, insegna nello studio francescano di Firenze, *Consilia*; 1300 ca. VITALE DA FURNO, francescano, *Pro conservanda sanitate*; post 1300 attr. a RAIMONDO LULLO, francescano, *Ars operativa medica*; senza data: Anonimo, *Tractatus de secretis aquarum*; senza data: attr. a RAIMONDO GAUFREDI, francescano, *De virtutibus aque vite*.

<sup>12</sup> C. ANN WILSON, *Philosophers, Iösis and the Water of Life*, Leeds 1984, pp. 61-62, 67-68, 81-84. V. anche F.S. TAYLOR, *The Idea of Quintessence*, in E. ASHWORTH UNDERWOOD (ed.), *Science, Medicine and History. Essays in Honour of Charles Singer*, Oxford - London - New York 1953, pp. 247-265.

<sup>13</sup> GUEI D. LU - DOROTHY NEEDHAM - JOSEPH NEEDHAM, *The coming of the ardent water*, «Ambix» 19 (1972), pp. 69-112: 69-71.

<sup>14</sup> BONAVENTURA DA ISEO, *Liber Compostille*, Ms. Firenze, Biblioteca Riccardiana 119, f. 145ra: «Aqua vite quando [scil. quomodo, cfr. indice] fit equales [scil. et quales, cfr. indice] habeat virtutes. Recipe vinum rubeum seu nigrum quanto plus poterit inveniri et melius in odore et sapore [et] ipsum distilla cum alludelo serpentario. Nam prima distillatio est bona, secunda utilior, et sic usque ad 5 vices vel 7 vel 10 ad plus. Et si in ea ponatur pulvis aliquarum specierum trahit virtutem et odorem ad se, et ita de herbis inolentibus, in spatio 3 hore. Et si de tali aqua ponatur in vino corrupto et bene moveatur per totum et satis ipsum corruptum reparatur. Item si aqua vite bibatur temperate red[d]it bonum anhelitum, purgat pectus, sanat stomachum et ipsum calefacit, confortat omnes virtutes spirituales [f. 145rb] conservat memoriam, desiccatur lacrimas oculorum, aptat palpe-

*rum*, il cui testo scorre strettamente parallelo a quello del francescano.<sup>15</sup> Poiché il *Liber Compostille* dovrebbe essere stato composto negli anni '60,<sup>16</sup> Bonaventura sembra essere uno fra i primi autori ad utilizzare il termine di *aqua vitae* per indicare il distillato di solo vino, esplicitandone inoltre i numerosi usi farmacologici.<sup>17</sup>

bras cu'satas [?], prurimum tollit de carne, dolorem dentis ex gutta frigida, emendat omnes res. In linis si ponatur, in igne videtur ardere et ardet sine lesione ut capilli, panni, infula, cutellus. Si in ea ponatur ovum galline coquitur ad duriciem. Si de tali aqua ponantur due partes in vinum bene acetosum [*lacuna*; cfr. *Tractatus de secretis aquarum*, alla nota seguente]. Venenum frigidum assumptum nervos infrigidatos membri calefacit. Gutte ex frigida causa subvenit ut manu[m], pedi[s] etc. Disenteriam, linteriam, cancrum et fistulam que dicitur noli-me-tangere, scabiem curat vehementer, ydropisim curat bibita 4 c- in die, scilicet mane, tertia, nona, vespers sine [?]. Carnem coctam et piscem in ea positum non permittit putrefacere. Calefacit matricem infrigidatam. Consolidat vulnera. Explicit prima pars operis et tractatus aquarum medicinalium».

<sup>15</sup> *Tractatus de secretis aquarum*, Ms. Riccardiano 119, f. 65ra: «Aqua vite sic fit. Recipe vinum nigerimum melius et potentius quam poteris inveniri [*sic*], distilla cum alludello serpente et vasis nasis sicut superius dictum est. Distillabis [*sic*] enim aqua vite nobilis non modicum virtuosa. Aqua prima distillata post primum vaporem potentissima est et subsequentibus multo pretiosior et melior. Si enim liniantur ex ea panni vel capilli et imponatur ignis, infla[mma]tur et ardet absque combustione et lesione subiecti. Si ponatur in ea ovum decoquitur et induratur absque igne. Si ponatur [*sic*] in ea species vel herbe odorifere omni [*sic*] virtutes odores et sapes eorum ad se trahit ipsa hora. Si de aqua predicta ponatur in vegete ubi est vinum corruptum et moveatur per totum sicut convenit fieri quando vinum reparatur reparat ipsum. Idem facit de acetoso. Venenum frigidum curat. Si bibatur facit bonum anhelitum, purgat pectus, stomachum sanat. Confortat omnes virtutes animales et specialiter memoriam. Telam, albuginem, cataractam et ceteras infirmitates oculorum ex frigida causa quando recentes sunt collirium [f. 65rb] apta curare, oculos etiam lacrimosos et palpebras inversas. Si dolor dentis fuerit ex fleumate vel verme, removet ipsum. Nervos contractos sanat. Omnem guttam de frigida causa subvenit, idisenteriam et linteriam sanat. Cancrum, fistulam, noli-me-tangere et omnes huiusmodi passiones curat. Quartanarios». Il testo si interrompe bruscamente, e sul margine c'è l'annotazione: deficit.

<sup>16</sup> Di opinione leggermente diversa è PAOLO MARANGON (*Alle origini dell'aristotelismo padovano*, Padova 1977, pp. 88-98): inizialmente dubbioso sull'attribuzione del *Liber Compostille* a Bonaventura, di fronte alla compatta testimonianza dei manoscritti propone quantomeno di spostarne la composizione agli ultimi anni della vita del francescano, morto sicuramente dopo il 1273. Ma lo spostamento di date è comunque modesto. Ringrazio Chiara Crisciani per avermi segnalato questo studio.

<sup>17</sup> La prima e più ampia sistemazione del materiale relativo all'*aqua vitae* rimarrebbe comunque quella di Teodorico Borgognoni da Cervia, almeno stando all'attribuzione unanimemente accettata del trattato contenuto nel manoscritto London, British Museum, Additional 25031 (XIII sec.). Il testo risalirebbe al 1266 secondo C.A. WILSON, *Philosophers*, p. 84 (la data concorda con tutte le notizie relative alla biografia di Borgognoni: cfr. LUDWIG KARL, *Théodoric de l'ordre des prêchours et sa chirurgie*, «Bulletin de la Société Française d'Histoire de la Médecine» 23, 1929, pp. 140-183; *Theodoric der Katalane und seine Chirurgie*, «Zeitschrift f. Romanische Philologie» 49, 1929, pp. 236-72). Pur essendo così precoce, il trattatello sulle acque dichiara di mettere insieme notizie provenienti da fonti precedenti (cfr. l'explicit, citato sotto, nota 26) e, oltre a presentare una sintetica descrizione dei tre tipi di *aqua vitae* (*simplex*: fatta di solo vino distillato; *composita*: vino distillato con erbe medicinali; *perfectissima*: vino distillato con spezie orientali) contiene un interessante dettaglio circa gli apparecchi da distillazione («Nota quod una distillatio

È difficile a questo punto stabilire se i cenni alla salute del corpo umano presenti nel *Liber Compostille*, cui ho già fatto riferimento in precedenza, siano il fattore che ha determinato l'accostamento fra acque alchemiche e acque medicinali, o se invece non sia stato questo accostamento a introdurre il tema della salute umana in un trattato che in linea di principio doveva essere solo ed esclusivamente dedicato all'alchimia intesa in senso metallurgico. C'è da rilevare comunque che questi cenni, contenuti ma molto espliciti, si trovano in tutti e tre i prologhi che precedono le tre diverse raccolte di ricette di acque, e non solo nel primo, *Humana natura non minus*, che introduce le acque da Bonaventura stesso classificate come 'medicinali'.

Analizziamo dunque questi passi. Nel primo<sup>18</sup> si deve notare che le acque medicinali sono chiaramente altra cosa da quelle *phisicales*,<sup>19</sup> ma che entrambe sono considerate sotto la categoria della *utilitas*: l'umanità ha bisogno di entrambe. Bonaventura sottolinea la propria decisione di trattarne nel suo libro *pro bonis*: verificare chi siano questi 'buoni' (che non compaiono nel prologo parallelo del *Tractatus de secretis aquarum*<sup>20</sup>) aprirebbe probabilmente una prospettiva interessante sulla diffusione dell'alchimia nell'ambiente francescano, e non si può non pensare agli sviluppi che la farmacologia alchemica avrebbe avuto nel Trecento, con l'attribuzione al distillato di vino del nome di 'quintessenza', operata da Giovanni da Rupescissa, e con la sua diffusione come farmaco miracoloso in ambienti medici e fra gli spirituali.<sup>21</sup> Infine, va rilevato che è esattamente in questo contesto che ven-

facta in vase cum capite valet plus et purior est tribus distillationibus factis in vase serpentino»: f. 26r; la trascrizione del testo del ms. Additional 25031 è stata effettuata per me da Cecilia Panti, che ringrazio vivamente) e offre una disamina assai ampia degli usi farmacologici del preparato.

<sup>18</sup> BONAVENTURA DA ISEO, *Liber Compostille*, Ms. Firenze, Biblioteca Riccardiana 119, f. 143va (trascrizione: M. CARLI, *Il 'Liber Compostille'*, p. 11): «Humana natura non [minus] indiget aquis phisicalibus quam de aquis medicinalibus; ideo nos quidem ... tractatum quendam mirabilem [aquarum] medicinalium in hoc libro intendimus cum multa industria naturalis sensus et pro bonis, quas qui unde composuerit et operatus fuerit dicetur bonus medicus et non solum bonum medicus sed medicinarum et virtutum mirabilium operator et experimentator similiter et propheta bonus».

<sup>19</sup> Sull'utilizzazione dei due termini nella letteratura medica medievale cfr. JAMES BYLEBYL, *The Medical Meaning of Physica*, «Osiris» 2<sup>nd</sup> Series 6 (1990=*Renaissance Medical Learning, The Evolution of a Tradition*), pp. 16-41. Ringrazio Chiara Crisciani per aver richiamato la mia attenzione su questo contributo.

<sup>20</sup> Cfr. M. CARLI, *Il 'Liber Compostille'*, p. LXXXII.

<sup>21</sup> Sulle caratteristiche dell'alchimia francescana cfr. CHIARA CRISCIANI, *Note sull'alchimia francescana nel secolo XIII* in *Atti XXV Congresso Nazionale di Filosofia*, Roma 1980, pp. 214-220. Su Giovanni da Rupescissa, francescano spirituale e autore del *Liber de consideratione quintae essentiae*, scritto «per i poveri evangelici», affinché possano soccorrere i confratelli e il popolo cristiano nelle tribolazioni, v. ROBERT HALLEUX, *Les ouvrages alchimiques de Jean de Rupescissa*, in *Histoire Littéraire de la France*, vol. XLI, Paris 1981. Sull'uso medico della quintessenza alchemica v. CHIARA CRISCIANI - MICHELA PEREIRA, *Black Death and Golden Remedies. Some Remarks on Alchemy and the Plague*, in AGOSTINO PARAVICINI BAGLIANI - FRANCESCO SANTI (eds.), *The Regu-*

gono utilizzati i termini di *experimentator* e *propheta* per indicare l'alchimista, o meglio colui che si dedica alla composizione delle acque. Il primo nome richiama di nuovo Bacone, che in più luoghi distingue l'*experimentator* dall'alchimista volgare, mentre il secondo termine rinforza la suggestione 'spirituale' già rilevata,<sup>22</sup> va sottolineato che entrambi i termini sono, come il *pro bonis* precedentemente considerato, aggiunti nel *Liber Compostille*, perché il *Tractatus de secretis aquarum* si limita a definire il preparatore delle acque *virtutum mirabilium operator*.<sup>23</sup>

Il passo che segue immediatamente quello esaminato in precedenza contiene il riconoscimento di una tradizione già esistente, caratterizzata tuttavia con termini di forte richiamo alchemico (il filosofo, la necessità di lavoro manuale e di spesa), che non sono presenti come tali nelle altre testimonianze sulle acque medicinali.<sup>24</sup> Se la datazione del *Liber Compostille* è quella unanimemente accolta (*ante* 1268), gli altri trattati d'autore dovrebbero essere posteriori o al massimo, nel caso di Teodorico Borgognoni, contemporanei.<sup>25</sup> Tuttavia già il Borgognoni — che scriveva anch'egli

*lation of Evil. Social and Cultural Attitudes to Epidemics in the Late Middle Ages*, Firenze 1998, pp. 7-39; sull'uso fattone in ambienti spirituali (i Gesuati) cfr. *ibidem*, p. 22.

<sup>22</sup> Un parallelo di ordine epistemologico fra alchimia e profezia si trova in un testo pressoché contemporaneo a quello di Bonaventura, il *Liber secretorum alchimiae* di Costantino Pisano. Cfr. B. OBRIST (ed.), *Constantine of Pisa: The Books of the Secrets of Alchemy*, Leiden 1990) p. 73: «ars alchmica est valde profunda et valde obscura ... sicut scientia in prophetis, ita etiam alchmia in philosophis».

<sup>23</sup> Questa osservazione apre un interrogativo delicato, che non può avere risposta se non a partire da un'edizione critica del *Liber Compostille*: ci si chiede, infatti, se i riferimenti baconiani e 'spirituali' *ante litteram* siano di Bonaventura, o non possano eventualmente risalire al redattore del manoscritto Riccardiano. Nel secondo caso le differenze sottolineate rispetto al *De secretis aquarum* non avrebbero evidentemente luogo. Poiché si conosce l'esistenza di sermoni inediti di Bonaventura, un'eventuale analisi tesa a verificare o escludere in essi la presenza di temi o termini baconiani e spirituali sarebbe anch'essa auspicabile. P. MARANGON, nello studio citato sopra (nota 16), sottolineava la presenza di temi naturalistici (ma non, a suo avviso, alchemici) nei sermoni del nostro. Occorre anche ricordare che C.A. WILSON ipotizza che l'emergere della tematica dell'*aqua ardens/aqua vitae* sia in rapporto con la sopravvivenza di testi e tematiche catari (*Philosophers*, pp. 73-76 e 81-93).

<sup>24</sup> BONAVENTURA DA ISEO, *Liber Compostille*, Ms. Firenze, Biblioteca Riccardiana 119, f. 143va (trascrizione: M. CARLI, *Il 'Liber Compostille'*, p. 11): «Dicitur ergo quod circa diversas egretudins corporum hominum diversi sunt modi medicandi et diverse sunt aque medicinales, quas ceteri philosophi cum multo labore, sudore et expensis penitus invenerunt et sunt invente».

<sup>25</sup> Occorre però, come si è già rilevato, approfondire ulteriormente l'indagine sul rapporto fra *Liber Compostille* e l'anonimo *Tractatus de secretis aquarum*. Del trattato attribuito a Raimondo Gaufredi, altro francescano considerato tradizionalmente coinvolto nella ricerca alchemica, conosco al momento solo un manoscritto del 1439: Wolfenbüttel, Herzog August Bibliothek, Hs. 3914, ff. 1-8r, Inc. Cum a principio optimo omnia consistente et debeant regulari a deo ... al f. 4r Explicit tractatus de virtutibus aque vite; al f. 8r Explicit ars operationis magistri Raymundi Gaufridi; citato da LYNN THORDIKE, *A History of Magic and Experimental Science*, New York 1964 (6a ed.), IV, p. 16 e F.S. TAYLOR, *The Idea of Quintessence*, p. 255. Se l'attribuzione fosse veritiera, il testo potrebbe comunque al massimo essere coevo di quello di Bonaventura.

a metà degli anni '60 — dichiara di aver redatto il suo trattatello sull'*aqua vitae* «raccogliendo i detti dei filosofi»,<sup>26</sup> e dunque rinvia ad una tradizione precedente, che sembra solo in parte identificabile con le ricette segnalate da C.A. Wilson.<sup>27</sup>

Nel prologo premesso da Bonaventura alla seconda raccolta di acque,<sup>28</sup> ora definite senza incertezza 'alchemiche', occorre soprattutto sottolineare che, in parallelo con un passo ben noto di Ruggero Bacone, l'utilità per il corpo umano è accostata, e anzi qui addirittura anteposta, a quella più ovviamente alchemica.<sup>29</sup>

Infine nel terzo prologo<sup>30</sup> abbiamo una classificazione articolata degli usi delle acque (acque farmacologiche vere e proprie, con un cenno alle acque termali, sulle quali Bonaventura torna nella seconda parte, nel capitolo sullo zolfo;<sup>31</sup> liquori rafforzativi per conservare la salute; acque per gli occhi;<sup>32</sup> sostanze da impiegare

<sup>26</sup> Ms. Additional 25031 (cit. sopra, nota 17), f. 27v: «Isti sunt effectus aque vite secundum dicta philosophorum quos frater Terredus de ordine predicatorum transtuli in unum» (trascr. C. Panti).

<sup>27</sup> C.A. WILSON, *Philosophers*, pp. 67-68.

<sup>28</sup> BONAVENTURA DA ISEO, *Liber Compostille*, Ms. Firenze, Biblioteca Riccardiana 119, f. 145rb (trascrizione: M. CARLI, *Il 'Liber Compostille'*, p. 13): «Expleto tractatu aquarum medicinalium sequitur videre de quibusdam aquis alchimis mirabilibus et magne virtutis ad diversa opera que non solum humano corpore sed in corporibus mineralibus mirabilia operantur et sunt multe aque».

<sup>29</sup> RUGGERO BACONE, *Opus maius*, ed. J.M. Bridges, Oxford 1897-1900, p. 215: «Nam illa medicina, quae tolleret omnes immunditias et corruptiones metalli vilioris, ut fieret argentum et aurum purissimum, aestimatur a sapientibus posse tollere corruptiones corporis humani in tantum, ut vitam per multa secula prolongaret». Ricordiamo che Bacone scriveva queste parole nel 1267, praticamente in contemporanea con la stesura da parte di Bonaventura del suo trattato alchemico.

<sup>30</sup> BONAVENTURA DA ISEO, *Liber Compostille*, Ms. Firenze, Biblioteca Riccardiana 119, f. 146va (trascrizione: M. CARLI, *Il 'Liber Compostille'*, p. 13): «Aquarum sunt multe species quarum alie sunt ad usum potus et ripi propter aliam sanitatem acquirendam removendo vitia corporis ... aut propter conservandam sanitatem ne facile vitietur ... alie sunt virtuose per ablutionem et inijectionem guttarum suarum ad certas infirmitates oculorum ... alie sunt medicinales in operibus spirituum et corporum metallorum, quarum quedam sunt valide ad album, quedam ad rubeum».

<sup>31</sup> BONAVENTURA DA ISEO, *Liber Compostille*, Ms. Firenze, Biblioteca Riccardiana 119, f. 156vb (trascrizione: M. CARLI, *Il 'Liber Compostille'*, p. 64): «ubi est multum sulphur ibidem terra ibi sunt balnee calide ut pulicanus Viterbii, balneum Porrecte in districtu Bononie, balnee Padue et cetera».

<sup>32</sup> Secondo C.A. WILSON, *Philosophers*, p. 81, le 'acque per gli occhi' sono all'origine della distillazione per uso farmacologico. Coerentemente con la sua tesi di fondo, già ricordata (sopra, nota 23), Wilson ritiene che si tratti di una letteralizzazione del tema cataro della purificazione degli occhi. Alcune significative corrispondenze con la trattatistica sull'*aqua vitae* si trovano nel *Liber de oculo* di Pietro Ispano, probabilmente scritto nella decade 1250-60, quando un magister di questo nome — fosse o no il futuro papa Giovanni XXI — insegnava arti e medicina a Siena (*Die Ophthalmologie (liber de oculo) des Petrus Hispanus*, ed. A.M. Berger, München 1899); sulla biografia v. M. HELENA DA ROCHA PEREIRA, *Obra Médicas de Pedro Hispano*, Coimbra, Acta Universitatis Conimbricensis, 1973, in particolare alle pp. 493-500 e bibliografia precedente, citata alle pp. 497-98; nessun elemento nuovo riguardo all'insegnamento senese nel recente studio di ANGEL D'ORS, *Petrus Hispanus O.P., Auctor summularum* in «Vivarium» 35, 1997, pp. 21-71, che con una dettagliata discussione nega l'identificazione di Pietro Ispano con Pietro Giuliani di Lisbona, papa Giovanni XXI. In particolare il *De oculo* distingue quattro acque per gli occhi e

nella trasmutazione dei metalli); a questa classificazione segue una annotazione sulle loro caratteristiche sensibili e una distinzione delle acque comunque definite *artificiales*, cioè prodotte in laboratorio, fra quelle composte di sostanze vegetali o animali e quelle composte di sostanze minerali. Non sembra però esservi corrispondenza fra diversità di usi e tipologia di ingredienti; questo non significa che Bonaventura ritenesse tutte le acque indifferentemente buone per tutti gli usi, ma è un segno evidente che le due tradizioni, quella farmacologica e quella alchemica, iniziano nel suo testo ad interagire e a confondersi, anche se non sono ancora connesse in quel progetto unificato e comune che, prendendo le mosse dal sogno baconiano del farmaco unico per tutti i mali, *gloria inestimabilis*,<sup>33</sup> avrebbe indicato nell'elixir, e non solo o primariamente nella trasmutazione dei metalli, il fine dell'alchimia.

Presentandosi come un ricettario 'preliminare' all'alchimia vera e propria, il primo libro del trattato di Bonaventura offre dunque agli storici una preziosa panoramica su materiali e procedure del laboratorio duecentesco in cui alchimia e nuova farmacologia cominciavano a intrecciare le loro ricerche, mostrando 'allo stato nascente' il nuovo orientamento che la ricerca alchemica avrebbe preso nella trattatistica trecentesca sull'elixir come farmaco dei corpi umani e sulla quintessenza.<sup>34</sup>

della prima, *Aqua mirabilis ad visum conservandum et contra maculas et defectum visus per vespertas*, afferma: «Et quod primum distillaverit est quasi argentum, secundario aurum, tertio balsamum» (ed. cit., p. 44), senza peraltro equiparare le tre diverse distillazioni alla tripartizione in *simplex, perfecta et perfectissima*, come sembra implicare C.A. WILSON, *Philosophers*, p. 84; inoltre Pietro non usa la denominazione di *aqua vitae* né di *aqua ardens*. Un dato alquanto singolare a proposito della denominazione *aqua vitae* si rileva invece dal *Pro sanitate conservanda* di Vitale da Furno: nel capitolo sulle acque per gli occhi (VITALE DA FURNO, *Pro conservanda sanitate*, Mainz 1531, p. 13) egli riporta l'uso di un'*aqua vitis*, o *lachryma vitis*: si tratta della linfa che esce dai rami della vite quando vengono incisi, utilizzata come collirio. Naturalmente l'acqua 'della vite' non è l'acqua 'della vita', e Vitale non usa quest'ultimo termine per l'acqua distillata, ma solo quello di *aqua ardens*; tuttavia la vicinanza fra i due termini va rilevata anche perché tornerà, con intenzione, nel trattato sulla distillazione di Michele Savonarola, ovvero in pieno XV secolo (cfr. WILSON, p. 61).

<sup>33</sup> Nell'introduzione al commento al *Secretum secretorum* pseudoaristotelico RUGGERO BACONE utilizza *gloria inestimabilis* come il vero e proprio nome della medicina che «excellit omnes medicinas in libris medicorum scriptas» (*Opera hactenus inedita*, Fac. 5, ed. R. Steele, Oxford 1920, p. 23). L'inestimabile gloria è considerata una caratteristica dell'*aqua vitae* nei *Consilia* di Taddeo Alderotti (TADDEO ALDEROTTI, *I Consilia*, a c. di G.M. Nardi, Torino 1937, p. 236 («Aqua vite alia simplex, alia composita. Simplex est, que sine alicuius rei admistione simpliciter de vino ellicitur, et dicitur anima vini, que sicut simpliciter ellicitur, absque vini vel aque admistione debet sumi. Est igitur eius gloria inestimabilis, omnium medicinarum mater et domina»); Taddeo dipende per molti aspetti da Teodorico Borgognoni, per il quale però la «aqua benefica inestimabilis virtutis mater domina omnium medicinarum» non è l'*aqua vitae simplex* ma, più logicamente, quella *perfectissima* (Ms. Additional 25031, f. 26r, trascr. C. Pantì).

<sup>34</sup> Cfr. sopra, nota 4.

## ***De Aqua Minerali di Francesco Maria Vannozzi***<sup>4</sup>

### ***De Aqua Minerali by Francesco Maria Vannozzi.***

**Summary** – In 1642 editor Mascardi published at Rome the Latin language treatise *On Mineral Water (De Aqua Minerali)* by the well-known physician Francesco Maria Vannozzi. *That flows from springs near Ascoli and it is called Salmacina*, the Author adds as a subtitle, to expand on the title of his study. This famous mineral water, called *Stinking* locally and *Salmacina* by doctors, flows from several springs above the banks of the modest Castellano river, located near the ancient Castel Trosino, about four kilometers upstream from Ascoli Piceno.

This treatise is a useful study to get an overview of the knowledge in Chemistry and Medicine that prevailed in the 17<sup>th</sup> Century Italy. In this report we have mainly concentrated on the chemical aspects of Vannozzi's work. The Author begins by defining the regular water and listing its numerous beneficial therapeutic qualities. Next, he dwells at length on the etymology of the name Salmacina going way back into history and quoting ancient researchers from Plinius and Strabo to Ovidius, the poet. From the name he proceeds to report the results of a number of experiments and analyses that he has personally performed on the Water Salmacina. In the end he compares his findings with the properties of the common water.

Being a medical man, Vannozzi concentrates most his research on the therapeutic values of the Water Salmacina. With a generous sprinkling of quotations from the ancients, like Hippocrates and Galenus, and from his contemporaries, like Cardano and Zacchia, he enumerates the miraculous curative qualities of the Salmacina on an endless list of diseases and conditions, ranging from insomnia to gallstones. He credits that fantastic power to the presence of traces of sulfur in it. We must admit that at times his immoderate pontification of this remedy gets monotonous, to say the least. Vannozzi even takes time out to upbraid a prominent colleague who dares to describe the Salmacina without even getting close to the springs.

A recent analysis of the Salmacina classifies it as medium sulfate-sulfide-calcic mineral water.

<sup>1</sup> Già docente di Storia in USA.

<sup>2</sup> Docente di Chimica presso l'ITIS «Enrico Fermi» di Ascoli Piceno.

<sup>3</sup> Già docente di Italiano presso l'ITIS «Enrico Fermi» di Ascoli Piceno.

<sup>4</sup> Relazione presentata all'VIII Convegno Nazionale di «Storia e Fondamenti della Chimica» (Arezzo, 28-30 ottobre 1999).

Nel 1642 fu edito a Roma, per i tipi dello stampatore Mascardi, il trattato in lingua latina, *De Aqua Minerali* di Francesco Maria Vannozzi. Il sottotitolo specifica l'argomento: «Quae in Piceno prope Asculum scaturit, salmacina nuncupata». Le tre lettere di prefazione di celebri medici dell'epoca: Angelo Colio da Siena, Paolo Zacchia<sup>5</sup> e Antonio Maria Rossi da Ravenna indicano il credito dell'Autore presso i docenti dell'Università di Roma. L'opera è importante per la notevole quantità di informazioni sulle conoscenze mediche e chimiche diffuse nel mondo scientifico italiano nel XVII secolo. In questa ricerca cercheremo di evidenziare principalmente le conoscenze chimiche presenti nel trattato del Vannozzi. Dopo minuziose ricerche, abbiamo concluso che non esistono studi specifici sull'Acqua Salmacina, né sul *De Aqua Minerali* e nemmeno sul suo autore.

Le notizie biografiche su Francesco Maria Vannozzi sono scarse. Panelli,<sup>6</sup> Marcucci<sup>7</sup> e Cantalamessa Carboni<sup>8</sup> lo dicono tra i nativi di Ancarani, «Terra del Contado Ascolano, Principato del Vescovo d'essa Città».<sup>9</sup> Nessuno di questi storici locali riporta la data di nascita. Nel primo libro Canonico dei nati (1575-1610) presso la Parrocchia di Santa Maria della Pace in Ancarani, compare la famiglia Vannozzi ma nulla del Nostro. Da ciò potremo concludere che sia nato prima del 1575, oppure altrove. Possiamo supporre, altresì, che abbia studiato e si sia laureato in Roma, deducendolo dalla Lettera Dedicatoria premessa al Trattato e indirizzata agli Anziani di Ascoli, in cui rammenta che fu chiamato da Roma ad esercitare la condotta. Nell'ultimo capitolo, riservato ai commenti degli esperti, il Vannozzi ci informa che suo padre, Antonio, anch'egli medico, usava portare sempre con sé una scorta di Acqua Salmacina. E non tralascia di annotare che visse più di novanta anni.

Inediti documenti ci permettono di affermare con sicurezza che il Vannozzi esercitò la condotta nella città di Ascoli: nominato il 18 luglio 1638,<sup>10</sup> con lo stipendio trimestrale<sup>11</sup> di 62 scudi e 50 soldi, e confermato l'anno successi-

<sup>5</sup> PAOLO ZACCHIA (Roma 1584-1659). Professore nell'Ateneo Romano, considerato uno dei fondatori della medicina legale. Citato anche dal Manzoni nel Cap. XXXII dei *Promessi Sposi*.

<sup>6</sup> GIOVANNI PANELLI, *Memorie degli uomini illustri e chiari in medicina del Piceno o sia della Marca di Ancona*, Ascoli MDCCCLVIII.

<sup>7</sup> FRANCESCO ANTONIO MARCUCCI, *Saggio delle cose ascolane e de' vescovi di Ascoli nel Piceno dalla fondazione della città fino al corrente secolo decimottavo e precisamente all'anno mille settecento sessantasei dell'Era volgare pubblicato da un abate ascolano*, Teramo 1766.

<sup>8</sup> GIACINTO CANTALAMESSA CARBONI, *Memorie intorno i letterati e gli artisti Ascolani*, Ascoli MDCCCXXX.

<sup>9</sup> GIOVANNI PANELLI, opera citata.

<sup>10</sup> Archivio di Stato di Ascoli Piceno, Archivio Storico del Comune di Ascoli (in seguito ASCA). Consilia 18 luglio 1638, Volume 96, carta 3r. «Si eleggano due medici per un anno in servizio del nostro publico delli più qualificati che vi concorrono con li soliti emolumenti e pesi e fatta la ballottazione de' tutti i suddetti concorrenti fu eletto il signor medico Francesco Maria Vannozzi e il signor Giacomo Bruni de Colonella. L'uno e l'altro per voti favorevoli 37 non ostante 12 in contrario».

<sup>11</sup> Archivio di Stato di Ascoli Piceno, ASCA, *Entritus et exitus* - Volume 253 settembre, ottobre 1638 e Volume 253 gennaio, febbraio 1639.



vo.<sup>12</sup> La documentazione disponibile riprende nel 1645<sup>13</sup> con l'ennesima conferma deliberata addirittura dal Consiglio Generale. L'ultima riconferma è del 26 maggio 1647, cui fa seguito un documento, del 4 dicembre del 1647,<sup>14</sup> dove è riportata la nomina del medico Febbei «... Per la morte del nostro medico Vannozi ...».<sup>15</sup> Dato che non esistono altre fonti, questa notizia è fondamentale per stabilire l'anno e forse il mese della sua morte.

Conosciamo tre copie del *De Aqua Minerali*, una delle quali è conservata nella Biblioteca Comunale di Ascoli, un'altra nella Biblioteca del Seminario Vescovile e la terza di proprietà del Barone De Angelis Corvi su cui, per sua gentilezza, abbiamo effettuata la ricerca.

Il *De Aqua Minerali* è un trattato che certamente non è da annoverare tra i capolavori della prosa scientifica del XVII secolo. La scelta del latino, in luogo del volgare, denota la lontananza culturale dell'autore dai suoi contemporanei. Egli impiega 244 pagine, appesantite da sovrabbondanti citazioni, per magnificare le virtù dell'Acqua Salmacina. Inoltre ricorrono, nel testo, mitologia, superstizione e credenze religiose, anche se Vannozi tiene a precisare che ha: «L'abitudine di prestare orecchio a testimonianze oculari più che alla fede».<sup>16</sup>

Lo spirito scientifico che anima Francesco Maria Vannozi, tuttavia, è minuzioso, diligente e scrupoloso nella ricerca delle fonti. È al corrente degli studi dei suoi contemporanei e mostra completa fiducia nella verità che scaturisce dall'osservazione e dall'esperienza. La sua scienza, però, è minata dai pregiudizi sui benefici dell'Acqua Salmacina e dalla sudditanza alla tradizione antica: Ippocrate, Galeno e Celso sono i suoi costanti punti di riferimento.

Il quinto capitolo è dedicato allo studio dell'etimologia della parola Salmacina. Inizia la ricerca con le «Aquae Salmacidae» in Plinio,<sup>17</sup> che racconta come i viag-

<sup>12</sup> Archivio di Stato di Ascoli Piceno, ASCA. Consilia 27 maggio 1639, Volume 96, carta 34v. «Si rifermino amendue li nostri signori Medici per un'altro anno con li soliti pesi emolumenti. Havendo l'uno e l'altro dato tanto buon saggio nell'ottimo lor servigioio. Signor Giacomo Bruni ottenuti per 47 voti favorevoli 3 contra. Signor Francesco Maria Vannozi 11 contrari».

<sup>13</sup> Archivio di Stato di Ascoli Piceno, ASCA. Consilia, 25 giugno 1645, Volume 97, carta 80r. «Si ratifichi da questo almo e generoso consiglio (Consiglio Generale) la riferma data all'illustrissimo Consiglio dei Cento al signor Medico Francesco Maria Vannozi per un anno con li soliti pesi et emolumenti essendo alle SS.VV molto ben noto il suo talento. Obtentum centum quatuordecim favorabilia - tredecim contraria non obtantibus».

<sup>14</sup> Archivio di Stato di Ascoli Piceno, ASCA. Consilia, Die 26 mensis may 1647, Volume 97, carta 164r. «Che sia rifermato il signor Francesco Maria Vannozi nostro medico per un'altro anno con li soliti pesi et emolumenti per l'esperienza che per molti anni si tiene della sua persona e ottenendosi bada al più al generale. Obtentum suffragia 44».

<sup>15</sup> Archivio di Stato di Ascoli Piceno, ASCA. Consilia, Volume 97, carta 184v. «Die quarta mensis Decembrj 1647. Per la morte del nostro medico Vannozi s'ammetti all'esercizio della condotta per modum ... il signor medico Francesco Febbei con la provvigione solita pro rata e con li soliti pesi, derogandosi alla riformanza per essere egli ascritto nel Cartine».

<sup>16</sup> «... aures potius, quam sidem adhibere soleo», *De Aqua Minerali*, Cap VII, p. 56.

<sup>17</sup> PLINIO, *Storia Naturale*, Libro 31, Cap. 22.

giatori che attraversavano il deserto in cerca del Mar Rosso le rendevano potabili, in due ore, per «Addita polenta», la quale tuttavia rimaneva commestibile. Da Strabone<sup>18</sup> riprende l'esistenza di una celeberrima fonte Salmace in Caria; inoltre cita dalle *Metamorfosi* di Ovidio: «Chi non ha udito raccontare della funesta sorgente salmacide?»,<sup>19</sup> che a suo dire effeminava gli uomini, ma il Vannozi assicura i suoi lettori che nulla di ciò poteva accadere a quelli che bevevano l'Aqua Salmacina di Castel Trosino.

Vannozi, comunque, respinge la derivazione da salmacida, accettata anche da Bacci,<sup>20</sup> perché la nostra acqua, egli dice: «Non è acida, nè salsa nè sa di salsedine». <sup>21</sup> E conclude che il termine Salmacina derivi da Solo-Macina, dato che scaturiva in abbondanza nelle vicinanze di un mulino. Confessiamo che l'ipotesi del Vannozi ci sembrava, a dir poco, forzata. Successivamente abbiamo rintracciato documenti che rendono l'ipotesi «solo-macina» degna di considerazione. Due rogiti di affitto di molini, uno situato in contrada «... Ubi dicitur delaqua salmacina iuxta flumen Castellanium»<sup>22</sup> e l'altro sempre nei pressi del torrente Castellano, in contrada Casa del mulino, «A pede aquas salmacinas»,<sup>23</sup> ci confermano che la sorgente fosse vicino ad un mulino. Nel 1570 tre maestri muratori lombardi stipularono un contratto per una «Forma» del mulino della Chiesa di San Lorenzo, lungo il torrente Castellano, «... La quale forma debba intrare nel canale dove nasce l'acqua della salmacina». <sup>24</sup> Da questo documento sembrerebbe che la sorgente alimentasse anche il mulino. L'ipotesi del Vannozi, in ogni caso, non ci convince ugualmente, essendo per noi più probabile la derivazione di Salmacina dalla corruzione della parola Salmacida (salsa e acida).

Il documento più antico da noi rinvenuto che attesta l'esistenza della sorgente di Acqua Salmacina, nei luoghi citati dal Vannozi, è del 1481. Un certo Battista di Giovanni di Cauzzo, aromatarium (farmacista), vende un pezzo di terra in contrada «... Ubi dicitur ... ovvero laqua qual se beve del salmacene ...». <sup>25</sup> Esiste anche un documento più antico nel catasto del 1381 di Ripaberarda, una ventina di chilometri da Castel Trosino, che indica un toponimo «Contrata salmacene».

In tempo di magra l'Acqua Salmacina ammontava a metà della portata totale del Castellano, tingendolo di un colore verdognolo, tanto da indurre gli ascolani a chiamarlo il Verde. E con questo nome è citato due volte da Dante nella *Divina Commedia*. L'Acqua Salmacina, localmente chiamata «Acqua Puzza», a causa del

<sup>18</sup> STRABONE, *Geografia*, Libro 14.

<sup>19</sup> PUBLIO OVIDIO NASONE, *Metamorfosi*, Libro XV, 319.

<sup>20</sup> BACCI ANDREA (S. Elpidio a Mare 1524 - Roma (forse) 1603), *De Terme*, Libro 5, Cap. IV.

<sup>21</sup> «... nec salsa, nec acida fit, nec ex salsedine ...», *De Aqua Minerali*, Cap. V, p. 36.

<sup>22</sup> Atti del Notaio Lodovico di Ser Cecchino. Vol. 363, carta 127, 20 maggio 1524.

<sup>23</sup> Atti del Notaio Antonelli Ascanio. Vol. 1489, carta 80r, 21 febbraio 1579.

<sup>24</sup> Atti del Notaio Ferruzzi Bartolomeo. Vol. 882, carta 385, venerdì 11 agosto 1570.

<sup>25</sup> Atti del Notaio Bernardino Colasanti Sanctutii. Vol. 120, carta 104r, 26 febbraio 1481.

forte odore di uova marce, sgorgava da due fontane dentro le mura di Ascoli. Vannozzi riporta il racconto di Celsio Saccoccio<sup>26</sup> che afferma di aver visto gallerie, frammenti di «fistulae» plumbee e rovine di un acquedotto di epoca romana. L'esistenza di questi resti è confermata dallo storico Andreantonelli.<sup>27</sup> Quanto fosse nota e apprezzata l'Acqua Salmacina dai Romani è attestato dalla guarigione del Console Gneo Planco, che giunse ad affermare: «Gentem asculanam incognitam morti».<sup>28</sup> Qui il Vannozzi commette un lapsus calami: attribuisce la notizia allo storico Livio, quando invece è ripresa da Marsilio Padovano.<sup>29</sup>

La negligenza degli uomini e le calamità naturali contribuirono al deterioramento dell'acquedotto. Sta di fatto che nel XVII secolo per bere l'Acqua Salmacina si doveva andare alla sorgente, situata sulle rive del torrente Castellano, nelle vicinanze di Castel Trosino, a pochi chilometri da Ascoli Piceno.

Il Vannozzi trascrive la testimonianza orale di vecchi che ricordano che lungo l'argine del torrente esistevano alcune case con letti per gli ammalati. Prima ancora, nel XIV secolo, Lina Martelleschi fece costruire in Contrada Salmacina o Acqua Puzza l'ospedale di San Giorgio per lebbrosi. Più tardi l'ospedale fu convertito in convento.<sup>30</sup> Queste testimonianze trovarono conferma agli inizi di questo secolo, quando furono scoperte sulla riva sinistra del Castellano le fondazioni di un grande edificio con una stanza, in cui era facilmente riconoscibile il tepidarium.<sup>31</sup> Inoltre recenti studi archeologici hanno riportato alla luce elementi consistenti del sopraccennato acquedotto romano.<sup>32</sup>

Da un documento del 1518 si evince che era già sviluppato nella città di Ascoli un considerevole commercio di Acqua Salmacina, tanto fiorente, che fu necessario ricorrere a divieti contro la contraffazione. E, infatti, si ordina che si facciano pubblici annunci per la Città e l'intero Comitato contro coloro «... Contrafacientes salucam et vendentes».<sup>33</sup> Al tempo del Vannozzi, un secolo dopo, ritroviamo la medesima situazione. Citiamo dalle Riformanze: «Vedendosi che quelli che portano nella nostra città l'Acqua Salmacina per lo più la falsificano in prenderne d'altra qualità che della propria; onde per rimediare ciò sono di parere che siano obbligati quelli che condurranno l'acqua in città nella fontana antica della medesima, sotto il Convento di San Giorgio, di condurla dalla parte di Rocca Pia o di Porta Romana sotto pena alli contravventori di scudi tre per cisheduno e ciascheduna volta da

<sup>26</sup> Nobile Ascolano, architetto civile e militare contemporaneo del Vannozzi.

<sup>27</sup> SEBASTIANO ANDREANTONELLI, *Historiae Asculanae*, MDCLXXIII. Ristampa fotomeccanica, Bologna, Forni Editore, 1968.

<sup>28</sup> *De Aqua Minerali*, Cap. IV, p. 31.

<sup>29</sup> DE MINICIS, *Numismatica Ascolana*, 1883, pp. 8 e 37.

<sup>30</sup> GIULIO GABRIELLI, «Eco del Tronto», 18 luglio 1870, anno VIII, n° 29.

<sup>31</sup> GIUSEPPE FABIANI, «Nuovo Piceno», 1949, n° 10.

<sup>32</sup> MARINELLA PASQUINUCCI, UMBERTO LAFFI, *Asculum I*, Giardini Editori e Stampatori in Pisa, 1975.

<sup>33</sup> Archivio di Stato di Ascoli Piceno ASCA. Riformanze del 7 febbraio 1518, Vol. 58, carta 64r.

applicarsi alle pene che si fanno pagare dai nostri anziani. Seguita votazione, furono tutti d'accordo. Consiglio dei Cento e della Pace».<sup>34</sup>

Il *De Aqua Minerali* inizia con questa definizione: «L'acqua è un corpo semplice ed elementare, freddo e umido, fortemente fluido, diafano e similissimo al cristallo fuso».<sup>35</sup> E dopo aver citato diversi autori sulle meraviglie delle acque nella natura, riporta il pensiero di Cardano, «Ingeniosissimus»,<sup>36</sup> che nel suo «Libello quem de Aqua» sostiene che ogni malattia possa essere curata dall'acqua. Il Vannozi ne approfitta per esaltare la medicina basata sull'acqua, in contrapposizione ai «Periculosi Paracelsistarum mineralibus».<sup>37</sup> È impossibile seguire in questo studio il Vannozi, in tutte le sue citazioni, per dare fondamento alla sua idea sulle virtù dell'acqua. Una eccezione la facciamo a proposito delle proprietà dell'acqua per controllare i flussi del sangue. Egli ci informa che il «Campanella, Acutissimus»<sup>38</sup> era riuscito a riportare in vita la Badessa del Monastero di Stilo con impacchi di acqua alle ginocchia.

L'analisi dell'Acqua Salmacina, come descritta dall'autore, è inizialmente organolettica. Egli usò soggetti astemi per assaggi comparativi di acqua comune e di Acqua Salmacina,<sup>39</sup> questo per assicurarsi che le persone non avessero il palato corrotto dal vino. Inoltre ricorse, come esperto, anche al «severissimo censore delle acque».<sup>40</sup> In seguito passò a prove di cottura di legumi e di carni. La ricerca dei minerali sciolti nell'Acqua Salmacina la effettuò per evaporazione e distillazione. Dall'analisi dei sedimenti concluse: «Eccetto per certe materie solforose, la sua natura non è differente dall'acqua semplice».<sup>41</sup> E continua: «... Non contiene sostanze auree, argentee, ferrose, nitrose e rameiche, ma solo solforose».<sup>42</sup>

Parlando di metalli, accenna ad una miniera d'argento nelle vicinanze della sorgente, famosa solo per il fatto che non aveva mai prodotto argento. Al Vannozi sorge il sospetto che forse l'argento possa avere qualche ruolo sull'instabile colore aureo dell'Acqua Salmacina, che egli ipotizza derivi «Dall'argento, in partecipazione con lo zolfo».<sup>43</sup> La presenza d'argento fu attestata da Nicolò Antonio Cattani<sup>44</sup> nel 1751 e

<sup>34</sup> Archivio di Stato di Ascoli Piceno ASCA. Riformanze del 1645, Vol. 97, carta 77v.

<sup>35</sup> «Aqua corpus simplex; et elementare; frigidum, et humidum valdè fluidum, diaphanum fuso cristallo persimile», *De Aqua Minerali*, Cap. I, p. 1.

<sup>36</sup> GEROLAMO CARDANO (Pavia 1501-Roma 1576).

<sup>37</sup> *De Aqua Minerali*, Cap. I, p. 4.

<sup>38</sup> *De Aqua Minerali*, Cap. I, p. 7.

<sup>39</sup> «... eam abstemijs pitissandam dedi, quorum palatum à vini sapore minime corruptum», *De Aqua Minerali*, Cap. VI, p. 41.

<sup>40</sup> «acerrimus solet esse aquarum censor», *De Aqua Minerali*, Cap. VI, p. 41.

<sup>41</sup> «praeterquam ob admistos spiritus quosdam sulphureos, ab aqua simplici differre», *De Aqua Minerali*, Cap. VI, p. 42.

<sup>42</sup> «ità ut nec aurea, nec argentea, nec ferrea, nec nitrosa, nec calchanthina, sed solum sulphurea debeat appellari ...», *De Aqua Minerali*, Cap. VI, p. 42.

<sup>43</sup> «Argentum inficit, participati sulphuris est argentum», *De Aqua Minerali*, Cap. VI, p. 43.

<sup>44</sup> NICOLÒ ANTONIO CATTANI, *Le virtù medicinali della salutarevole acqua termale di Ascoli nel Piceno comunemente dette L'Acqua Santa*, Ascoli, Valenti, 1751.

confermata nel 1826 dal farmacista Antonio Egidi: «Con una soluzione di nitrato di argento mista a tre parti di ammoniaca liquida precipitò del solfuro di argento».<sup>45</sup>

Continuando sulle caratteristiche dell'Acqua Salmacina, egli nota che l'odore è sulfureo e mostra un colore scintillante dovuto alla presenza dello zolfo. Parlando delle proprietà di quest'ultimo, utilizza la definizione del Quercetano<sup>46</sup> «Umido, dolce e oleoso».<sup>47</sup> Attribuisce l'untuosità e la grassezza dell'Acqua Salmacina alla presenza dello zolfo. Rileva, tuttavia, che la quantità dello zolfo è modesta. Infatti, «Bollendo un vaso d'Acqua Salmacina o seccandolo per distillazione rimangono visibili ceneri che, gettate nel fuoco, non ardono e non manifestano le qualità caratteristiche dello zolfo».<sup>48</sup> Conclude descrivendo il bianco residuo secco: «Di nessun sapore, che messo sui carboni non crepita, non s'infiamma, né fa fumo; come nelle acque semplici».<sup>49</sup> L'Autore ammette che non si possono sempre trarre conclusioni dal residuo secco: «Perché spesso lo spirito delle sostanze minerali evapora insieme all'acqua. Ciò può causare la scomparsa delle tracce degli elementi sulfurei delle Acque, come notava il Savonarola<sup>50</sup>».<sup>51</sup>

Il Vannozi inoltre afferma che «Qualcuno giudica la salubrità delle acque dal peso».<sup>52</sup> I suoi esperimenti indicano che l'Acqua Salmacina pesa quanto le altre acque, ma avverte che forse ciò potrebbe dipendere dalla limitata quantità di acqua pesata. Egli, comunque, esprime l'opinione, fondata su altri, in questo caso su Alessandro Petronio e Paolo Zacchia, sull'utilità dell'uso della bilancia, dato che è solo minimamente fallace.

Continuando, descrive un'altra prova: «Io esposi al fuoco la Salmacina con le altre e notai che si riscalda e bolle contemporaneamente con le altre e si raffredda gradualmente allo stesso modo, quando si allontana dal fuoco».<sup>53</sup> A conclusione

<sup>45</sup> ANTONIO EGIDI, *Memoria intorno varie sorgenti di acque solfuree e di quelle saline di II ordine, che abbondano nelle vicinanze dell'antichissima città di Ascoli*, Ascoli Piceno, coi tipi Cardiani, 1826.

<sup>46</sup> GIUSEPPE QUERCETANO, *De exquisita mineralium, animalium et vegetalium medicamentorum spagyrica preparatione et usu, perispigua tractatio*, Francoforte sul Meno, 1602.

<sup>47</sup> «... humidum, dulce, oleaginosum ...», *De Aqua Minerali*, Cap. VI, p. 43.

<sup>48</sup> «Neque enim vase Aquà pleno per ebullitionem, seù distillationem exicato, remanent cineres apertè sulphurei, qui in ignem projecti ardeant, et reliquas sulphuris manifestas notas exhibeant», *De Aqua Minerali*, Cap. VI, p. 44.

<sup>49</sup> «... nullius saporis particeps, qui prunis impositus, nec crepitat, nec flammam concipit, nec fumum emittit, non dissimilis ab eo, qui ex aquae simplicis ebullitione», *De Aqua Minerali*, Cap. VI, p. 44.

<sup>50</sup> MICHELE SAVONAROLA (Padova 1384 - Ferrara 1468), *De Balneis et Termis*, Ferrara, 1485.

<sup>51</sup> «ex relictis post aquae evaporationem faecibus de latente miniera non semper ferre possumus iudicium, cum saepè admixti spiritus mineralis unà cum aqua exhalent ... ex Savonarola», *De Aqua Minerali*, Cap. VI, p. 44.

<sup>52</sup> «Quidam inquiens statera iudicant de aquarum salubritate ...», *De Aqua Minerali*, Cap. VI, p. 47.

<sup>53</sup> «Eandem igni cui alijs exposui, omnes eodem tempore calefieri, ac feruere, atque ab igne remotas simul ad eundem frigiditatis gradum sese reducere, observavi», *De Aqua Minerali*, Cap. VI, p. 48.

delle analisi: «... Possiamo affermare che l'Acqua Salmacina è sulfurea. Le sue principali caratteristiche anormali sono l'odore, il sapore e il colore. Dopo un po' di tempo perde quasi tutte queste caratteristiche, incluso il sapore, tanto da non poterla differenziare dall'acqua semplice».<sup>54</sup> Chiude il VI capitolo criticando Bacci<sup>55</sup> che nel *De Terme*, descrive quest'acqua come: «profondamente biondastra, alquanto aspra di gusto e di media salinità».<sup>56</sup> Con sarcasmo perdona l'esimio dottore che ha così maldestramente descritto l'Acqua Salmacina senza muoversi da Roma.

Il capitolo VII si apre con una lunga argomentazione sul potere refrigerante e umidificante di quest'acqua miracolosa, che, se abbiamo compreso bene, non è maggiore dell'acqua semplice, ma più efficace per il corpo. Tutto questo è dovuto alla presenza dello zolfo. Seguono altre qualità «secondarie» dell'Acqua Salmacina: «Manifestamente emolliente e lubrificante e riaggiusta gli elementi eccitati, addolcisce gli umori, corregge la biliosità, controlla il fervore del sangue, reprime l'irritazione della bile, elimina l'acidità della malinconia, mitiga la salinità del catarro e diminuisce e controlla la formazione della siccità degli umori. Con un'abbondanza di irrigazioni ci pulisce i reni e lava via il materiale che forma i calcoli. Inoltre l'Acqua Salmacina spurga la pesantezza delle feci, vuota il piccolo intestino, stimola la fame, estingue la sete, concilia il sonno e ammolisce il ventre ...».<sup>57</sup>

Subito dopo aggiunge che: «Parlando con le parole altisonanti dei chimici, a proposito dell'Acqua Salmacina, senza arrossire, la direi Acqua Vitale, dotata di anima solare e divina, la più potente in natura, tesoro della vita umana, balsamo radicale e mirabile guaritrice, conservatrice del fiore della gioventù, ritardataria della prospera vecchiaia e vendicatrice di tutte le sordide impurità del corpo umano. Quest'Acqua ha in sé tutte le proprietà dello zolfo».<sup>58</sup> A questo punto l'au-

<sup>54</sup> «Aquam igitur Salmacinam sulfuream esse, expressa signa exhibet odor; obscuriora, ac veluti adumbrata sapor, et color; si tamen huiusmodi sensibiles qualitates propè ipsum fontem examinentur; hausta enim aqua, si longius asportetur, paulatim amittit omnes huiusmodi qualitates, quibus ab aqua simplicis differt», *De Aqua Minerali*, Cap. VI, p. 49.

<sup>55</sup> BACCI ANDREA (S. Elpidio a Mare 1524 - Roma [1603?]), *De Terme*, Libro 5, Cap. IV.

<sup>56</sup> «... Subflavam esse in profundo, asperiusculam gustui, medio criter salitam», *De Aqua Minerali*, Cap. VI, p. 49.

<sup>57</sup> «... Emolliendi videlicet, lubricandi exustos succos attemperandi, nitrosos humores dulcorandi, biliosos castigandi hinc fevor sanguinis compescitur acrimonia bilis retunditur: melancholiae aciditas prosternitur: pituitae salsedo mitescit: humorum siccitas genito indèfero diluitur, renes praeter flentis aque copia mondanur gignendis calculis materia adimitur: intestina Aque pondere à foecibus expurgantur: ventriculus inanitur: excitatur fames: extinguitur sitis, conciliatur somnus: alvus emollitur ...», *De Aqua Minerali*, Cap. VII, pp. 52-53.

<sup>58</sup> «Si Chimistae personam induere hic vellem, et speciosus Chimicorum loquendi genere, ac more de Salmacina disserere, eam appellare, non erubescerem, Aquam vitalem, animà praeditam, solarem, Divinam, in Natura potentissimam, humanae vitae Thesaurum, Balsami radicalis mirificè reparatricem, iuventutis floris conseruatricem, prepropere senectutis retardatricem, humani corporis ab omni tartareà, sordidaque impuritate vindicatricem; quae omnia conceptae Chimistarum de sulphure opinioni innituntur», *De Aqua Minerali*, Cap. VII, p. 54.

tore definisce le qualità dello zolfo. Dal Quercetano:<sup>59</sup> «Umido, dolce, oleoso, viscido, sostanzioso, principio della natura, fuoco o pascolo di calore dotato di forze per lenire e agglutinare». <sup>60</sup> Da Ermete: «Animam metallorum nuncupatum». Dal *De Morbo* di Paracelso: «Emula il sole, fa digerire, macera, nutre, genera, diletta l'olfatto e attrae e consuma ciò che è superfluo nel corpo umano». <sup>61</sup> Beguin <sup>62</sup> lo chiama «Medium minerale» e Andrea Cesalpino <sup>63</sup> «potentissima res in natura».

Prima di trattare la situazione attuale sono, forse, non prive di interesse le informazioni tratte da un articolo del 1949 sulle sorgenti dell'Acqua Salmacina: «Di dette sorgenti solfuro-ferruginose, due erompono dal vivo travertino sulla riva destra del Castellano, affluente del Tronto, e una terza sgorga sulla riva sinistra dal grigio tufo». <sup>64</sup> L'autore di questo articolo, che si cela sotto lo pseudonimo di Celso di Valguarnera, dimostra di conoscere il Trattato del Vannozzi e aggiunge di suo che: «Ai benefici effetti della Salmacina descritti da Francesco Maria Vannozzi va aggiunta la radioattività ...». <sup>65</sup>

Nei luoghi indicati dal Vannozzi oggi ci sono quattro sorgenti ubicate sulla sponda destra del torrente Castellano. Altre due sorgenti che si trovavano sulla sponda sinistra sono scomparse in concomitanza con la costruzione di una galleria. I caratteri organolettici rilevabili sono: un odore di uova marce e un sapore di uova marce, appena percettibili. Il professore Agostino Poli che ha effettuato le analisi chimiche, nell'ambito di un progetto commissionato dalla Comunità Montana del Tronto, <sup>66</sup> ha classificato l'Acqua Salmacina come medio-minerale. Gli ioni predominanti sono i solfati, i bicarbonati, il calcio e il magnesio. L'acqua è altresì caratterizzata dalla presenza di idrogeno solforato, fluoruri e arsenico. L'Acqua Salmacina è classificata oggi come un'acqua solfuro-solfato-calcica.

*Ringraziamento:* Desideriamo ringraziare lo storico Giannino Gagliardi, il dottor Marco Scatasta, Don Tommaso Monti parroco di Santa Maria della Pace di Ancarani e la Comunità Monzana del Tronto per la loro gentile collaborazione.

<sup>59</sup> GIUSEPPE QUERCETANO, *De exquisita mineralium, animalium et vegetalium medicamentorum spagyrica preparatione et usu, perispiqua tractatio*, Francoforte sul Meno, 1602.

<sup>60</sup> «Est humidum illud dulce, oleaginosum, viscidum, substantificum, primigenium, ignis, sive caloris pabulum, leniendi, et agglutinandi vi praeditum», *De Aqua Minerali*, Cap. VII, p. 54.

<sup>61</sup> «Sulphur Solem aemulari, digerere, concoquere, nutrire, generare, olfactum oblectare, superflua in corpore consumere, attrahere», *De Aqua Minerali*, Cap. VII, p. 54.

<sup>62</sup> JEAN BEGUIN, *Tyrocinium Chymicum e natrae fonte et manuali depromptum*, Libro I, Cap. 2, Parigi 1610.

<sup>63</sup> ANDREA CESALPINO (1529-1603), *De Metallis*, Arezzo, 1557.

<sup>64</sup> CELSO DI VALGUARNERA, *L'Acqua Salmacina di Castel Trovino*, «Le Nostre Regioni». Divagazioni geologiche. Anno V, n° 2-3, febbraio, marzo 1949.

<sup>65</sup> *Ibidem*.

<sup>66</sup> MASSIMO LEONELLO, AGOSTINO POLI, GIULIANO TARTAGLIA, *Studio e Ricerca di Acque Solfuree in Ascoli Piceno e Acquasanta Terme*, Comunità Montana del Tronto, 1990.

VIRGILIO GIORMANI \*

## **Il carbon fossile a Venezia nel '700 \*\***

### **Fossil coal in Venice in the '1700's.**

**Summary** – Due to the fact of the rising prices of firewood and charcoal in Venice and also their provenance from abroad, one is forced to consider the use of local fossil coal. Fossil coal is already used in some factories producing bricks and quicklime and in spinning mills and dyeworks. But in Venice, the arrival of fossil coal from Pago (Dalmazia) has provoked vivid protests from the population living near the coal deposits, due to the fumes emitted by it. The fossil coal from Arzignano (Vicenza) is used at the military dockyards in Venice to forge anchors. But the dense smoke emitted prevents the viewing and controlling of the colour of the iron, necessary to deduce the temperature. The fossil coal of Albona (Istria) would be suitable but the coalmine is under lease in the Austrian Sugar mills in Fiume, where it is necessary for the purification of the sugar.

Nel 1784, la squadra navale veneziana comandata da Anzolo Emo è impegnata contro i corsari di Tunisi. Solitamente le campagne navali si concludono all'avvicinarsi dell'inverno e le navi della Repubblica Veneta tornano al consueto ancoraggio di Corfù. Ma questa volta sostano nei porti di Malta e di Cagliari, alternandosi nel mantenere bloccate le navi tunisine entro i loro porti.

Nel prolungato impegno in mare con qualunque tempo, le navi veneziane subiscono, con le burrasche invernali, vari danni, quali la perdita di alberi, vele e di ancore. Il rincaro in quel tempo della legna forte e del carbone di legna fa sì che le fucine dell'Arsenale di Venezia sospendano per due anni il loro lavoro, per cui, quando arrivano le pressanti richieste dell'Emo per ottenere nuove ancore, si scopre che, delle sessantasette ancore esistenti all'Arsenale, solo quattro sono in buono stato e le altre devono essere riparate.

\* Via Francesco Morosini 14, 30126 Lido, Venezia.

\*\* Relazione presentata all'VIII Convegno Nazionale di «Storia e Fondamenti della Chimica» (Arezzo, 28-30 ottobre 1999).



In alternativa alla legna forte e al carbone di legna viene proposto l'uso del carbon fossile di Arzignano, località del Vicentino.

Questo carbone è già usato come combustibile economico nelle tintorie e nelle concerie, perché il suo costo è di appena un terzo di quello della legna forte e del carbone di legna.

C'è però una difficoltà: sedici anni prima, un altro tipo di carbon fossile, proveniente dall'isola di Pago, in Dalmazia, viene portato a Venezia e messo in due depositi. L'odore intollerabile che emana a temperatura ambiente fa sorgere le «sollevazioni del popolo», per cui i Provveditori alla Sanità giudicano «saggiamente e prudentemente», «di farlo altrove subito trasportare».

Il professore di chimica Marco Carburì fa l'analisi di questo carbone per conto dei Provveditori. Egli consiglia di sottoporlo a preventiva calcinazione, come si fa da tempo in alcune miniere inglesi: «operazione non conosciuta nel resto d'Europa». I Provveditori, recependo anche i risultati di altre prove di combustione, ne proibiscono l'uso in tutto il territorio della Repubblica, perché sviluppa fumi dannosi alla salute.

Nel 1783, vengono effettuate «in un campielo aperto vicino al Canal Grande» delle prove di combustione del carbon fossile di Arzignano, sia come proviene dalla miniera, sia dopo un riscaldamento controllato in recipiente chiuso. In queste operazioni, eseguite «da due valenti professori di Chimica e di Farmacia» alla presenza di quattro medici, si osserva che il fumo proveniente dal fossile di Arzignano come viene dalla miniera, offende «la testa, la gola e il petto». In quanto al carbone depurato per riscaldamento preventivo, esso dà «esalazioni leggiere sì ma per altro moleste e incommode all'odorato» e pertanto non è «ammissibile» nei focolari domestici. Non serve per le industrie, «perduto avendo intieramente la fiamma» e la maggior parte della «sua infiammabil sostanza».

Di parere completamente opposto è il professor Carburì, secondo il quale «l'uso di esso carbone», «abbruciato come egli sorte dalla miniera», non può «riuscire insalubre alla popolazione» ed è usabile per il riscaldamento e per la cucina delle case. Quanto alla calcinazione, che lo trasforma in coke, essa gli toglie «la massima parte dell'esalazioni zolfuree». Ma il carbone di Arzignano contiene poco zolfo «e, non essendo egli nemmeno troppo ricco di bitume, essa vi è di discapito». Infatti il carbone calcinato di Arzignano non dà «più fiamma, come la danno i Cinders ed i Coaks inglesi, cioè il poco carbone fossile, che viene calcinato da quella nazione». È però «ancora capace di una lunga ed attiva incandescenza», per cui può essere usato «senza pericolo della salute [...] pegli usi in grande delle arti».

Questa diversità di pareri fa sì che l'uso del carbone di Arzignano resti differente ancora per più di due anni.

Nel 1785 vien fatto un esperimento di combustione del carbone di Arzignano nella fucina dei fabbri all'Arsenale di Venezia. I due speciali (Giovanni Battista Migliorati e Giovanni Domenico Albrizzi) che osservano — il 6 dicembre 1785 — l'andamento della combustione, sono gli stessi che, il 4 febbraio

1783, hanno fatto analogo esperimento «in un campiello aperto vicino al Canal Grande» e hanno riscontrato «un'odor bittuminoso tendente al fetido [...], intollerabile e [che] dava sensibile molestia alla testa ed alle fauci degli astanti non solo, ma ad'altri del vicinato». Essi confermano quanto esposto nella loro precedente relazione: «non sapendo ora cosa di più aggiungere», rimettono «alla scienza medico-fisica la decisione».

È infatti presente all'esperimento, onde stabilire se «si sviluppassero esalazioni nocive alla umana salute», anche un'altra *équipe* costituita da due medici (Maffio?) Calvi e il Galli e dallo speziale Giovanni Baseggio, «il di cui figlio Antonio, di felice memoria, anni sono istituì una esattissima analisi dello stesso carbone, approvata dal più celebre chimico dell'Italia, il conte Marco Carburì». Dopo aver esposto le risultanze di quell'analisi ed aver notato l'assenza di arsenico, i periti osservano che all'accensione il carbone emette «una tenuissima e presso chè insensibile quantità di acido solforoso-volatile analoga a quella del solfo acceso». Inoltre, che un «carbone della stessa qualità si adopera tutto giorno nell'Ospitale Hotel-Dieu di Parigi per purificare l'aria di quelle infermerie». «Nella città di Halla in Germania» — secondo l'Hoffmann — «lo scorbutico, le febbri esantematiche e maligne, la etisia erano malattie comuni prima che si facesse uso del carbone di terra nelle saline di quella città».

«Gli abitanti in Svezia» — secondo il Wallerius — «sono continuamente esposti al fuoco del carbone di terra senza essere soggetti alle etisie».

All'Arsenale di Venezia, «non ostante un lungo soggiorno nella fucina», non vi è stato nei presenti all'esperimento nessun fastidio alla testa, alla gola e alla respirazione, come avviene «prontamente [...] nella combustione di sostanze pregne in esuberanza di parti sulfuree, arsenicali». Usando questo carbone per il riscaldamento dei fornelli per purgare la seta, «nessuna fra le numerose donne destinate a quell'offizio, incontrò incomodi di sorte alcuna».

Pertanto, basandosi sul «gran maestro delle cose, la Esperienza», la seconda commissione afferma che il carbone di Arzignano porti più «che pregiudizij all'umana salute, degli vantaggi piuttosto».

Così il Senato — con decreto 11 febbraio 1785 *more veneto* (1786) — approva la relazione del patrono dell'Arsenale Andrea Lezze 4° (del 21 dicembre 1785). Vista la scarsezza della legna e del carbone di legna e dopo «gli scrupolosi esami» della Sanità e il proclama dei deputati alle Miniere («che ne permette ed eccita al relativo consumo»), viene accettato l'uso del carbone di Arzignano per aggiustare le ancore rotte.

Allora il brigadiere, conte Antonio Stratico, prende in esame gli scritti e i disegni sulla forma delle ancore del professore Johann Bernouilli e propone di sostituire alle comuni verghe parallele di ferro, delle verghe piramidali da fucinare con un maglio di sua invenzione (di peso quadruplo rispetto ai soliti), istituendo un simultaneo confronto con la costruzione di due ancore, una con l'usuale carbone di legna, l'altra con il carbon fossile di Arzignano.

Su questa proposta, il Reggimento dell'Arsenal estende una scrittura il 24

marzo 1787 al Senato, che l'approva col suo decreto del 12 aprile successivo, previo però «il riputato parere del professor di nautica Simon Stratico sopra la figura de' bracci e del loro angolo d'inclinazione» con il fuso dell'ancora.

Mentre si attende da Simone Stratico, ordinario di matematica e teoria nautica all'Università di Padova, questo parere, il brigadiere Antonio Stratico prova il carbon fossile di Arzignano «sulla più ardua e malagevole operazione fabrile, qual si è quella della congiunzione di un braccio al fuso di un'ancora di primo rango».

Dopo molto tempo e dopo aver consumato molto carbone, non riesce a portare i due pezzi di ferro «non già allo stato di bollimento, ma neppure a color di cireggia». Stessi risultati negativi, usando carbon fossile bresciano e veronese: funziona invece il carbone che si è procurato da alcune navi inglesi, ancorate a Venezia. Gli è poi riuscito di avere gratuitamente dal direttore della miniera di Albona (allora nell'Istria veneta), circa «un mier» di quel carbone.

La miniera è «attualmente affittata alla Compagnia de' Zuccari in Fiume» austriaca, che usa quel carbone per raffinare lo zucchero.

Osserva che l'ha ottenuto «a fronte dei rigori con cui si cerca dagli Austriaci d'impedirne la furtiva esportazione».

La prima prova col carbone di Arzignano è fallita ma il brigadiere Stratico non desiste. Ricorre ai consigli del proto dei fabbri e finalmente, al terzo tentativo, riesce a congiungere il braccio al fuso: però l'esperimento fatto in parallelo anche col carbone di legna, dimostra che col fossile di Arzignano è «ritardato di troppo il lavoro». Inoltre vi è un «eccessivo consumo» e vengono «sensibilmente minorate di peso le masse ferree».

Il fattore decisivo che gli fa abbandonare l'uso del carbone di Arzignano è il non aver mai potuto vedere «il preciso momento» in cui «trovavasi il metallo nello stato di bollizione», poiché per il denso fumo e per «gli eterogenei che vi si trovavano uniti, non potevano isfuggire dal fuoco quelle scintille stellate, che aveano ad'annunciarmelo». Così dichiara il brigadiere Stratico, che pensa di poter avere qualche vantaggio «purgando il carbone dall'eccesso del zolfo e del bitume». Un primo esperimento su 300 libbre (pari a 143 kg), lasciate bruciare per due giorni, come se si trattasse di preparare il solito carbone di legna, gli fornisce un prodotto che, pur con un volume quasi invariato, ha perso la metà del suo peso. Usando questo prodotto, riesce a vedere «le scintille foriere del bollimento» del ferro. Ripete allora l'esperimento su due «migliara circa» di carbone (circa 954 kg): il prodotto ottenuto ha sì «acquistato qualche facilità ne' lavori», ma per il «tempo» e il «consumo fa disperare di vederlo sostituito con vantaggio al carbone di legne». Fa allora una ricerca bibliografica dalla quale risulta che sia il coke francese che quello inglese vanno benissimo per colare il ferro, ma non per fare «un buon ferro battuto». Funziona invece molto bene il carbone inglese che si è procurato dalle navi e quasi altrettanto bene il carbone di Albona, allo stato naturale, non ridotto a coke. Non servono invece i vari tipi di carbone bresciano e veronese e quello di un'altra miniera, scoperta recentemente ad Albona.

Il brigadiere Stratico raccomanda che in avvenire «si abbia a impedire l'alienazione delle miniere segnatamente agli stranieri», perché la Repubblica non perda «un dono sì prezioso della natura». Converterà anche cercare nuove miniere «in prossimità di que' luoghi dove il consumo ne sia grande» e vicino ai fiumi navigabili, «si chè con poca spesa, possa trasportarsi il carbone ove occorra». Per togliere l'idea che sia dannoso alla salute «e per estenderne la pratica nelle private officine e infra le pareti domestiche», bisognerebbe «animare li capi delle Arti a servirsene in cambio di legna o d'altro carbone», diffondendo inoltre le tecniche per toglierli «quell'odore ingrato che tramanda, senza punto spogliarlo delle parti oliose, flogistiche e infiammabili». Gioverebbe anche «lo stabilire alcuni premi, da concedere per una volta tanto, a que' direttori di tintorie, di raffinerie, di fornaci, di pubbliche e private fucine da fabbro etc.», che per primi dimostrassero «di aver usato del carbon fossile per il corso di un anno con vantaggio economico».

Così riferisce il brigadiere Antonio Stratico al Reggimento dell'Arsenal, il 4 agosto 1788.

Risulta che, nella città di Venezia, il fabbisogno annuo del carbone di legna è di 80-90.000 corbe. Di queste, solo 30.000 arrivano dalla terraferma veneta: il rimanente viene via mare dai litorali austriaci, quali Fiume, Buccari, Costua e Clana. Però le traversate sono effettuate solo tra maggio e settembre, perché negli altri mesi il pericolo di burrasche fa elevare i noli. L'Inquisitorato alle Arti fa una inchiesta presso tutti gli artigiani che usano combustibili per il loro lavoro, onde rilevarne i consumi in legna e carbone di legna. Chiede anche se usano del carbon fossile e con quali risultati.

L'Arte dei Fabbri dichiara che il fossile puzza, vi è fumo «insoffribile ove si lavora», vi è «tardanza del cuocere e bolire il ferro», che inoltre «riesce crudo».

L'Arte degli Orefici osserva che il fossile non è «atto a nostri sottili lavori [...] sì per la sua tardanza in risolvere, come [per] il puzzone: ci consumerebbe l'argento e sarebbe la rovina de nostri lavori».

Dall'Arte dei Caffettieri il carbon fossile è «rigetato e per la puzza e per crederlo nocivo alla salute e per non servire li fornelli secondo il bisogno».

D'altra parte, le esperienze ordinate dal Senato all'Arsenale e alla Zecca, indicano che il cattivo odore deriva dall'uso di fornelli imperfetti: in Inghilterra, «ove si fanno gran lavori di ferro e di metalli, che riescono li più scelti, altro carbone non si usa che il fossile». Quello del Vicentino è stato provato nella tintoria Simoncini di Padova e «non reca verun odore», forse per il particolare tipo di fornelli: esso viene adoperato anche nella cucina della famiglia Simoncini ed in altre cucine di Padova, sempre con quei particolari fornelli.

Si è scritto allora all'ambasciatore veneto a Londra per informazioni e quando «giungano li ricercati disegni per la costruzione de' fornelli e fonderie», si spera «che vengano animati li arteffici dall'utile uso di questo carbone».

Il residente veneto a Londra, Gasparo Soderini (al quale vengono inviati per confronto «due piccioli pezzi» del carbone vicentino), dopo aver descritto i vari

tipi di carbone inglese, spedisce a Venezia dei campioni di carbone di Newcastle e degli altri «di carbone cotto, ossia tostato, come qui lo chiamano», «una descrizione della maniera di cuocerlo», con il disegno del forno per la cottura: inoltre, un disegno di un focolare da usarsi a bordo delle navi. Il Soderini acquista e spedisce a Venezia «un picciolo focolare effettivo ad uso di stanza»: perché si veda «come si accende e si adoperi», fa anche preparare «nel medesimo il carbon fossile nel sito dove deve brugiare con sottoporvi la poca quantità di legna sottile e secca alla quale si da fuoco», comunicando «al carbone l'incendio».

Il carbon fossile è usato nelle fonderie di ferro, in tutte «le pompe a fuoco e tutti gli usi dei focolari, delle cucine, dal primo signore all'ultimo del popolo ed ai cammini delle stanze più nobili», in «quasi tutti li lavori di fabbro e d'acciari, anche li più sottili, come rasoj, forbici e simili». Si usa invece il coke («carbone cotto o tostato») per la Zecca, ma richiede l'uso dei mantici per mantenerlo acceso. Ciò ne limita l'uso «nei fornelli da cucina delle famiglie, dove si adopera carbone di legna», in quanto l'uso continuo del mantice «imbarazzerebbe troppo il servizio». Anche nei forni per cuocere il pane non si usa carbon fossile «come si estrae [...] o tostato [...], ma solo legna».

Da segnalare anche i suggerimenti ai vetrai di Murano del patrizio esperto di chimica Zan Francesco Correr S. Fosca, il quale osserva «che gl'Inglese per la fusione dei vetri servonsi del fuoco prodotto dal carbon minerale invece di legne, il quale è più atto ad accrescere la forza del fuoco medesimo. Anche a questo potrebbesi da noi facilmente supplire coll'uso del carbone minerale di Arzignano, oppure di quello dell'isola di Pago, che sono prodotti del nostro Stato e che possono essere acquistati a molto minore prezzo della legna».

Anche il Correr suggerisce di «imitare» le fornaci inglesi, nelle quali il combustibile non è «a pian terreno», bensì sollevato «da terra mediante una *gradella* sotto la quale evvi un vacuo, che forma recipiente alle ceneri e serve ad introdurre gran quantità di aria», con la quale «l'effetto del fuoco» è «più efficace».

Nonostante le informazioni del residente veneto a Londra e i suggerimenti del Correr, «non vengono animati li artefici dell'utile uso di questo carbone».

Così la «Conferenza» tra i Provveditori alla Giustizia Vecchia, i Giustizieri Vecchi e l'Inquisitorato alle Arti, prescritta dal Senato col decreto del 21 febbraio 1787 *more veneto* (1788), per suggerire «providenze utili per toglier l'incepimento e monopoli» nel rifornimento alla città del carbone di legna, produce — il 2 giugno 1788 — una scrittura ove constatata che il prezzo fissato in tariffa per il carbone di legna in lire 4 e soldi 16 la corba, è salito a 5:10. Ciò è causato «dal dover dipendere dagli esteri», con il «pericolo sempre o di restar privi del carbone, che pur è indispensabile, o di doverlo acquistare, se pur ciò basti, a prezzi eccedenti sempre a' maggior danno della Nazione».

Nel nostro Stato, «non manca già la materia prima. atta à formarlo, infinito essendo il numero de' fagheri (ch'è la pianta che serve a convertirsi in questo genere), che contengonsi ne' boschi della Terra Ferma, e specialmente del Canseg-

gio, della Carnia, e di Cajada, tutti foltissimi di queste piante che non servono a verun pubblico uso».

I faggi si usano per fare i remi delle galere: ma queste, nell'evoluzione della tattica navale, sono ormai obsolete e così tutti questi faggi inutili per l'Arsenale, potrebbero essere sostituiti «con piante più utili e di maggior pregio, mediante la semina su vasta scala di essenze diverse, [quali] abete bianco e rosso, larice, pino cembro, zappino, tasso, maggiociondolo ...».

Questo espianto di faggi però non verrà effettuato: «più volte si cercò di incrementare la produzione di carbone, ma i costi di trasporto si rivelarono troppo elevati». Si pensa anche di erigere in loco una carbonaia «per verificare se conviene ridurre la legna in carbone», ma la prova viene sospesa «a causa del costo eccessivamente elevato, assai superiore al prezzo del mercato»: dalle lire 4 e soldi otto (prezzo storico — fissato dal decreto del Senato 8 novembre 1635 — per corba di carbon forte) è arrivato, come si è visto, a 5:10 nel 1788 e supererà le lire 6 1/2 nel 1796, quando viene eretta la carbonaia di prova.

In quel periodo si sono susseguite parecchie scritture al Senato anche di altre magistrature, estendendo vari progetti o «Piani boschivi», ma nessuno va in porto. Troppo facile dire che sono gli ultimi anni della Repubblica Veneta e ricordare la sua «decadenza». Anche i piani boschivi della 1ª e 2ª dominazione austriaca e del periodo francese non risolvono il problema dell'approvvigionamento della legna e del carbone di legna tratti dai boschi veneti; dell'alternativo carbon fossile non si parla più.

Eppure, nel 1793, il patrizio veneto Alvisè Zenobio, che si trova in Inghilterra, intende portare con sé, nel viaggio di ritorno, un esperto di miniere inglese. La spesa è «grossa» e «non è per cercar oro o altri preziosi metalli», ma «per il carbon fossile». «Questo materiale è il primo mobile delle manifatture che gl'inglesi devono la loro superiorità in ogni genere di lavori; che perisca in Inghilterra il carbon fossile e addio le loro manifatture, addio le loro ricchezze».

Lo Zenobio sa bene quante riserve vi siano all'uso del carbon fossile a causa delle sue esalazioni, ma è convinto che «se il carbon fossile fino ad ora ritrovato nel nostro stato è inutile per privati usi, certamente non lo può essere o per cuocere mattoni o calcina, che si fa all'aria aperta. Qui non vi è del carbone puzolente, ma sempre è buono in qualche sorta di uso». Non ha alcun dubbio lo Zenobio, «di ritrovare da noi del buon carbone». Spera solo che i suoi «buoni compatrioti non saranno tanto ostinati di rigettarne ogni uso perché è una cosa nuova».

Dovendo finire di sistemare i suoi affari in Inghilterra, manda intanto avanti il minerista John Williams, che arriva nelle terre di S. Marco nel novembre del 1793. Già un mese dopo invia buone notizie al suo *sponsor*: «le miniere di carbone in Arzignano sono abbondanti e di buona qualità». Inoltre ha trovato «delle miniere di carbon fossile nel Veronese, superiori a quelle di Arzignano».

L'inglese attende impaziente l'arrivo dello Zenobio, col quale è rimasto inteso per fare ricerche di carbone anche in Istria e in Dalmazia. Nel frattempo, lo Zeno-

bio, che è legato con l'opposizione al governo inglese, viene colpito da decreto di espulsione dal paese come indesiderabile.

Però si rifiuta di tornare in patria con questa qualifica e, sfruttando la sua perfetta conoscenza delle leggi inglesi, si fa arrestare per debiti. L'arresto ne impedisce l'espulsione, fino a che non abbia pagato i debiti, che poi sono finti debiti con amici, servitori e anche con la sua amante inglese.

Per salvare la faccia lo Zenobio resta un anno in carcere e il minerista inglese muore a Verona il 29 maggio 1795. Lo Zenobio non tornerà mai a Venezia: andrà errabondo per l'Europa e finirà per tornare a Londra, ove morirà il 31 dicembre 1817. Al tempo della Repubblica Veneta viene ricercato dagli Inquisitori di Stato perché partito per l'estero senza il permesso del Consiglio di Dieci o perché abusa di un permesso di due mesi per restare in Inghilterra almeno due anni. Quando l'Impero dichiara guerra alla Francia, lo Zenobio che è anche conte del Sacro romano impero, perde le prerogative del suo rango per le sue idee giacobine. Una volta pagati i debiti ed espulso dall'Inghilterra, viene portato in Francia ove è ritenuto una spia inglese dai suoi amati francesi. Intanto viene processato e condannato in contumacia dal Consiglio di Dieci a dieci anni di bando e alla confisca dei beni: è il 29 novembre 1796.

Riabilitato dalla Municipalità provvisoria, il 4 luglio 1797, annuncia il suo ritorno a Venezia, ma ciò non può avvenire perché, dopo Campoformido, Venezia passa all'Austria, che continua a perseguirlo e mantiene la confisca dei suoi beni, come sarà ancora durante il periodo francese e la susseguente seconda dominazione austriaca.

Ultimo discendente maschio della più ricca famiglia di Venezia, dovrà vivere di prestiti e solo qualche mese prima di morire vedrà tolta la confisca del suo immenso patrimonio, che passerà all'unica sorella, Alba Zenobio Albrizzi.

Ho voluto fare un accenno alla sua vita avventurosa solo per ribadire che questo patrizio veneto anglofilo, giacobino e antibonapartista, che desidera ardentemente scoprire nelle terre di S. Marco delle miniere di carbon fossile per realizzare enormi profitti, è decisamente una voce fuori del coro.

RAFFAELLA SELIGARDI\*

## Alessandro Volta e la nuova chimica (1783-1800)\*\*

### Alessandro Volta and the new chemistry (1783-1800).

**Summary** – This paper deals with the chemical activity of Alessandro Volta between the year of the discovery of the composed nature of water, and the year of the discovery of the pile. From the analysis of the two *Discorsi sulle arie infiammabili*, held at the University of Pavia on 23<sup>rd</sup> December 1790 and on 16<sup>th</sup> May 1791 the picture emerges of a scientist that made use of the new terminology and of the new chemistry in a proper way. However, some other elements, like the adoption of G.S. Poli's *Elementi di Fisica Sperimentale* as a textbook, the participation in the phosphorus' combustion debate (1795), and the famous letter to Van Marum (1798) show that Volta was never able to give up completely with his phlogiston theory, sharing in this way the attitude of the majority of Italian scientists of the late 18<sup>th</sup> century interested in chemistry. Also the decomposition of water by the means of the pile, more than 20 years after its synthesis by means of the electric spark, was a missed discovery, and a new obstacle to the full and complete confidence in the validity of Lavoisier's new chemistry. The reasons for this are to be found in the friendship between Volta and Brugnatelli, and, most of all, in his training as a physicist: Volta was more interested in the nature of imponderable fluids than in chemistry tout court. But he was able to keep in mind both aspects of the subtle fluids, the physical one and the chemical one, demonstrating to the historian that the problem of the disciplinary boundaries was not such a problem for an 18<sup>th</sup> century natural philosopher.

Molte cose sono state dette e scritte a proposito della mancata scoperta della natura composta dell'acqua da parte di Alessandro Volta;<sup>1</sup> molte meno, invece, a proposito del suo atteggiamento nei confronti della nuova chimica *dopo* il 1783. Questa comunicazione si propone di fare luce sull'atteggiamento di Volta nei confronti della nuova teoria lavoisieriana tra il 1783 e il 1800, anno successivo a quello della scoperta della pila.

\* CIS, Università di Bologna, via Zamboni 38, 40126 Bologna. E-mail: seliga@alma.unibo.it

\*\* Relazione presentata all'VIII Convegno Nazionale di «Storia e Fondamenti della Chimica» (Arezzo, 28-30 ottobre 1999).

<sup>1</sup> Si vedano gli interventi di F. Abbri, B. Bensaude Vincent, M. Beretta, F.L. Holmes e R. Seligardi negli atti del Workshop *Alessandro Volta between natural philosophy, chemistry and physics*, Pavia, 11-13 dicembre 1998, di prossima pubblicazione.



Così scriveva Volta nella conclusione dell'articolo «Volatilità», pubblicato nella traduzione italiana del *Dictionnaire de chimie* di Pierre Joseph Macquer,<sup>2</sup> nel 1784:

Tali sono le idee, che si è compiaciuto il Sig. Cav. Volta di comunicarci, le quali si vede quanto diverse sieno dalle conclusioni del Sig. Lavoisier. Senza pretendere di decidere sul merito di queste o di quelle, ci faremo lecito solamente di osservare: 1) che la composizione, e decomposizione dell'acqua che pretende il Sig. Lavoisier, non essendo dimostrativamente provata, mentre le sperienze si spiegano benissimo anche sostenendo che l'acqua sia un elemento o corpo indecomponibile, non vi è ragione che ci obblighi ad abbandonare codesta opinione tanto fondata, ed universale; 2) che all'incontro le arie, che il medesimo autore riguarda come principj semplici, cioè l'infiammabile metallica e la deflogisticata, è più credibile, che siano corpi composti, a ciò conducendoci l'analogia di altre arie, che lo sono certamente, come l'aria fissa, l'aria nitrosa, l'aria epatica, le altre arie infiammabili ec.; 3) che la teoria del Sig. Lavoisier non porta a meno che ad escludere e sbandire da tutta la Chimica il flogisto, l'esistenza e le funzioni del quale sono da tanti altri fenomeni stabilite. Nella spiegazione invece del Sig. Cav. Volta non troviamo nulla, che urti né la teoria chimica, né le opinioni ricevute (annoverando noi tra queste la sostanziale differenza tra il flogisto e il principio calorifico o fluido igneo, che sembra oramai dimostrata); essa consente nella più bella maniera colle nuove applaudite teorie delle arie e del calore, e rischiarata ed estende mirabilmente le idee intorno all'elasticità de' vapori e delle arie, labile e precaria in quelli, ferma e permanente in queste, e al passaggio dall'una all'altra indole non molto in fondo diversa. Qual idea infatti più semplice di questa, che stabilisce l'acqua per base delle arie; e che dallo stato di vapore elastico, che può dirsi in certo modo essere già un abito aeriforme, la fa passare alla natura di vera aria, mediante un'intima, ma semplice combinazione o col flogisto o coll'elemento del calore? Di aria cioè respirabile purissima con questo, e di schietta aria infiammabile con quello.<sup>3</sup>

Dalla conclusione dell'articolo *Volatilità* riportata sopra è chiaro che il primo impatto di Volta con la teoria di Lavoisier fu di netto rifiuto, sia per questioni teorico-sperimentali, che per ragioni che potremmo definire «di consuetudine». La teoria di Volta non urtava né la teoria chimica flogistica né le «opinioni ricevute» in merito alla natura e alla funzione dei fluidi ignei, cioè salvava i fenomeni entro il quadro teorico acquisito.

Le idee di Volta espresse nella traduzione del *Dictionnaire* di Macquer ebbero notevole fortuna in Italia, poiché questo testo rappresentava la *summa* di tutto lo scibile in campo chimico e aveva quindi una larghissima diffusione. Per quanto riguarda la diffusione delle idee di Volta nel resto dell'Europa, un interessante

<sup>2</sup> (1718-1784). W.A. SMEATON, *Macquer, Pierre Joseph*, in C.C. GILLISPIE (a cura di), *Dictionary of Scientific Biography*, New York: Scribner's, 1970-1978 [indicato d'ora in poi come DSB], vol. 8, pp. 618-624. P.J. MACQUER, *Dizionario di chimica [...] tradotto dal francese e corredato di note, e di nuovi articoli da Giovanni Antonio Scopoli*, Pavia: Stamperia del R.I. Monastero di S. Salvatore per Giuseppe Bianchi, 1783-1784, 9 voll. R.G. NEVILLE, W.A. SMEATON, *Macquer's Dictionnaire de chimie: a bibliographical study*, «Annals of Science», XXXVIII, 1981, pp. 613-662; per la descrizione bibliografica: pp. 658-659.

<sup>3</sup> «Volatilità», in *Edizione nazionale delle Opere di Alessandro Volta*, Milano: Hoepli, 1918-1929 [indicate d'ora in poi come OV], vol. 7, p. 105.



documento, scritto da colui che era considerato il massimo chimico dell'epoca, ci rivela che le teorie chimiche di Volta avevano una certa rilevanza. Louis Bernard Guyton de Morveau<sup>4</sup> infatti si premurò di compilare una tavola sinottica delle principali teorie chimiche del suo tempo, con questa motivazione:

[...] l'idée m'en est venue pendant le dernier cours que j'ai fait au laboratoire de l'Académie de Dijon; comme mon but & celui de mes Confreres étoit moins de commander une opinion & de faire des sectateurs, que de mettre nos auditeurs en état de se faire à eux-mêmes leur système, nous étions obligés, presque à chaque fait un peu important, de ramener sept ou huit hypothèses qui fournissent des explications différentes, & j'avois remarqué que ceux mêmes qui étoient déjà avancés dans l'étude de la Chimie, avoient peine à se retracer à chaque fois ces diverses séries analytiques; j'imaginai pour lors de les mettre sous leurs yeux par des emblèmes, à la manière de l'illustre Bergman, & je composai ce Tableau<sup>5</sup> [...]

Il grande escluso dalla tavola sinottica è Joseph Priestley,<sup>6</sup> per motivi editoriali: si attendeva la pubblicazione di una sua nuova opera, e quindi la tavola sinottica sarebbe stata passibile di modifiche; d'altro canto, aspettare l'uscita dell'opera di Priestley avrebbe portato troppo avanti i tempi. Le teorie chimiche comprese nella tavola invece sono quelle degli Stahliani, intesi in maniera generica; poi, di Richard Kirwan,<sup>7</sup> di Carl Wilhelm Scheele,<sup>8</sup> di Antoine Lavoisier,<sup>9</sup> di Volta e Crell, di Jean Claude Delamétherie,<sup>10</sup> e infine quelle espresse nella *Nouvelle Encyclopédie* (cioè quelle di Guyton de Morveau stesso).<sup>11</sup>

Il chimico flogistista tedesco Lorenz Crell<sup>12</sup> era direttore dei *Chemische Annalen*, fondati nel 1784, che rappresentavano il più importante periodico di argomento chimico negli Stati tedeschi e che ebbero notevole diffusione anche all'estero, tanto che sia le *Annales de Chimie* di Lavoisier e seguaci, sia gli *Annali di Chimica* di Brugnatelli si modellarono sul periodico di Crell.<sup>13</sup> Guyton de Morveau, come molti suoi contemporanei, leggeva gli *Annalen* e lì aveva potuto trovare espressa la teoria di Scheele in forma definitiva, nonché quella appunto di Crell e Volta.

<sup>4</sup> (1737-1816). W.A. SMEATON, *Guyton de Morveau, Louis Bernard*, in DSB, vol. 5, pp. 600-604.

<sup>5</sup> L.B. GUYTON DE MORVEAU, *Lettre de M. de Morveau a M. De La Métherie sur une table synoptique des parties constituantes de quelques substances principales, suivant toutes les hypotheses*, in «Observations sur la physique», vol. 30, gennaio 1787, p. 45.

<sup>6</sup> (1733-1804). R.E. SCHOFIELD, *Priestley, Joseph*, in DSB, vol. 11, pp. 139-147.

<sup>7</sup> (1733-1812). E.L. SCOTT, *Kirwan, Richard*, in DSB, vol. 7, pp. 387-390.

<sup>8</sup> (1742-1786). U. BOKLUND, *Scheele, Carl Wilhelm*, in DSB, vol. 12, pp. 143-150.

<sup>9</sup> (1743-1794). H. GUERLAC, *Lavoisier, Antoine Laurent*, in DSB, vol. 8, pp. 66-91.

<sup>10</sup> (1743-1817). K.L. TAYLOR, *De Lamétherie, Jean Claude*, in DSB, vol. 7, pp. 602-604.

<sup>11</sup> M. CROSLAND, *Historical studies in the language of chemistry*, Glasgow: University Press, 1962, p. 242.

<sup>12</sup> (1745-1816). K. HUFBAUER, *Crell, Lorenz*, in DSB, vol. 3, pp. 464-466.

<sup>13</sup> K. HUFBAUER, *The formation of the German chemical community (1720-1795)*, Berkeley; Los Angeles; London: University of California Press, 1982; M. CROSLAND, *In the shadow of Lavoisier. The Annales de chimie and the establishment of a new science*, Oxford: Alden, 1994.

Quello che importa sottolineare è il fatto che il nome di Volta figurò insieme a quelli che erano considerati le massime autorità in campo chimico. Questo dimostra che le idee espresse da Volta sia nel *Dizionario* di Macquer che in altre pubblicazioni scientifiche sui vari giornali europei erano state lette, seguite, valutate e considerate altrettanto importanti di quelle dei più grandi chimici d'Europa. Per spiegare questo successo, è utile ricordare che le *Lettere sull'aria infiammabile nativa delle paludi* erano state tradotte in francese e in tedesco,<sup>14</sup> e che gli anni '80 rappresentarono la grande stagione della fortuna di Volta negli Stati tedeschi per quanto riguardava l'elettricità; dunque, sulla scia di questo successo, anche le sue teorie chimiche divennero rilevanti. Inoltre, Volta rifiutava la nuova chimica e questo non poteva che far piacere ai tedeschi, abituati a considerare la Germania come la madrepatria di questa disciplina, ma che ora vedevano questo primato messo in pericolo dai vicini francesi.<sup>15</sup>

Solo intorno alla metà degli anni '90 Volta aderì alle nuove teorie chimiche, restando comunque sempre aperto a possibili modificazioni della teoria lavoisieriana, anche nel senso di ritorno all'antico. A tal proposito è illuminante la famosa lettera a Martinus Van Marum,<sup>16</sup> in cui Volta, nel 1798, ripercorse i suoi studi in campo chimico, ribadendo il fatto di essere stato il primo ad aprire la via verso la comprensione della natura dell'acqua, ma riconoscendo i meriti di Lavoisier. A proposito delle nuove teorie, Volta scrisse:

C'est ainsi, que je m'étois déjà beaucoup approché de la theorie chimique nouvelle non seulement avant qu'elle eût des Partisans hors de la France, mais avant même qu'elle fut publiée dans son ensemble ou eût pris forme de corps. Je n'eus donc pas de peine à l'embrasser dans sa totalité, et il y a déjà plusieurs années que je l'enseigne dans mes leçons et demonstrations publiques. Cependant je ne suis pas loin d'adopter la correction ou addition proposée par quelques Chymistes Allemands, nommément Rùther, et Gren, qui pretendent que les combustibles ne s'oxident pas seulement par la combustion, n'acquirent pas seulement l'oxigene par affinité simple, mais qu'ils en font échange avec un autre principe qu'ils lâchent et qui est la base de la lumière et auquel ils voudroient encore conserver le nom de phlogistique, pour concilier en quelque maniere l'ancienne théorie phlogistique avec la nouvelle pneumatique. Vous connoissez sans doute cette théorie modifiée, que Gren a très-bien développée et vous m'accorderez, qu'elle paroît assez plausible.<sup>17</sup>

Dall'analisi di questo brano emerge che Volta era veramente convinto di essere molto vicino alla teoria lavoisieriana; tuttavia non era così. Volta inizialmente si era avvicinato alla chimica a livello di nuovo possibile campo di indagine, ma non cer-

<sup>14</sup> A. VOLTA, *Lettere sull'aria infiammabile nativa delle paludi*, Milano: G. Marelli, 1777; ci furono quattro traduzioni in tedesco tra il 1777 e il 1778 e una traduzione in francese nel 1778. OV, vol. 6.

<sup>15</sup> H.-G. SCHNEIDER, *The «Fatherland of chemistry»: early nationalistic currents in late 18th century German chemistry*, «Ambix», XXXVI, 1989, pp. 14-21.

<sup>16</sup> (1750-1837). A.M. MUNTENDAM, *Marum, Martin (Martinus) van*, in DSB, vol. 9, pp. 151-153.

<sup>17</sup> Lettera di Volta a Van Marum, Milano, 26 novembre 1798, in OV, vol. 7, p. 271.

tamente a livello teorico; tuttavia, dopo il 1783, egli reinterpretò alla luce delle nuove scoperte le proprie ricerche, considerandole come preparatorie a quella che oggi viene detta rivoluzione chimica e questo gli consentì, quindici anni dopo, di fare le affermazioni sopra riportate.

È invece vero che Volta da molti anni insegnava le nuove dottrine nelle sue lezioni e dimostrazioni, ma anche questa affermazione va approfondita. Lavoisier aveva inviato personalmente a Volta una copia del suo *Traité élémentaire de chimie* con le seguenti parole:

Je ne sais Monsieur quelle opinion vous avés embrassé relativement a la question qui partage les chimistes relativement a l'existence du Phlogistique. J'espère que si vous voules bien donner quelques instans d'attention à l'ouvrage que j'ai l'honneur de vous envoyer vous jugerez qu'on peut expliquer tous les phenomenes de la Chimie sans avoir recours a une substance hipotetique et dont l'existence n'est prouvée par aucune experience directe. Je regarderai votre suffrage comme d'un grand poids dans cette question.<sup>18</sup>

La famosa lettera di Lazzaro Spallanzani a Lavoisier scritta più tardi lo stesso anno ci rivela però che «A riserva di Don Alessandro Volta, [...] le dirò che la di Lei nuova nomenclatura in Chimica e, in Fisica è universalmente abbracciata dalla nostra Università<sup>19</sup> [...]».

Tuttavia, proprio nel 1791 Volta iniziò a prendere confidenza con la nuova nomenclatura. È utile confrontare in questo senso i due discorsi sulle arie infiammabili tenuti all'Università di Pavia il 23 dicembre 1790 e il 16 maggio 1791.<sup>20</sup>

Il primo tratta dell'aria infiammabile, in particolare di quella delle paludi. Ne vengono sottolineate le proprietà e la diversità sostanziale da quella infiammabile metallica (idrogeno), ma anche da quella infiammabile oleosa (ottenuta dalla combustione di corpi animali e vegetali). Come già nello studio dei vapori, anche qui torna la concezione di scala graduata, per quanto riguarda la purezza di queste arie: l'aria infiammabile delle paludi è media tra quella metallica e quella oleosa, in rapporto alla quantità di principio infiammabile contenuto.<sup>21</sup> Inoltre,

[...] può essere benissimo e lo tengo anzi per probabile che una sola sia in fondo l'aria inf., e le differenti specie siano la stessa sempre, cioè l'aria inf. metallica in cui si truovino per avventura miste semplicemente, o disciolte chimicamente delle sostanze estranee [...] e le arie] diverse saranno fra di loro per la dose e quantità forse delle materie che ascondono in seno.<sup>22</sup>

<sup>18</sup> Lettera di Lavoisier a Volta, s.l., 1 gennaio 1791, in *Epistolario di Alessandro Volta*, Bologna: Zanichelli, 1949-1953 [indicato d'ora in poi come EV], vol. 3, p. 95.

<sup>19</sup> Lettera di Spallanzani a Lavoisier, Pavia, 1 settembre 1791, in *Edizione nazionale delle opere di Lazzaro Spallanzani*, a cura di P. DI PIETRO, vol. 5: *Carteggi con Fossombroni [...] Lucchesini*, Modena: Mucchi, 1985, p. 291.

<sup>20</sup> A. VOLTA, *Discorso sull'aria infiammabile nativa*, recitato il 23 dicembre 1790, in OV, vol. 7, pp. 227-233; ID., *Discorso sulle arie infiammabili pure ed impure e sulle accensioni spontanee che talvolta esse presentano*, recitato il 16 maggio 1791, in OV, vol. 7, pp. 237-248.

<sup>21</sup> A. VOLTA, *Discorso sull'aria infiammabile nativa*, cit., p. 230.

<sup>22</sup> *Ibidem*.

In questo discorso, Volta non usa mai il termine «flogisto», ma dice comunque che l'aria infiammabile delle paludi «[...] è incomparabilmente più ricca di principio inf. dell'aria inf. metallica, come io ho scoperto, e posso dimostrare colle prove più dirette<sup>23</sup> [...]».

Tuttavia, nel seguito del discorso egli sembra fare una concessione ai nuovi chimici, che identificano la sostanza che brucia con il carbone (carbonio). Volta non parla più di principio infiammabile, ma di sostanze combustibili contenute in queste arie, come appunto il carbone e l'olio. Nonostante questo, nel testo viene impiegata generalmente la vecchia nomenclatura e l'uso di quella nuova avviene solo nelle esplicite citazioni da Lavoisier o da Claude Louis Berthollet.<sup>24</sup>

Il secondo discorso, tenuto sette mesi dopo, è di tipo polemico. Volta muove alcune obiezioni alle critiche fatte da Antoine François Fourcroy<sup>25</sup> negli anni '80 alla denominazione «aria infiammabile delle paludi».<sup>26</sup> Secondo il francese quest'aria era un miscuglio di idrogeno e anidride carbonica, per cui doveva essere chiamata «gas infiammabile cretoso» (negli anni '80 l'aria fissa — CO<sub>2</sub> — era detta da Lavoisier e compagni «acido cretoso»). Volta sottolinea, a ragione, il fatto che l'aria delle paludi sia un'aria *sui generis* a pieno titolo, e non una miscela di gas; inoltre, c'è da parte sua un impiego consapevole della nuova terminologia e una padronanza sicura della nuova teoria chimica. Poiché è stato dimostrato che quest'aria brucia perché contiene carbone, Fourcroy

[...] chiami, dico, conformandosi ai Colleghi suoi nella nuova teoria e nomenclatura chimica, tal aria, e quella omologa della distillazione, *gas inf. carbonioso*, o carbonizzato, che questo nome adotterò ancor io di buon grado, senza abbandonare però l'antico da me datole di *aria inf. nativa delle paludi*, datole, dico, tanto in vista dell'origin sua più comune, quanto ancora per distinguerla [...] dalle altre *arie native* [...] che son sovente anch'esse infiammabili, ma hanno altra origine.<sup>27</sup>

Volta ribadisce l'unicità dell'aria infiammabile pura (idrogeno), che si manifesta in diversi modi a seconda di quale altra sostanza tenga unita ad essa: così sono state scoperte altre arie infiammabili che tuttavia non contengono carbone o olio. Conformemente ai principi della nuova nomenclatura, la denominazione «gas infiammabile carbonioso» diventa *gas idrogenio carbonoso*, in analogia con il *gas idrogenio solforoso* (H<sub>2</sub>S) e con il *gas idrogenio fosforoso* (PH<sub>3</sub>). Ma, come abbiamo visto più sopra, Volta si riserva comunque di mantenere il nome che ha dato alla «sua» aria.

<sup>23</sup> *Ibidem*, p. 229.

<sup>24</sup> (1748-1822). S.C. KAPOOR, *Berthollet, Claude Louis*, in DSB, vol. 2, pp. 73-82.

<sup>25</sup> (1755-1809). W.A. SMEATON, *Fourcroy, Antoine François*, in DSB, vol. 5, pp. 89-93.

<sup>26</sup> A.F. FOURCROY, «Premier Mémoire sur le gaz inflammable des marais [letto all'Accademia delle Scienze di Parigi il 4 marzo 1780]», in ID., *Mémoires et observations de chimie [...] pour servir de suite aux Elémens de Chimie, publiés en 1782, par l'Auteur*, Paris: Cuchet, 1784, pp. 151-166; ID., «Second Mémoire sur le gaz inflammable des marais [letto all'Accademia delle Scienze di Parigi il 6 luglio 1782]», *ibidem*, pp. 167-189.

<sup>27</sup> A. VOLTA, *Discorso sulle arie infiammabili pure ed impure* [...], cit. p. 242.

È tipico di numerosi chimici italiani accettare i risultati sperimentali di Lavoisier e dei suoi compagni, nonché le loro interpretazioni teoriche, ma faticare parecchio ad accettare la nuova nomenclatura. Ricordo che il dibattito in Italia si fece veramente vivace proprio a partire dal 1790, quando il *Traité* divenne disponibile in italiano<sup>28</sup> (non tanto per la lingua, quanto per il numero di copie a disposizione) e che raggiunse il suo apice cinque anni dopo.

L'atteggiamento di Volta nei confronti della nuova nomenclatura non fu diverso da quello dei suoi contemporanei: l'uso della sinonimia divenne abituale nelle sue produzioni di argomento chimico nonché nelle sue lezioni.<sup>29</sup> Un documento importante in questo senso è rappresentato dal prospetto delle lezioni relativamente agli anni 1791-1794.<sup>30</sup> La sinonimia domina gli argomenti delle lezioni, anche se nella descrizione più dettagliata delle lezioni stesse Volta adotta i nuovi termini. Tuttavia, la scelta del libro di testo è rappresentata dagli *Elementi di Fisica Sperimentale* di Giuseppe Saverio Poli,<sup>31</sup> nella versione annotata da Vincenzo Dandolo.<sup>32</sup> Le motivazioni di questa scelta ci sono fornite da Volta stesso:

Quest'Opera peccando un poco nel diffuso, per quel che dovrebbe essere un libro di Elementi, con che però si guadagna dalla parte della chiarezza, è assolutamente buona, e comprende tutte, o quasi tutte le moderne scoperte. Trovansi esposte nel testo con sufficiente chiarezza sì le nuove teorie degli *Antiflogistici* o *Pneumatici*, che le antiche de' *Stabliani*, con tutte le modificazioni che hanno ricevuto; intorno alle quali teorie se resta in sospeso il Poli nulla dicendo, e propendendo piuttosto verso la *Dottrina del Flogisto*, alla quale conforma in maggior parte le sue spiegazioni, il Dandolo all'incontro nelle sue lunghe note sta per la *teoria antiflogistica* di Lavoisier, e per la *nuova Nomenclatura*, saldo e forte nel combattere ad ogni occasione la Dottrina del Flogisto. In tal modo verranno ad avere gli Scolari i fondamenti e le ragioni delle diverse teorie, che hanno eccitate in questi ultimi anni tante dispute calorose; e si porranno in istato d'intendere a dovere tutte le *Opere Fisico-chimiche*. Non tralascia poi il Poli in questi suoi Elementi di esporre anche le altre idee sul fuoco di Scheele, di de Luc, e di altri. L'opera è corredata di molte figure, che facilitano assai l'intelligenza delle cose. Altronde non è cara<sup>33</sup> [...].

<sup>28</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 e corredato di annotazioni da Vincenzo Dandolo Veneto*, Venezia: Antonio Zatta e figli, 1791.

<sup>29</sup> A questo proposito si legga il *Diario dell'Abate Giuseppe Mangili*, dal 17 aprile al 28 giugno 1792, in EV, vol. 3, pp. 484-489.

<sup>30</sup> A. VOLTA, *Prospetto delle lezioni, che tiene nel suo annuo corso il professore di fisica particolare*, lettera al Magistrato Politico Camerale ed alla Giunta degli Studi, Luglio 1794 [1795], in EV, vol. 3, pp. 495-540.

<sup>31</sup> (1746-1825). D. VACCOLINI, G. S. Poli, in E. DE TIPALDO (a cura di), *Biografia degli italiani illustri*, Venezia: Alvisopoli, 1834-1845, vol. 3, pp. 193-195. G.S. POLI, *Elementi di fisica sperimentale*, Venezia, 1795.

<sup>32</sup> (1758-1819). P. PRETO, Dandolo, Vincenzo, in *Dizionario biografico degli italiani*, Roma: Istituto della Enciclopedia Italiana, 1960- [indicato d'ora in poi come DBI], vol. 32, pp. 511-516.

<sup>33</sup> A. VOLTA, *Prospetto delle lezioni, che tiene nel suo annuo corso il professore di fisica particolare*, cit., p. 517.

Dunque Volta considerava importante fornire agli allievi il confronto tra le due teorie, implicitamente perché, a mio avviso, non era del tutto convinto della nuova. Una ragione non secondaria per la scelta di questo testo era inoltre il fatto che esso conteneva un'ampia trattazione dell'elettricità atmosferica, inserita dai curatori come integrazione alle scarse indicazioni fornite da Poli.<sup>34</sup>

Possiamo ipotizzare inoltre che la diffidenza di Volta nei confronti della nuova nomenclatura derivasse anche dalla sua vicinanza e amicizia con il chimico Luigi V. Brugnatelli,<sup>35</sup> del quale sono noti i tentativi di riforma alla nuova nomenclatura,<sup>36</sup> basati inizialmente sui risultati della combustione del fosforo in azoto puro pubblicati dal professore di chimica a Jena Johann Friederich August Götting.<sup>37</sup> Anche Volta entrò in merito alla questione del fosforo, tanto più che aveva già studiato questa sostanza alla fine degli anni '70.<sup>38</sup> Inizialmente fu contattato da Carlo Amoretti<sup>39</sup> per avere suggerimenti in merito alla traduzione dell'opera di Götting;<sup>40</sup> Volta rispose esponendo la sua convinzione che «[...] nell'opera di Götting nessuno dei due partiti vi troverà il suo conto, mi pare, dico, che conduca anzi tal nuova dottrina a conciliare la *teoria dei pneumatici*, la teoria medesima di Lavoisier, mercè di alcune mutazioni soltanto, colla teoria flogistica<sup>41</sup> [...]». Questo perché

Anche nella teoria di Crawford la sorgente del calore nella combustione, calcinazione de' metalli, respirazione ec. è l'aria pura: lo stesso nella teoria di Lavoisier; la quale differisce dalla nuova di Götting soltanto per ciò che riguarda la luce, di cui il primo non sembra quasi tener conto, o la suppone, senza provarlo, combinata insieme col calorico nella stessa aria vitale; laddove il nostro Chimico tedesco ne fa grand'uso, facendo per essa luce giuocare le *affinità doppie*, come fatto avea già Macquer; e pretende che stanzj nel fosforo, nel solfo, e in tutti i combustibili, nei metalli e nell'aria detta già flogisticata da Priestley, poi *gas azotico* dai neochimici; nei corpi insomma già tenuti per *ricchi di flogisto* dagli Stahliani e da Macquer per *ricchi di luce fissa*, sinonimo secondo noi di flogisto.<sup>42</sup>

Inoltre, Volta propose di chiamare l'azoto «gas lucifero» in base alla nuova teoria del tedesco, concludendo con queste parole: «Il punto sta, che una tal nuova

<sup>34</sup> «Riflessioni sull'elettricità», in G.S. POLI, *Elementi di fisica sperimentale*, Venezia: A. Curti, 3. ed., 1798, vol. 4, pp. 355-394, tra le lezioni 26 e 27.

<sup>35</sup> (1761-1818). U. BALDINI, *Brugnatelli, Luigi Valentino*, in DBI, vol. 14, pp. 494-497.

<sup>36</sup> M. BERETTA, *Luigi Valentino Brugnatelli e la chimica in Italia alla fine del Settecento*, in «Storia in Lombardia», vol. 2, 1988, pp. 3-31.

<sup>37</sup> (1753-1809). K. HUFBAUER, *The formation of the German chemical community (1720-1795)*, cit., Appendix 1, pp. 207-208.

<sup>38</sup> Lettera di Volta a Marsilio Landriani, Como, 3 marzo 1778; lettera di Volta a Landriani, Como, 18 marzo 1778, in OV, vol. 6, pp. 227-232.

<sup>39</sup> (1741-1816). R. DE FELICE, *Amoretti, Carlo*, in DBI, vol. 3, pp. 9-10.

<sup>40</sup> Lettera di Volta ad Amoretti, Pavia, 27 marzo 1795, in *Aggiunte alle Opere e all'Epistolario di Alessandro Volta*, Bologna: Zanichelli, 1966, pp. 65-69.

<sup>41</sup> *Ibidem*, p. 66.

<sup>42</sup> *Ibidem*, p. 67.



dottrina, alla quale confesso ch'io inclino, venga solidamente stabilita, e confermata da nuove sperienze». <sup>43</sup>

Volta stesso eseguì alcune di queste esperienze, <sup>44</sup> osservando che 1) la combustione in azoto puro non avveniva; 2) la combustione in ossigeno puro avveniva solo al di sopra di 20-24 °R; 3) in un miscuglio di azoto e ossigeno la combustione avveniva a temperature tanto più basse quanto più azoto era presente; 4) lo stesso accadeva impiegando aria infiammabile o aria fissa invece che azoto; 5) in queste combustioni l'unico gas ad essere consumato era l'aria vitale; 6) dopo la combustione restava comunque sempre un residuo di aria vitale, ed era proprio questo che aveva tratto in inganno Götting; 7) il solo gas vitale era dunque responsabile della combustione; 8) gli altri gas

[...] vi concorrono solo indirettamente: cioè dispongono e aiutano il Fosforo a prendersi e incorporarsi la base dell'aria vitale, l'ossigeno: di modo che giunge a questo, e ottiene una combustione, lenta però, anche a temperature molto basse; laddove senza un tal aiuto di sorta non succeda alcuna combustione e neppure la lenta, se non arriva la temperatura sopra i 20. gradi, alla quale subentra poi per poco quella viva, e rapida deflagrazione, di cui esso fosforo è suscettibile. <sup>45</sup>

Questa conclusione indusse Volta ad abbandonare la teoria di Götting, che nel frattempo era stata smentita anche dal suo collega Lazzaro Spallanzani <sup>46</sup> e in seguito fu abbandonata anche da Brugnatelli.

Nei primissimi anni dell'800, Volta e Brugnatelli si occuparono insieme di elettrochimica, sulla scia della scoperta della pila da parte di Volta. Marsilio Landriani <sup>47</sup> aveva comunicato a Volta la scoperta della decomposizione dell'acqua da parte di William Nicholson e Anthony Carlisle a metà agosto 1800; <sup>48</sup> Volta rispose circa un mese dopo «[...] che codesto fenomeno della calcinazione de' metalli nell'acqua, e decomposizione di quest'ultima, per virtù della corrente elettrica mossa e mantenuta perpetuamente in giro dal mio apparato, non mi riuscì del tutto nuovo», <sup>49</sup> e di avere già osservato per mezzo dell'apparato a corona di tazze che il sale comune

<sup>43</sup> *Ibidem*, pp. 67-68.

<sup>44</sup> Estratti di lettere di Volta a Racagni, Pavia, 16 marzo 1796, in OV, vol. 7, pp. 259-266.

<sup>45</sup> *Ibidem*, p. 266.

<sup>46</sup> (1729-1799). C.E. DOLMAN, *Spallanzani, Lazzaro*, in DSB, vol. 12, pp. 553-567. L. SPALLANZANI, *Chimico esame degli esperimenti del Sig. Götting Professore a Jena sopra la luce del fosforo di Kunkel osservata nell'aria comune, ed in diversi fluidi aeriformi permanenti, nella qual occasione si esaminano altri fosfori posti dentro ai medesimi fluidi, e si cerca se la luce solare guasti il gaz ossigeno, siccome pretende questo Chimico*, Modena: Società Tipografica, 1796. F. ABBRI, «Spallanzani» e la «chimica nuova», in F. CAPUANO, P. MANZINI (a cura di), *La «mal-aria» di Lazzaro. Spallanzani e la respirabilità dell'aria nel Settecento*, Firenze: Olschki, 1996, pp. 3-15.

<sup>47</sup> (1751-1816). *Lessico Universale Italiano*, Roma: Istituto della Enciclopedia Italiana, 1968, vol. 11, p. 490.

<sup>48</sup> Lettera di Landriani a Volta, Vienna, 17 agosto 1800, in OV, vol. 2, pp. 3-5.

<sup>49</sup> Lettera di Volta a Landriani, Como, 22 settembre 1800, in OV, vol. 2, p. 7.

(NaCl), il sale di Glauber (NaSO<sub>4</sub>) e l'allume si decomponivano per mezzo della pila, «comparendo la soda a nudo».<sup>50</sup>

Come già nel 1783, ancora una volta l'acqua si era rivelata refrattaria alle manipolazioni di Volta; ancora una volta, l'uso di un apparato di un certo tipo piuttosto che di un altro impedì a Volta di utilizzare una sua invenzione per fare una scoperta rivoluzionaria. Egli infatti impiegava larghe lastre di metallo, che richiedevano alcuni giorni per calcinarsi, mentre Nicholson si era servito di fili metallici sottili, che si ossidavano all'istante.<sup>51</sup>

In seguito Volta aveva ossidato anche metalli nobili come oro, argento e platino, il che lo aveva portato ad asserire:

È dunque il fluido elettrico, che scorre pe' detti metalli, e passa invisibilmente, placidamente, e continuamente dall'uno all'altro attraverso un piccolo strato di acqua, più attivo ed efficace in determinare e promuovere la decomposizione di questa, e la termossidazione di quelli, che non è il fuoco, ossia un calore intensissimo, e portato fino all'incandescenza di essi metalli. È dunque per se stesso un vero agente chimico de' più efficaci.<sup>52</sup>

Nel corso di questa lettera Volta impiegò la sinonimia tra la nomenclatura antica e quella riformata di Brugnatelli, e non quella «ufficiale» dei francesi; tuttavia non fu un seguace convinto neppure di questa. Inoltre, questa lettera si chiude con un'affermazione rilevante per capire l'atteggiamento di Volta nei confronti delle novità scientifiche:

[...] ho già nel corso di queste tre settimane, oltre aver notato varie circostanze e aggiunti, che meritano molta riflessione, ottenuto alcuni risultati, che credo nuovi, e vanno a portare qualche cambiamento, o modificazione alla teoria adottata ormai generalmente della calcinazione de' metalli; sembrami indicare, che in due maniere possono venir questi calcinati nell'acqua, cioè; o combinandovisi il solo termossigeno di questa, mentre il radicale infiammabile se ne svolge in forma di gas, come lo vuole appunto l'accennata teoria pneumatica; o combinandovisi l'acqua in natura, senza decomposizione, senza svolgimento alcuno di gas: le quali due specie di calcinazione presentano una notevole differenza anche nel colore delle rispettive calci, ec.<sup>53</sup>

Per concludere, vorrei fare due considerazioni. La prima è che la propensione di Volta verso i fenomeni «strani» che si proponevano agli scienziati e verso spiegazioni teoriche alternative a quella pneumatica da un lato è indice di grande curiosità scientifica e di desiderio di ricerca della verità; ma d'altro canto la sua propensione iniziale per Götting, poi per la teoria di Rütther e Gren, e infine per le conseguenze teoriche derivabili dall'uso chimico della pila indicano che Volta non era soddisfatto della nuova teoria chimica a disposizione e, soprattutto, che non riuscì

<sup>50</sup> *Ibidem*, p. 8; le due lettere furono pubblicate con il titolo A. VOLTA, *Sopra alcuni fenomeni chimici ottenuti col nuovo apparecchio elettrico*, «Annali di chimica», XVIII, 1800, pp. 3-23.

<sup>51</sup> Lettera di Volta a Landriani, Como, 22 settembre 1800, cit., p. 8.

<sup>52</sup> *Ibidem*, p. 9.

<sup>53</sup> *Ibidem*, p. 11.

mai a liberarsi completamente dell'ortodossia alle vecchie teorie, condividendo in questo l'attitudine della maggioranza degli scienziati italiani di fine secolo con interessi legati alla chimica.

La seconda considerazione è che Volta non era un chimico *tout court*: egli infatti cercava risposte soprattutto agli studi sul calore, sull'evaporazione e sull'elettricità. La sua originalità sta nel fatto che, a differenza di altri fisici, il suo approccio a questo tipo di fenomeni lasciava spazio alla dimensione chimica. È interessante notare come Volta, quando ragionava in termini fisici, usasse il termine di «principio calorifico», per indicare il calore o fuoco, mentre quando ragionava da chimico impiegasse il termine di «fluido igneo». Lo stesso discorso vale per l'elettricità, che poteva essere considerata sia fisicamente che come agente chimico. Volta era dunque capace di tenere presente entrambi gli aspetti, chimico e fisico, dei fluidi sottili e imponderabili che pervadevano il mondo settecentesco; questo dimostra che il problema della distinzione di questi due aspetti, e della conseguente divisione disciplinare tra chimica e fisica, appartiene forse più agli storici della scienza che ad uno scienziato del Settecento.

MARCO BERETTA \*

## Il laboratorio di Lavoisier \*\*

### Lavoisier's laboratory.

**Summary** – Recent historiography of the Chemical Revolution has rightly insisted upon the importance of the high precision instruments invented and used by Lavoisier during his experimental practice. To this assessment, however, it did not follow a consequent survey on the origin and composition of Lavoisier's laboratory. On the basis of unpublished and unknown documents the present article briefly illustrates the principal aspects of Lavoisier's laboratory and points out its innovative features.

Ricorrendo all'espedito di giudicare il passato attraverso il presente, gli storici della scienza hanno spesso identificato gli enormi progressi compiuti dalla chimica ottocentesca con lo sviluppo istituzionale e industriale goduto da questa disciplina negli stati tedeschi. Questa interpretazione retrospettiva non tiene conto del fatto che nei primi anni del diciannovesimo secolo la chimica, grazie a Lavoisier e alla riforma dell'educazione scientifica che fece seguito alla Rivoluzione, veniva identificata con la Francia e non c'era scienziato o naturalista che aspirasse a mettersi in luce in questa scienza senza prima cercare una legittimazione dalla comunità chimica francese.

Alla fine del Settecento la rivoluzione teorica di Lavoisier aveva dato straordinario impulso alla ricerca sperimentale e all'affermarsi istituzionale della chimica in quasi tutta Europa. L'importanza di questo fondamentale cambiamento concettuale aveva portato con sé anche un rinnovato approccio nella pratica di laboratorio.

Nel 1761 Lavoisier, allora diciottenne, aveva seguito un corso di fisica sperimentale diretto dall'abate Jean Nollet. Questo incontro era destinato a rivelarsi deci-

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

\*\* Relazione presentata all'VIII Convegno Nazionale di «Storia e Fondamenti della Chimica» (Arezzo, 28-30 ottobre 1999).

sivo. Nollet infatti aveva dato nuovo impulso all'insegnamento della fisica modificandone radicalmente l'ambito disciplinare. Ostile alla tradizione che da Aristotele a Cartesio aveva delimitato i confini della fisica entro gli angusti orizzonti della speculazione teorica, Nollet rivendicava l'importanza dell'osservazione diretta e della sperimentazione. In un famosissimo manuale, intitolato *Leçons de physique expérimentale* (Parigi, 1754, 6 voll.), Nollet illustrava le modalità di costruzione di una grandissima varietà di strumenti fisici utilizzati durante le lezioni pubbliche. Bilance, aerometri, termometri, barometri, macchine elettriche, bottiglie di Leida, modelli meccanici ed altri congegni venivano descritti nei minimi dettagli così da offrire agli allievi, o chiunque fosse interessato ad approfondire la natura dei principali fenomeni fisici, la possibilità di ripetere gli esperimenti in proprio. L'enfasi posta da Nollet sull'importanza degli apparecchi di laboratorio costituiva una novità fondamentale che sanciva il passaggio dalla fisica speculativa e teorica alla fisica dei laboratori. Lavoisier avrebbe fatto propria questa impostazione attribuendo al laboratorio e agli strumenti scientifici una funzione centrale nella propria attività di chimico.

In effetti Lavoisier, soprattutto sul finire della carriera, aveva fatto del proprio laboratorio all'Arsenal un luogo di incontro e di collaborazione tra vere e proprie équipes di ricerca. A partire dagli esperimenti sulla sintesi e decomposizione dell'acqua del 1785 fino alle ultime esperienze sulla respirazione animale, il chimico francese si era avvalso della collaborazione di un gruppo di giovani praticanti, affiancati dalla supervisione di più esperti studiosi, normalmente reclutati all'Académie Royale des Sciences. Monge, Vandermonde, Cousin, Laplace, Cadet, Sage, Meusnier de La Place ed altri accademici assisterono e collaborarono alla riuscita degli esperimenti sull'acqua; questo folto gruppo di testimoni attivi veniva affiancato da ospiti stranieri di riguardo come Blagden, Landriani, Volta, Van Marum, Young ed altri naturalisti i quali, in più di un'occasione, ebbero l'opportunità di collaborare e proporre modifiche importanti alle pratiche sperimentali adottate da Lavoisier. Oltre ad essere un luogo di incontro tra tradizioni di ricerca ed ambiti disciplinari differenti, il laboratorio di Lavoisier si presentava come una vera e propria scuola di apprendistato sperimentale.

Una importante testimonianza iconografica del laboratorio del chimico francese è costituita dai due disegni al nero di seppia, databili intorno al 1790, che Madame Lavoisier realizzò al fine di illustrare la vita di laboratorio, a lei ormai familiare, e gli esperimenti compiuti da Lavoisier e i suoi collaboratori sulla respirazione umana [Figg. 1-2]. Si tratta di documenti di eccezionale importanza poiché illustrano non solo il primo esperimento compiuto per studiare la fisiologia della respirazione umana, ma anche perché non ci è rimasta alcuna testimonianza scritta su quali strumenti Lavoisier avesse utilizzato nella realizzazione di queste cruciali esperienze.<sup>1</sup> Con questi esperimenti Lavoisier sperava di conoscere il costo energetico di qual-

<sup>1</sup> I disegni (dimensioni: 36 x 22 cm.) sono ancora in mano agli eredi.

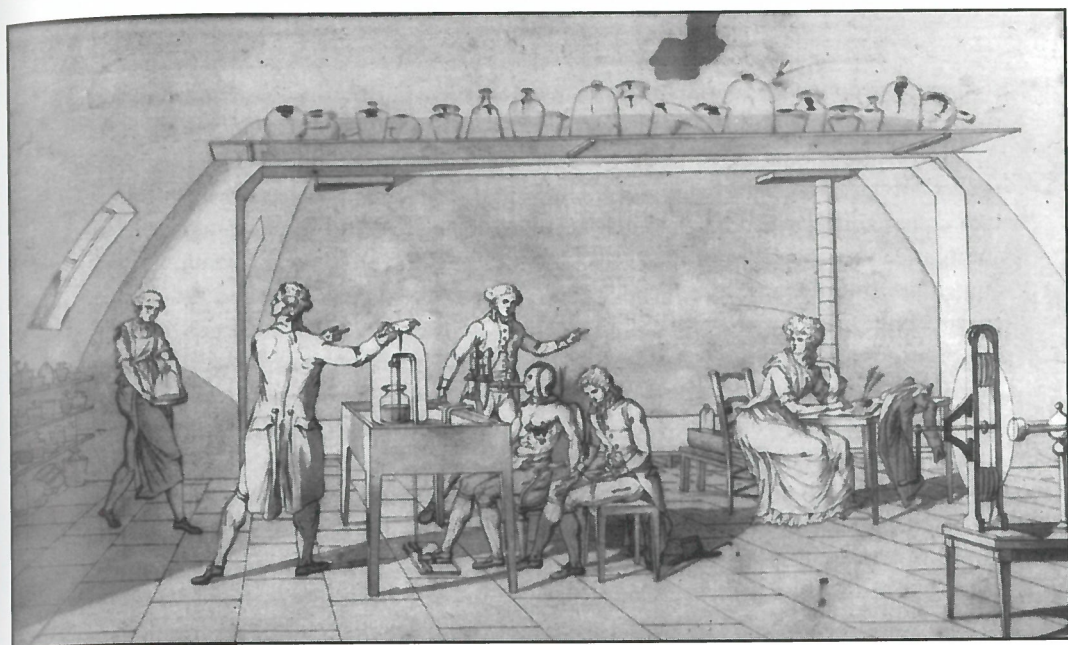


Fig. 1 - Gli esperimenti di Lavoisier sulla fisiologia della respirazione umana da un disegno di Madame Lavoisier. Ca. 1790. Collezione privata.

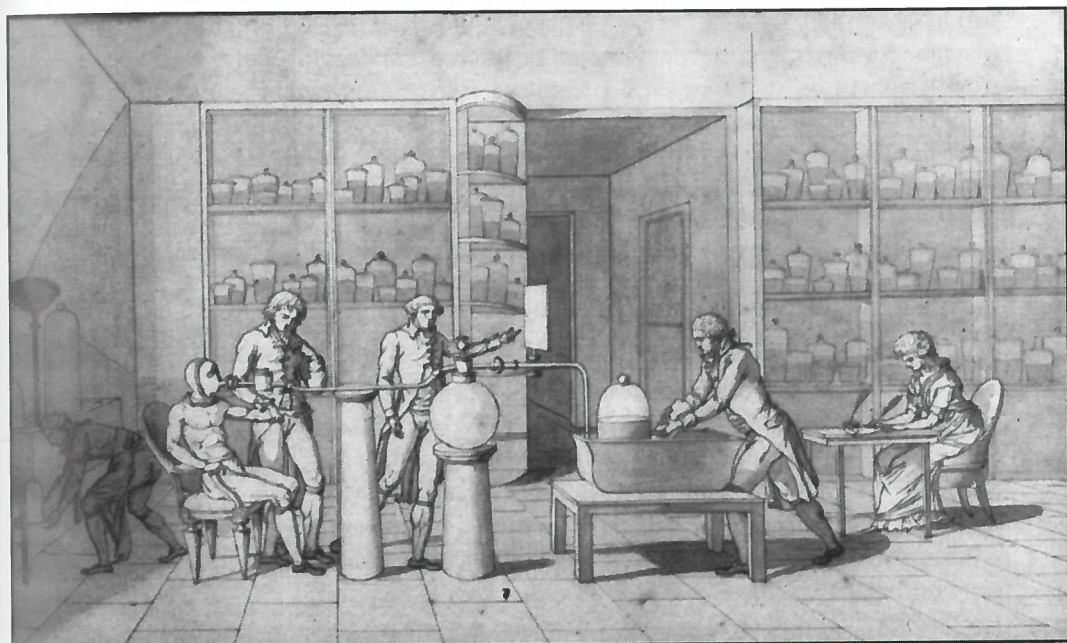


Fig. 2 - Gli esperimenti di Lavoisier sulla fisiologia della respirazione umana da un disegno di Madame Lavoisier. Ca. 1790. Collezione privata.

siasi attività umana, comprese quelle intellettuali e i risultati, così efficacemente riprodotti da Madame Lavoisier, mostravano che il consumo di ossigeno a riposo di Armand Séguin, l'assistente di laboratorio che si sottopose alle analisi, era di 1210 pollici cubici (ca. 400 ml.) al minuto. Durante la digestione, l'abbassamento improvviso di temperatura o l'esercizio fisico, come illustrato nella tavola seguente, il consumo si elevava a 1800-1900 pollici cubici. Sommando i fattori il consumo poteva aumentare fino a tre volte. Grazie a queste esperienze Lavoisier fu in grado di formulare delle ipotesi innovative sui regolatori biologici della salute, mostrando la relazione sussistente tra respirazione, traspirazione, calore animale e nutrizione.

Oltre che a descrivere con grande precisione l'andamento degli esperimenti e degli strumenti utilizzati, Madame Lavoisier è ritratta, in entrambi i disegni, mentre riporta nel protocollo di laboratorio i risultati ottenuti. Purtroppo i protocolli di questi esperimenti sono andati perduti, anche se sappiamo dai protocolli superstiti che Madame Lavoisier fu spesso chiamata, a partire dal 1785, a scrivere i resoconti di alcuni esperimenti.

Queste illustrazioni costituiscono inoltre un'importante testimonianza iconografica sul cambiamento che, grazie a Lavoisier, stava conoscendo l'attività di laboratorio. In effetti vediamo in entrambi i disegni che l'esperimento è un evento scandito da una rigida divisione del lavoro e dei ruoli. C'è chi dirige l'esperimento dall'esterno, Lavoisier, chi lo subisce, Séguin, chi registra alcuni dati preliminari come le pulsazioni di Séguin, chi, più semplicemente assolve le mansioni di assistente rispondendo alle richieste che gli vengono impartite da Lavoisier, chi infine, Madame Lavoisier, registra e sintetizza l'esperimento nel protocollo.

Il laboratorio di Lavoisier si presentava come una vera e propria scuola di apprendistato sperimentale che costituì da modello al laboratorio didattico introdotto con successo nell'Ecole Polytechnique alla fine del secolo. Alcuni assistenti di Lavoisier, quali Hassenfratz e Séguin, che per nascita o educazione non avrebbero mai potuto aspirare ad una carriera scientifica, riuscirono, grazie all'attività di assistente di laboratorio, a mettersi in luce e conquistarsi una reputazione scientifica sufficiente per assicurarsi una posizione retribuita all'Ecole Polytechnique o in altre istituzioni scientifiche repubblicane. Contrariamente ai suoi predecessori, infatti, Lavoisier incoraggiava i suoi assistenti a pubblicare i loro contributi con il proprio nome, una prassi che verrà ripresa con grande successo agli inizi del diciannovesimo secolo, tanto che Gay-Lussac e Liebig ne fecero il fondamento del loro insegnamento sperimentale. Anche la pratica dell'apprendistato veniva profondamente modificata. Tutti, anche gli assistenti e gli studenti, venivano chiamati a partecipare con mansioni ben definite all'esperimento. L'insegnamento non avveniva dal pulpito di una cattedra, come era solito avvenire nei tradizionali anfiteatri universitari, ma in uno spazio orizzontale dove tutti erano chiamati a svolgere un ruolo attivo e a partecipare.

I disegni di Madame Lavoisier ci rivelano molte altre cose interessanti a cui per brevità non si può che accennare. Innanzitutto la meticolosità e precisione con cui sono stati descritti gli strumenti ha consentito ad uno storico tedesco, Johann Peter

Prinz, una precisa ricostruzione di entrambi gli esperimenti.<sup>2</sup> In generale, possiamo ammirare come, grazie a Lavoisier, il laboratorio di chimica tradizionale, normalmente poco più grande di una cucina assumesse delle dimensioni molto maggiori tanto che i due esperimenti furono realizzati in due stanze diverse. Infine, troviamo per la prima volta una donna ritratta mentre partecipa ad un esperimento chimico.

Per quanto significative ed importanti le rappresentazioni di due esperimenti di Lavoisier non possono che dare indicazioni del tutto sommarie sulla reale composizione fisica del suo laboratorio. Su quest'ultimo argomento gli storici della rivoluzione chimica hanno studiato alcuni strumenti ed aspetti specifici della pratica sperimentale, mettendo bene in evidenza l'importanza che Lavoisier attribuiva alla precisione ed accuratezza dei suoi apparati analitici ma lasciando in ombra il contesto.<sup>3</sup> Inoltre, dopo gli studi pionieristici di Maurice Daumas, gli strumenti di Lavoisier, benché tuttora conservati al Musée National des Arts et Métiers di Parigi, sono stati valutati più sulla base di quanto ne aveva scritto il chimico francese nelle sue opere a stampa che sulla loro effettiva efficacia. Partendo da questo approccio, non sorprende che alcuni sociologi della scienza siano giunti a sostenere ad esempio che la supposta precisione del calorimetro di Lavoisier e Laplace risiedeva più nel nome che nella cosa<sup>4</sup> o, in modo più generale, che strumenti complessi come il gasometro o le bilance ad alta precisione, costituivano degli strumenti retorico-politici atti a sottrarre la pratica scientifica ai dilettanti e a legittimare la professionalità dello scienziato accademico.<sup>5</sup> Uno storico attento potrebbe obiettare a questa presunta novità storiografica che già nel 1796 un collega di Lavoisier alla

<sup>2</sup> JOHANN PETER PRINZ, *Die experimentelle Methode der ersten Gasstoffwechseluntersuchungen am ruhenden und quantifiziert belasteten Menschen (A.L. Lavoisier und A. Seguin 1790). Versuch einer kritischen Deutung* (Sankt Augustin: Academia Verlag, 1992).

<sup>3</sup> Sul laboratorio di Lavoisier cfr. M. TRUCHOT, «Les instruments de Lavoisier. Relation d'une visite a La Canière, ou se trouvent réunis les appareils ayant servi à Lavoisier», *Annales de chimie*, 5<sup>th</sup> series, 18, (1879), 289-319; M. DAUMAS, «Les appareils d'expérimentation de Lavoisier», *Chymia*, 3, (1950), 56-62; ID., *Lavoisier théoricien et expérimentateur*, cit. in n. 1, 132-156; A. TRUMAN SCHWARTZ, «Instruments of the Revolution: Lavoisier's apparatus», *Bulletin for the History of Chemistry*, 5, (1989), 31-34; TREVOR H. LEVERE, «Balance and Gasometer in Lavoisier's Chemical Revolution», in MICHELLE GOUPIL (ed.), *Lavoisier et la révolution chimique*, (Paris: Sabix, 1992), 313-332.

<sup>4</sup> LISSA ROBERTS, «A Word and the World: The Significance of Naming the Calorimeter», *Isis*, 82, 1991, pp. 199-222.

<sup>5</sup> Questa è l'opinione di Jan Golinski che vede nell'uso degli strumenti nulla più che un mezzo efficace per rafforzare l'argomento, in sé del tutto retorico, della quantificazione della chimica, cfr. *The Nicety of Experiment: precision of measurement and precision of reasoning in late eighteenth century chemistry*, in N. WISE (ed.), *The values of precision*, Princeton, Princeton UP, 1995, pp. 72-91. Altrove Golinski è ancora più semplicista e dichiara «the technical refinements [...] made experiments in this fields harder, by raising the stakes in terms of the necessary level of equipment and skills for making contributions in future. Investigators who lacked these resources would no longer need to be taken seriously», ID., *Science as public culture: chemistry and enlightenment in Britain, 1760-1820*, (Cambridge: Cambridge UP, 1992), p. 212.



*Commune*, P. Quenard, lo aveva già accusato di aver fatto incrementare smisuratamente i costi del laboratorio di chimica e che gli strumenti servivano più a imporre la propria autorità che a studiare i fenomeni chimici.<sup>6</sup> Non sorprende che il giudizio di Quenard come quello dei suoi più recenti epigoni siano accomunati dalla totale assenza di conoscenza del funzionamento degli strumenti ideati da Lavoisier. A parziale discolta di Quenard, tuttavia, va rilevato che in qualità di uomo politico non poteva addentrarsi nei particolari di una scienza che gli era totalmente estranea. D'altra parte, nei due secoli che ci separano dalla denuncia di Quenard, l'affinarsi dell'analisi storica avrebbe dovuto averci fatto acquisire la consapevolezza che le fonti primarie, se non proprio studiate, vadano almeno scorse, e al tanto decantato ruolo degli strumenti scientifici nella pratica sperimentale deve seguire un conseguente approccio di studi storici rigorosi. Così assistiamo al proliferare di ipotesi molto complesse per spiegare perché il gasometro di Lavoisier fosse costato l'equivalente di 200 milioni odierni, senza che venga ritenuto utile approfondire adeguatamente la sua natura tecnica, il suo funzionamento, i materiali utilizzati, la cronologia dei suoi miglioramenti, tutti quei dati insomma che attengono all'uso a cui era stato effettivamente destinato questo celebratissimo strumento.

Il gasometro è uno strumento molto complesso che Lavoisier utilizzò, nella forma presentata nelle tavole del *Traité élémentaire de chimie* [Fig. 3], al fine di ripetere con maggiore precisione gli esperimenti che nel 1785 gli avevano consentito di dimostrare la natura composta dell'acqua. Nelle tavole del *Traité*, splendidamente illustrate e incise da Madame Lavoisier, vediamo che nel caso di strumenti complessi, come il gasometro, per dare un'idea esatta delle dimensioni agli eventuali costruttori, Lavoisier aveva introdotto la scala dimensionale, posta in calce alle illustrazioni. Questa importantissima innovazione, paradossalmente assente da quasi tutti i manuali di chimica dell'epoca, mostra che, contrariamente a quanto sostengono i sociologi, Lavoisier cercava in tutti i modi di favorire la ripetizione degli esperimenti. Indubbiamente la complessità del gasometro rendeva difficile, anche se non impossibile, la ricostruzione del contesto sperimentale. L'esperimento sulla decomposizione dell'acqua infatti era estremamente laborioso, come si può osservare dalla ricostruzione presente nella [Fig. 4]. Ecco come ce lo descrive un contemporaneo di Lavoisier, Arthur Young, che nel 1787 aveva visitato il laboratorio dell'Arsenal:

<sup>6</sup> Nel 1796 P. Quenard infatti scriveva: «Lavoisier n'avait encore que cinquante ans. L'étude lui avait laissé toute sa vigueur: toutes les difficultés étaient vaincus; il avait crée la science; et, comme il jouissait d'une fortune brillante, et qu'il avait la passion de son art, il n'épargnait rien pour découvrir une vérité: il ne calculait ni la peine, ni l'argent, quand il s'agissait d'avancer d'un pas. La seule expérience de la décomposition si simple de l'eau lui avait coûté plus de cinq cents mille livres. C'est sans doute cette passion des recherches qui l'avait rendu avare, insensible même à l'égard de tout ce qui l'approchait». FRANÇOIS BONNEVILLE, *Portraits des personnages célèbres de la révolution*, Paris, 1796, vol. 2, article «Lavoisier» p. n.n.

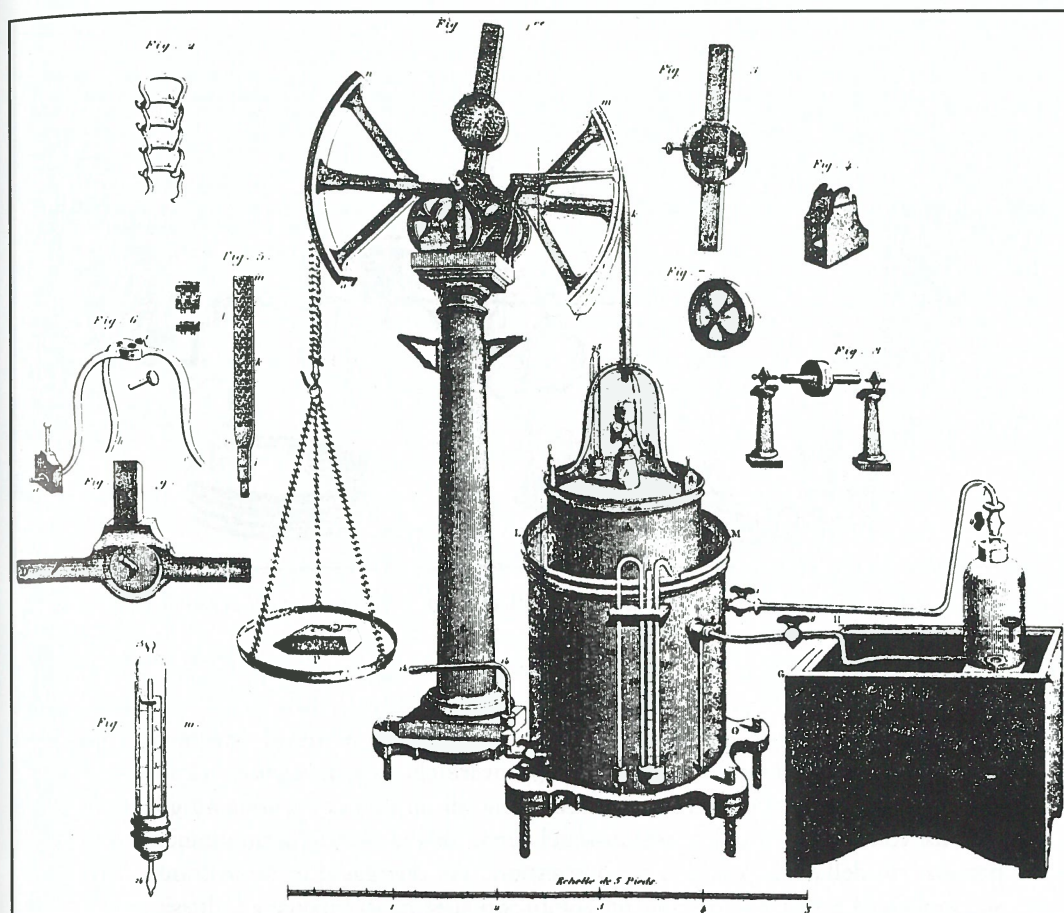


Fig. 3 - Gasometro di Lavoisier. ID., *Traité élémentaire de chimie*, Paris, 1790.

Tra gli strumenti per gli esperimenti pneumatici, quello spicca è l'apparato usato per la combustione dell'aria infiammabile [l'idrogeno] e l'aria vitale [l'ossigeno] la cui operazione produce dell'acqua. È una macchina splendida. Tre vasi graduati, per misurare immediatamente le variazioni di peso dei fluidi, sono tenuti in sospensione. Due hanno la capienza di quasi 240 litri e contengono, rispettivamente, dell'idrogeno e dell'ossigeno e sono collegati attraverso dei tubi a un terzo nel quale i due gas sono sottoposti a combustione secondo una procedura piuttosto complessa. Alla progressiva perdita di peso delle due arie, indicata nelle due rispettive bilance, corrisponde in ogni momento il peso dell'acqua che si va a depositare nel terzo vaso.<sup>7</sup>

<sup>7</sup> A. YOUNG, *Travels in France during the years 1787, 1788, 1789*, (London: G. Bell & Sons, 1900), p. 95.

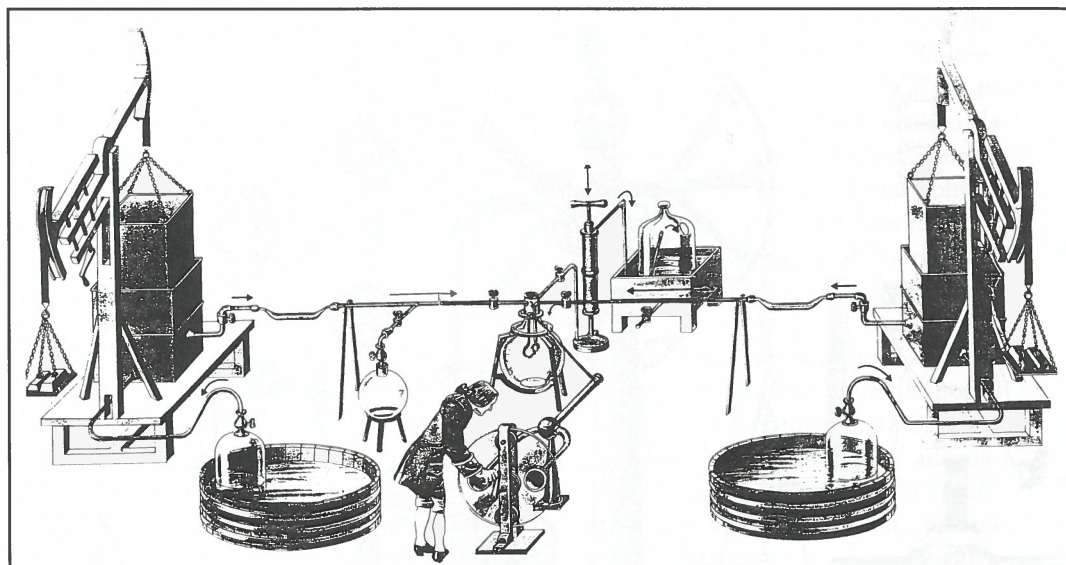


Fig. 4 - L'esperimento sulla natura composta dell'acqua. Alle due estremità si possono notare i gasometri contenenti idrogeno e ossigeno.

In effetti, e questo giustifica ampiamente la costruzione di uno strumento così complesso, Lavoisier non voleva soltanto provare che la combustione di idrogeno in presenza di ossigeno generava la formazione di un liquido, fenomeno già osservato da Volta nel 1777 e da Cavendish nel 1783, ma dimostrare la simultaneità della produzione dell'acqua durante la combustione dei due gas. Per dimostrare questa simultaneità Lavoisier ricorse ad un complesso sistema di bilance ad altissima precisione che gli consentivano di provare la natura composta dell'acqua anche durante l'esperimento, e non soltanto al termine come era stato il caso delle esperienze di Volta e di Cavendish. Si tratta di una differenza importante che, attraverso uno studio meno superficiale degli strumenti, si può cogliere a pieno.

Il gasometro costituisce solo un esempio di questo approccio innovativo. Nella terza parte del *Trattato elementare di chimica* infatti Lavoisier presentava un numero impressionante di strumenti, molti dei quali assolutamente nuovi, da utilizzare in un laboratorio di chimica. Alcuni, come l'areometro per misurare i pesi specifici dei corpi, il termometro, le bilance ad alta precisione, il pirometro ed altri strumenti di fisica, li aveva già presentati nelle opere giovanili.<sup>8</sup> Altri come il calorimetro e il gasometro erano il risultato delle più recenti scoperte sui gas e gli altri

<sup>8</sup> Ho esaminato l'approccio giovanile nel mio *A New Course in Chemistry. Lavoisier's First Chemical Paper*, Firenze, Leo. S. Olschki, 1994.

fluidi elastici. Grazie a questi strumenti Lavoisier era stato in grado di quantificare esattamente le modificazioni di quantità specifiche e generali di materia mettendo a disposizione dei suoi contemporanei risultati numerici difficilmente contestabili. Per acquisire questi strumenti Lavoisier non aveva badato a spese. Per avere un'idea della ricchezza del laboratorio all'Arsenale basta ricordare la presenza di ben 17 termometri con diverse gradazioni, adattati per registrare le variazioni di temperatura di reazioni chimiche differenti. L'importanza degli strumenti è evidente guardando con attenzione il celebre ritratto dei coniugi Lavoisier, dipinto da David nel 1788 [Fig. 5], ove sono visibili a fianco del chimico francese sul tavolo un gasometro a mercurio e uno strumento ideato da Felice Fontana, attraverso il quale il naturalista italiano aveva scoperto che estinguendo dei carboni ardenti nel mercurio contenuto in un tubo di vetro e immergendolo in una vaschetta veniva assorbita una grande quantità d'aria.

La concezione quantitativa delle esperienze chimiche condusse Lavoisier a stabilire nel *Trattato* il principio di conservazione della massa, oggi noto come legge di Lavoisier. «Si può porre per principio», scriveva Lavoisier, «che in ogni operazione si abbia una quantità uguale di materia prima e dopo l'operazione; che la qualità e quantità dei principi è la stessa e che non vi sono se non che alcuni cambiamenti ed alcune modificazioni. Sopra questo principio è fondata tutta l'arte di fare esperienze in chimica: in tutte siamo obbligati a supporre una vera uguaglianza, o equazione, tra i principi del corpo che si esamina e quelli che si traggono dall'analisi». La legge di Lavoisier sembra rievocare l'assioma materialista espresso da Lucrezio nel *De rerum natura* quasi duemila anni prima secondo il quale i corpi «non possono essere creati dal nulla, né, una volta nati, ritornare nel nulla». Indubbiamente il poeta latino aveva espresso con grande chiarezza e in più di un passo l'impossibilità che gli atomi di materia si dissolvano nel nulla, ma Lavoisier precisava il significato di questo principio aggiungendovi l'evidenza scientifica delle esperienze di laboratorio. Contrariamente a quanti, da Aristotele a Stahl, avevano visto nelle reazioni chimiche un cambiamento qualitativo, Lavoisier aveva stabilito che durante le medesime reazioni si assisteva a trasformazioni puramente quantitative. Pur rimanendo costante la massa, il peso specifico dei reagenti cambiava generando la reazione chimica. Ancorare la chimica a valutazioni strettamente ponderali e quantitative rappresentava un'innovazione che solo pochi anni prima sembrava impossibile da concepire.

Voglio ora utilizzare lo spazio che mi resta per dare un'idea quantitativa del laboratorio di Lavoisier. La persecuzione sofferta da Lavoisier durante la Rivoluzione in quanto membro della Ferme Générale non ebbe soltanto l'esito tragico della sua esecuzione. La morte del chimico francese infatti generò grande emozione tra i suoi contemporanei e prima la moglie, e poi gli eredi, si sentirono in obbligo di conservare tutto quanto era stato restituito dalle autorità rivoluzionarie nel 1796, come delle reliquie. Anche il Comitato di Salute Pubblica, a cui si imputano solita-



Fig. 5 - Ritratto dei coniugi Lavoisier. J.L. David 1788. Metropolitan Museum, New York.

mente tutti i danni sofferti dalla scienza durante il Terrore, contribuì in modo fondamentale a tramandarci dei dati che normalmente vengono dispersi.<sup>9</sup>

Nel novembre 1794, sei mesi dopo l'esecuzione di Lavoisier, il Comité d'Instruction Publique incaricava Claude Louis Berthollet e Nicolas Leblanc di redigere un inventario del laboratorio del chimico francese conservato presso la sua residenza di Boulevard de la Madeleine.<sup>10</sup> Il laboratorio di questa villa era molto più piccolo di quello che Lavoisier disponeva all'Arsenal, ma dal 1792, cioè da quando aveva lasciato l'incarico presso la Régie de Poudres, non poteva più disporre degli ampi locali dell'arsenale. Sappiamo che Lavoisier aveva un secondo laboratorio nei pressi del Palace Royale ma non abbiamo dettagli sufficienti riguardo le dimensioni e la sua funzione. Per quanto la villa del Boulevard de la Madeleine fosse ampia, sappiamo per certo che Lavoisier non era in grado di poter realizzare un gran numero di esperimenti e che molti strumenti furono imballati per non occupare troppo spazio. Durante il primo sopralluogo Berthollet e Leblanc inventariarono 2145 tra cucurbite, pellicani e storte, 3129 giare e 519 flaconi contenenti diverse quantità di sostanze chimiche differenti. Il giorno successivo Leblanc inventariava 112 vetri, 820 vasi, 600 flaconi di vetro contenenti sostanze che per la fretta non aveva potuto identificare, 150 flaconi di vetro muniti di etichette identificative, 400 tubi di vetro e alambicchi di varie dimensioni, vari areometri e circa 300 bottiglie. Alla fine l'inventario di Leblanc registrava la presenza di oltre 7000 oggetti. Questo inventario tuttavia non teneva conto di tutti quegli strumenti di fisica che, come ammesso dallo stesso Leblanc, un chimico non poteva comprendere.<sup>11</sup> Si trattava del gasometro e da tutti gli altri strumenti che, a partire dal 1770, avevano rivoluzionato il laboratorio di chimica tradizionale. In effetti, per capire la funzione di questi strumenti e farne una stima adeguata vennero chiamati due fisici, Jacques A. Charles e Jean Charles Pierre Lenoir, e il costruttore di strumenti parigino Nicolas Fortin, il quale, a partire dai primi anni '80, aveva costruito per Lavoisier una parte cospicua di strumenti ad alta precisione. L'inventario compilato dai fisici e Fortin includeva il gasometro, i calorimetri, l'apparato per la combustione degli oli, le pistole elettriche di Volta, la pompa pneumatica, venti termometri, 20 bilance, una dozzina di

<sup>9</sup> Un progetto di catalogazione di tutte le collezioni afferenti a Lavoisier, *Panopticon Lavoisier*, è stato recentemente iniziato da chi scrive. Nel 1999 è stato ultimato il catalogo dei manoscritti di Lavoisier conservati presso le Archives de l'Académie des Sciences di Parigi (oltre 4000 documenti). Inoltre è stata ultimata anche la bibliografia su Lavoisier. Entrambi i cataloghi sono stati realizzati grazie ad un data-base relazionale, *Pinakes* (ved. [www.pinakes.org](http://www.pinakes.org)), e sono accessibili per la consultazione al seguente sito web: <http://150.217.52.68/index.htm>.

<sup>10</sup> Un ampio estratto dell'inventario di Leblanc è pubblicato in AUG. ANASTASI, *Nicolas Leblanc. Sa vie, ses travaux et l'histoire de la soude artificielle*, (Paris: Hachette, 1884), pp. 221-230. Gli inventari originali sono conservati presso le Archives nationales di Parigi (ved. più oltre).

<sup>11</sup> «Je crois devoir faire remarquer que la partie des objets appelés inconnus ou non désignés est très étendue, qu'elle comprend très certainement des parties intéressantes qu'il serait bon d'examiner attentivement. Il serait possible que quelques-unes d'elles appartenissent à des opérations importantes et qui peuvent se trouver dans les différents ouvrages de Lavoisier». *Ibid.*, p. 229.

barometri, diverse macchine elettriche e numerosi strumenti destinati ad esperimenti di chimica pneumatica.<sup>12</sup> Anche in questa circostanza però la quantità e la crescente complessità degli strumenti indusse gli autori dell'inventario a finire con una descrizione sommaria, la cui conclusione suddivideva la parte fisica del laboratorio di Lavoisier in 123 classi di strumenti. Inoltre entrambi i cataloghi non erano completi poiché non tenevano conto di tutti gli strumenti imballati.

La descrizione sommaria del laboratorio di Lavoisier che emerge da questi documenti induce a credere che la cifra complessiva di strumenti e sostanze che lo componevano eccedesse le 10.000 unità. Si tratta evidentemente di una cifra che include anche le circa 3000 sostanze chimiche e minerali catalogate da Leblanc. Malgrado questo il laboratorio di Lavoisier rappresenta, sotto l'aspetto meramente quantitativo, una rottura con il passato. Anche sotto il profilo qualitativo, come abbiamo visto, l'alleanza della chimica con la fisica sperimentale aveva cambiato radicalmente l'approccio alla costruzione e all'uso degli strumenti tanto che un chimico esperto come Nicolas Leblanc non era più grado di riconoscere la maggior parte degli strumenti ideati da Lavoisier.

Due parole per concludere sul fato di questa meravigliosa collezione.<sup>13</sup> Come abbiamo detto gli eredi di Lavoisier, in primis la moglie, conservarono gli strumenti, la biblioteca, i manoscritti e tutto quanto richiamasse la memoria del loro illustre avo con religioso rispetto. Man mano che gli eredi si moltiplicarono però, anche la collezione Lavoisier incominciò ad avere molti pretendenti e ad essere smembrata. Durante gli anni '30 Nelly de Chazelles, una degli eredi, aprì il Musée Lavoisier nei pressi di Clermont Ferrand e vediamo qui due foto su come erano disposti gli strumenti [Fig. 6 e 7]. Credo che queste apparentemente confuse combinazioni di libri, manoscritti e strumenti rappresentino molto bene l'originaria composizione del laboratorio di Lavoisier.

Nel 1943, in piena occupazione nazista, l'Académie des Sciences, in collaborazione con il Palais de la Découverte, decise di celebrare il bicentenario della nascita di Lavoisier con una mostra. Malgrado l'ostilità delle autorità naziste, ovviamente poco inclini a celebrare il chimico che aveva reso obsoleta la teoria del flogisto del loro compatriota Georg Ernst Stahl, nel gennaio del 1944 veniva aperta al pubblico una straordinaria e per molti versi unica mostra scientifica.<sup>14</sup> In questa occasione

<sup>12</sup> Inventaire et estimation des instrumens de physique du Cabinet de Lavoisier. Archives Nationales. Paris. F 17/1219 Dossier 10.

<sup>13</sup> Anche se fortemente incomplete sulla storia delle collezioni di Lavoisier si possono vedere: HENRY GUERLAC, «The Lavoisier Papers. A Checkered History», *Archives Internationales d'Histoire des Sciences*, 1979, 29: 95-100; CHRISTIANE DEMEULENAERE-DOUYÈRE, «Les papiers de Lavoisier à l'Académie des sciences», in ID. (éd.), *Il y a 200 ans Lavoisier*, (Paris: Tec et Doc Lavoisier, 1995), p. 219-228. Ho cercato di sopperire ad alcune lacune nel saggio «Panopticon Lavoisier», *Nuncius*, XV, 2000, in corso di pubblicazione.

<sup>14</sup> Di questa mostra è stato pubblicato un succinto catalogo *Université de Paris. Le Palais de la Découverte présente une exposition à l'occasion du deuxième centenaire de Lavoisier*, (Paris,

Fig. 6 - Una bilancia di Lavoisier come appariva prima che la collezione venisse dispersa dagli eredi.

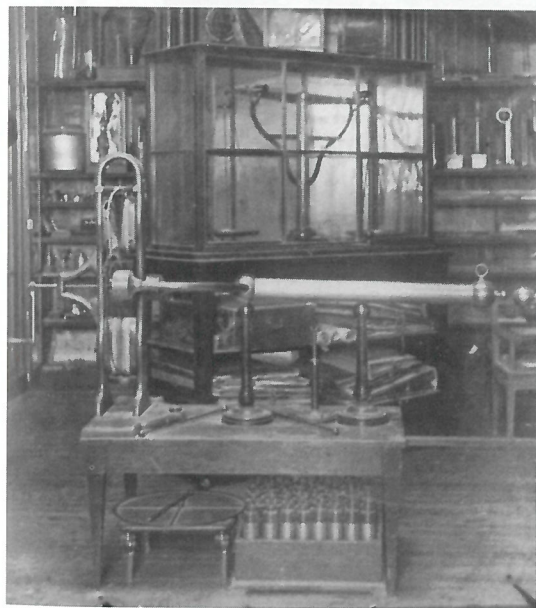
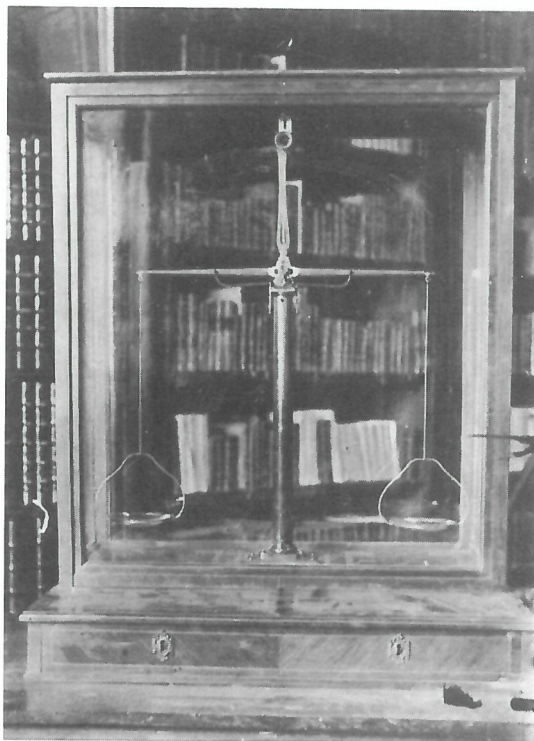


Fig. 7 - Macchina elettrica di Lavoisier e sullo sfondo la grande bilancia di Fortin ed altri strumenti, prima della dispersione da parte degli eredi.



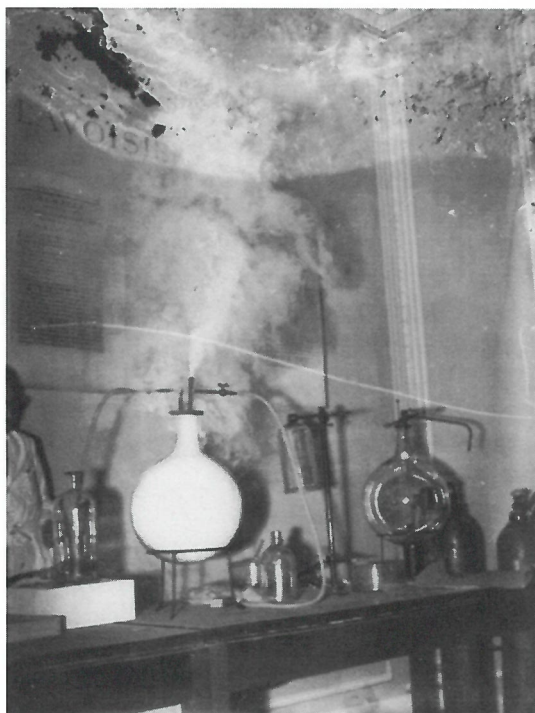


Fig. 8 - La ripetizione dell'esperimento sulla combustione del fosforo. 1943. Palais de la Découverte, Parigi.

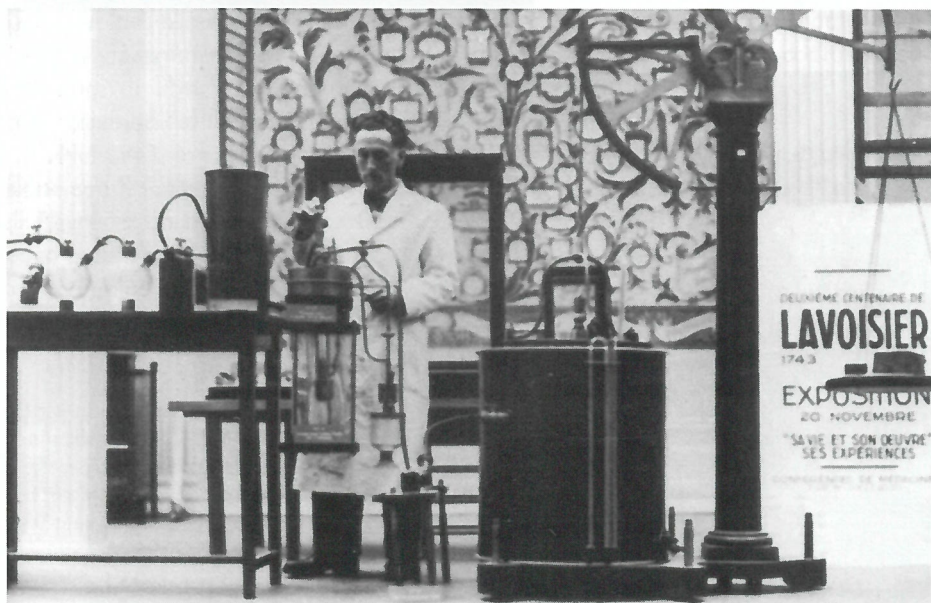


Fig. 9 - La ripetizione degli esperimenti sulla natura composta dell'acqua del 1943. Palais de la Découverte, Parigi.

alcuni chimici dell'Académie si erano rimessi il camice di laboratorio e, dopo aver restaurato alcuni strumenti originali, ripeterono alcuni esperimenti cruciali, come quello sulla combustione del fosforo e quello della decomposizione dell'acqua [Figg. 8-9]. Dopo la morte di Lavoisier questa fu l'unica circostanza in cui alcuni storici studiarono, prima manu, gli strumenti del chimico francese. Tra essi c'era un giovane letterato, Maurice Daumas, che nel 1941 aveva pubblicato una biografia intellettuale di Lavoisier.<sup>15</sup> Il fascino ispiratogli dagli esperimenti ripetuti, dalla vera e propria bellezza degli strumenti di Lavoisier, di cui allora non riusciva a comprendere il significato, lo indussero a esplorare questo campo ancora vergine e a diventare, di lì a pochi anni, il massimo esperto di strumenti scientifici del Settecento. Nel 1955, quando era divenuto conservatore presso il Musée des Arts et Métiers, era pronto a favorire prima ed accogliere poi la donazione di 400 strumenti provenienti dal laboratorio di Lavoisier. Oggi il CNAM possiede 450 strumenti del laboratorio di Lavoisier. Anche se non sono ancora stati identificati, l'università di Clermont Ferrand ne possiede un'altra cinquantina. Oltre a ciò il Musée Lecoq di Clermont Ferrand possiede la collezione, pressoché completa, delle sostanze chimiche e minerali catalogata da Leblanc nel 1794. Una collezione di oltre 4000 oggetti. Se si considera che di Lavoisier possediamo poi quasi tutti i suoi manoscritti, la biblioteca e anche diversi oggetti personali, troviamo gratificati *ad abundantiam* i requisiti della ricerca storica ideale.

In effetti non mi risulta che esista al mondo una collezione che per completezza e ricchezza sia paragonabile a quella di Lavoisier, e a fronte di tutto ciò che è rimasto inedito e intatto, mi ha sempre sorpreso la tenacia di chi, invece di esplorare fonti nuove, reinterpreta *ad nauseam* quelle vecchie. Tuttavia, la storia non può ridursi, come sempre più spesso oggi accade, all'autoreferenzialità e all'ermenutica del dato acquisito, ma, per essere efficace e svolgere la funzione che le è propria, deve risvegliare il passato e porsi in relazione critica con esso. Lo studio degli strumenti di Lavoisier, il loro restauro e la ripetizione dei principali esperimenti a cui furono destinati, costituiscono una validissima lezione di storia della scienza che varrebbe la pena riprendere con lo stesso spirito ed energia che le remote immagini del 1943 ancor oggi ci trasmettono.

1943). Parte della documentazione iconografica della mostra è oggi conservata al Palais de la Découverte di Parigi. Gli archivi della mostra, invece, sono depositati presso la sede dell'Archives Nationales di Fontainebleau.

<sup>15</sup> MAURICE DAUMAS, *Lavoisier*, Paris, Gallimard, 1941.

FERDINANDO ABBRI\*

## Chimica e musica: le inedite «Notes sur la musique» di Lavoisier\*\*

### Chemistry and Music: Lavoisier's unpublished "Notes sur la Musique".

**Summary** – Traditionally, the relationships between chemistry and music have been historically reconstructed around the following topics: the connections between alchemy and music in the Renaissance and early modern era, the consideration that the Russian classical composer Alexandr Porfir'evič Borodin (1833-1877) was a chemist and that chemical thought influenced Russian musical tradition from the second half of the nineteenth century to the beginning of the twenty century (f.e. A. Skrjabin).

The paper considers the impact of the eighteenth century musical theory on some phases of the chemical revolution. Examining Lavoisier's manuscript "Notes sur la musique", kept at the Cornell University Library, Ithaca, New York, the paper aims to show that the musical theory, in particular L. Euler's one, had influence on Lavoisier during his scientific education and in the phase of his creation of a new image of chemistry. One can conclude that the exact sciences, among which music was still classified, were an essential and crucial model for the birth of Lavoisier's new chemistry.

#### 1. *Chimica e musica: brevi note preliminari.*

Nella celebre immagine del laboratorio dell'alchimista, che si ritrova nell'*Amphiteatrum sapientiae aeternae solius verae* (1595, ma l'edizione completa di riferimento è quella postuma, curata da Erasmus Wolfart, del 1609) di Heinrich Khunrath (1560-1605),<sup>1</sup> abbiamo una rappresentazione simbolica del complesso

\* Dipartimento di studi storico-sociali e filosofici, Università di Siena a Arezzo.

\*\* Relazione presentata all'VIII Convegno Nazionale di «Storia e Fondamenti della Chimica» (Arezzo, 28-30 ottobre 1999).

<sup>1</sup> Su Khunrath: C. PRIESNER - K. FIGALA, *Alchemie. Lexikon einer hermetischen Wissenschaft*, München, C.H. Beck, 1998, pp. 194-196.

mondo intellettuale dell'alchimista rinascimentale che comprende allo stesso tempo il laboratorio, l'esperienza concreta, la preghiera, i segni di una forte spiritualità: filosofia ermetica, misticismo e pratica sperimentale erano aspetti del modo d'essere un alchimista.<sup>2</sup> In questa tavola si osservano, in primo piano, accanto all'altare e al forno, degli strumenti musicali (liuti e viole) che testimoniano il legame che storicamente si è stabilito tra alchimia e musica.<sup>3</sup> Questo legame non risulta sorprendente ove si consideri che il concetto di armonia è alla base della filosofia chimica rinascimentale e che un largo settore dell'alchimia nell'Età nuova si fondeva sull'idea del macrocosmo e del microcosmo e sul loro rapporto armonico. In diversi testi pubblicati nel corso della rivoluzione scientifica i rapporti tra metafisica, musica, alchimia, astrologia, filosofia sperimentale risultano cruciali per una visione ermetica, egiziana della realtà, che si presentava come nuova, moderna in quanto saldamente radicata in una tradizione plurisecolare.<sup>4</sup>

Nella grande *Utriusque cosmi ... Historia* (1617-21), cioè nella storia del macrocosmo e del microcosmo del medico inglese Robert Fludd (1574-1637), l'idea neoplatonica e pitagorica di armonia musicale costituisce la struttura metafisica che organizza l'intera trattazione. Nei suoi massicci volumi Fludd considera le arti e le scienze che sono opera dell'uomo, e si tratta di aritmetica, musica, geometria, prospettiva, pittura, arti militari, ingegneria, meccanica, orologeria, cosmografia e geomanzia, e di arti complementari ma essenziali come profezia, l'arte della memoria, l'arte di fare oroscopi, fisiognomica, chiromanzia e l'arte di edificare le piramidi, ma l'alchimia è la struttura interpretativa primaria nella ricostruzione dell'universo e dell'uomo.<sup>5</sup> I trattati che compongono la *Historia* di Fludd sono corredati da alcune straordinarie tavole a partire, ad esempio, dal celebre tempio della musica sino alle rappresentazioni del cosmo sulla base del monocordo divino e dell'uomo sulla base delle armonie musicali nel microcosmo.<sup>6</sup>

Fludd certificava così il rapporto indiscutibile tra una filosofia chimica di matrice ermetica e neoplatonica e la musica come scienza dei rapporti e delle pro-

<sup>2</sup> Sull'alchimia rinascimentale: A.G. DEBUS, *Chemistry, Alchemy and the New Philosophy, 1550-1700*, London, Variorum Reprints, 1987.

<sup>3</sup> Cfr. D.P. WALKER, *Studies in Musical Science in the late Renaissance*, London, Warburg Institute, 1978. C.V. PALISCA, *Humanism in Italian Renaissance Musical Thought*, New Haven and London, Yale U.P., 1985. A.C. CROMBIE, *Science, optics and music in medieval and early modern thought*, London, The Hambledon Press, 1990. G. TOMLINSON, *Music in Renaissance Magic*, Chicago and London, Chicago U.P., 1993. P. GOUK, *Music, Science and Natural Magic in Seventeenth-Century England*, New Haven and London, Yale U.P., 1999.

<sup>4</sup> J. GODWIN, *Harmonies of heaven and earth: the spiritual dimension of music from antiquity to the avant-garde*, London, Thames and Hudson, 1987. ID., *The Harmony of the spheres: a sourcebook of the Pythagorean tradition in music*, Rochester, Inner Traditions International, 1993.

<sup>5</sup> ID., *Robert Fludd: Hermetic Philosopher and Surveyor of Two Worlds*, London, Boulder, 1979. W.H. HUFFMAN, *Robert Fludd and the End of the Renaissance*, London, Routledge, 1988.

<sup>6</sup> P.J. AMMANN, *The Musical Theory and Philosophy of Robert Fludd*, «Journal of the Warburg and Courtauld Institutes», 30 (1967), pp. 198-227. P. GOUK, op. cit., pp. 95-101.

porzioni. Non sorprende pertanto rintracciare in edizioni tardoseicentesche di opere alchemiche, anche in lingua volgare, attribuite al mitico Basilio Valentino un ruolo centrale della musica. Ad esempio, nella *Révélation des mystères des teintures essentielles des sept métaux* (1668) attribuita a Basilio Valentino si ritrova una tavola del teatro chimico nella quale è rappresentato il mitico frate circondato dalle seguenti immagini: figure simboliche tipiche dell'alchimia, libri di Ermete, Lullo, Flanel, Artefio, Geber, cioè la teoria, quindi la pratica, ossia i recipienti con i reagenti chimici. Si ha infine la rappresentazione del mondo alchemico: Ermete Trismegisto filosofo orientale, la fornace, l'alambicco e la lente ustoria, l'organo e uno strumento musicale a corda (una viola) quali segni dell'armonia e del suono come aiuto nella medicina e contro gli spiriti maligni.<sup>7</sup>

In un contesto religioso, filosofico ed ideologico diverso Athanasius Kircher (1602-1680) accettò la tradizione ermetica e il primato egiziano nella storia della civiltà (*Oedipus Aegyptiacus*, Roma, 1652-54) e nel *Mundus Subterraneus* (1665) considerò l'alchimia come una vera scienza a carattere mistico e tecnico, nata nell'antichità e deturpata dagli arabi con la ricerca della pietra filosofale.<sup>8</sup> Kircher vide nella musica l'espressione massima dell'armonia matematico-mistica e nel 1650 pubblicò a Roma un grande trattato in due tomi dal titolo *Musurgia Universalis sive Ars Magna consoni et dissoni in X libros digesta*, nel quale tutti gli aspetti della «musica» dell'Età barocca erano affrontati, da quelli storici e filologici a quelli tecnici, ossia aritmetico-geometrici, da quelli magici a quelli cosmologici.<sup>9</sup>

Queste sommarie indicazioni intendevano solo richiamare l'attenzione sull'importanza del rapporto tra musica e alchimia nella prima Età moderna e in generale sul fatto che la storiografia non ha prestato molta attenzione al tema delle intersezioni tra musica e chimica. Gli studiosi della tradizione ermetica, della storia delle pseudo-scienze e gli storici dell'alchimia — in particolare quelli dell'alchimia rinascimentale e seicentesca, che sono intenti a ricostruire il ruolo e le vicende dell'alchimia nel corso della rivoluzione scientifica — sono ben consapevoli dell'esistenza

<sup>7</sup> Cit. in P. GOUK, op. cit., p. 151. Questo volume contiene un ricco ed esauriente apparato iconografico su musica, scienza e magia. Cfr. anche: J. REBOTIER, *La Musique de Flamel*, in D. KAHN et S. MATTON, *Alchimie, art, histoire et mythes*, Paris, S.E.H.A., Milan, Archè, 1995, pp. 507-545.

<sup>8</sup> Su Kircher: J. GODWIN, *Athanasius Kircher: a Renaissance man and the quest for lost knowledge*, London, Thames and Hudson, 1979. V. RIVOCCECHI, *Esotismo in Roma barocca: studi sul padre Kircher*, Roma, Bulzoni, 1982. J. FLETCHER (ed.), *Athanasius Kircher und seine Beziehungen zum gelehrten Europa seiner Zeit*, Wiesbaden, Harrassowitz, 1988. Su Kircher e l'alchimia: M. BALDWIN, *Alchemy and the Society of Jesus in the seventeenth century: strange bedfellows?*, «Ambix», 40 (1993), pp. 41-64. F. ABBRI, «Antichità» e «novità» del sapere chimico nel tardo Seicento, in G. MARINO (a cura di), *Atti del V Convegno Nazionale di Storia e Fondamenti della Chimica*, Roma, Accademia Nazionale delle Scienze detta dei XL, 1994, pp. 137-151.

<sup>9</sup> A. KIRCHER, *Musurgia Universalis* (1650), Hildesheim, Zürich, New York, Georg Olms Verlag, 1999 (ristampa anastatica), 2 voll. Cfr. P. GOUK, op. cit., pp. 101-107.

di un intreccio storico tra musica e alchimia ma nelle storie generali della chimica il ruolo della musica è inesistente.

L'unico rilevante caso che viene talvolta sottolineato è quello di Aleksandr Porfir'evič Borodin (1833-1887), in quanto chimico organico e compositore dello *Knjaz Igor*, di sinfonie, di un celebre poema sinfonico e di musica da camera, ossia come caso di chimico di professione e musicista di rilievo nel panorama della scuola nazionale russa dell'Ottocento.<sup>10</sup>

Nel 1939 George Sarton pubblicò su «Osiris» un ampio saggio che contiene un profilo biografico di Borodin, attento a ricostruire le sue ricerche chimiche nel contesto della scuola chimica russa, e nel quale sono riprodotti i frontespizi della sua tesi di dottorato dedicata allo studio comparativo degli acidi arsenioso e fosforoso dal punto di vista chimico e tossicologico (*Ob' analogii myš'jakovoj kisloty s' fosfornoju v' chimičeskom' i toksikologičeskom' otnošenijach'*, San Pietroburgo, 1858) e del suo ultimo lavoro di chimica dedicato alla descrizione di un metodo quantitativo per determinare il metabolismo dell'azoto (*Uproščennyj azotometričeskij sposob'*, San Pietroburgo, 1886).<sup>11</sup>

In seguito sia in occidente sia in ambito sovietico si è dedicata molta attenzione ai contributi di chimica di Borodin e alla sua «curiosa», duplice figura di chimico e musicista. Nel 1989 Ian D. Rae ha pubblicato su «Ambix» un bel saggio sulle ricerche di chimica organica di Borodin, che contiene anche un'ampia serie di riferimenti bibliografici sul chimico russo.<sup>12</sup>

Il contesto russo tra la seconda metà dell'Ottocento e il primo Novecento appare assai fertile per un'indagine sul rapporto tra musica e chimica e nel caso di Borodin credo sia ancora aperto il problema dell'eventuale influenza, ad esempio sul testo del *Principe Igor*, delle metafore chimiche. Si può legittimamente concludere che la storia dei rapporti tra chimica e musica merita di essere considerata poiché dotata di un qualche rilievo storiografico e culturale.

Intendo qui presentare un esempio significativo di tale rapporto che può anche suggerire alcune ulteriori riflessioni sul carattere della cosiddetta rivoluzione chimica.

<sup>10</sup> N.A. FIGUROVSKII, I.I. SOLOV'EV, *Aleksandr Porfir'evič Borodin: A chemist's biography*, Berlin, Springer Verlag, 1988 (ed. or. Russa 1950). G.B. KAUFFMAN, K. BUMPASS, *An apparent conflict between art and science: The Case of Aleksandr Porfir'evič Borodin*, «Leonardo», 21 (1988), pp. 429-436.

<sup>11</sup> G. SARTON, *Borodin (1833-87)*, «Osiris», 7 (1939), pp. 225-260.

<sup>12</sup> I.D. RAE, *The research in organic chemistry of Aleksandr Borodin*, «Ambix», 36 (1989), pp. 121-137. Sul carattere celebrativo e nazionalistico di molta storiografia sovietica della scienza: I. GOUZEVITCH, *La commémoration scientifique dans un état totalitaire ou «la Russie est la patrie des éléphants»*, in P.G. ABIR-AM (dir.), *La mise en mémoire de la science*, Amsterdam, Éditions des archives contemporaines, 1998, pp. 143-158.

2. Le «Notes sur la musique» di Lavoisier.

Nel 1995 Marco Beretta ha pubblicato la *Bibliotheca Lavoisieriana*, ossia il catalogo della biblioteca di Lavoisier: questo volume costituisce un fondamentale contributo agli studi sul grande chimico francese.<sup>13</sup> Tra gli opuscoli posseduti da Lavoisier e conservati attualmente presso la University Library a Cornell, Beretta elenca un *Mémoire sur un nouveau clavecin chromatique* (1782) di Pierre-Joseph Roussier, un *Mémoire sur les proportions musicales, le genre harmonique des Grecs et celui de moderne* (1781) di Jean-Benjamin de Laborde e un *Second Mémoire sur un nouveau Système d'harmonie applicable à l'état actuel de la musique* di Alexandre-Théophile Vandermonde, che fu uno dei collaboratori scientifici di Lavoisier.<sup>13</sup> Nello stesso volume alla Appendice seconda vengono segnalate delle inedite «Notes sur la musique» di Lavoisier, conservate sempre a Cornell.<sup>14</sup> La presenza di lavori di teoria musicale nella biblioteca lavoisieriana non desta molta sorpresa in considerazione del fatto che nella cultura filosofica e scientifica francese del Settecento la musica occupava da tempo un ruolo centrale.

Giova ricordare che il termine «musica» designava ancora un ampio dominio di discorso: comprendeva la teoria matematica della musica, coltivata cioè da matematici come Eulero e D'Alembert; la teoria armonica studiata e perfezionata da teorici e musicisti come Jean-Philippe Rameau (1683-1734), autore di un *Traité de l'harmonie* del 1722, Joseph Johann Fux (1660-1741) che scrisse un fondamentale *Gradus ad Parnassum* (1725) e Jean-Jacques Rousseau, il musicologo dell'*Encyclopédie*; la musica composta, eseguita e rappresentata nelle corti e nei teatri; la musica d'occasione e popolare, infine la musica come oggetto di discorso filosofico e di polemica estetica e politica. Le controversie innescate dai *philosophes* intorno alla musica francese e a quella italiana costituiscono capitoli centrali della storia della filosofia del Settecento.<sup>15</sup>

Nel caso di Lavoisier il grande inventario manoscritto e quello, ridotto e pubblicato a stampa nel 1836, della biblioteca di Madame Lavoisier documentano ampiamente l'interesse dei coniugi Lavoisier per la musica e per l'opera in particolare.<sup>16</sup> Si poteva legittimamente sospettare che le inedite «Notes sur la musique»

<sup>13</sup> M. BERETTA, *Bibliotheca lavoisieriana. The Catalogue of the library of Antoine Laurent Lavoisier*, Firenze, Olschki, 1995.

<sup>14</sup> Ivi, pp. 281-282; p. 291.

<sup>15</sup> Sulla musica nel Settecento si segnalano: E. FUBINI, *Gli enciclopedisti e la musica*, Torino, Einaudi, 1991. B. CANNONE, *Philosophies de la musique 1752-1789*, Paris, Klincksieck, 1990. D.A. THOMAS, *Music and the Origins of Language*, Cambridge, Cambridge U.P., 1995. T. CHRISTENSEN, *Rameau and the musical thought in the Enlightenment*, Cambridge, Cambridge U.P., 1993. Per un quadro culturale del Settecento, comprensivo anche delle vicende della musica: F. ABBRI, *La cultura europea nel secolo XVIII e l'Illuminismo*, in *Storia della letteratura italiana*, Roma, Salerno Editrice, 1998, VI, Il Settecento, pp. 45-115.

<sup>16</sup> M. BERETTA, op. cit., pp. 66-67. I microfilm di questi inventari sono conservati presso la Biblioteca dell'Istituto e Museo di Storia della Scienza di Firenze.

costituissero un'ulteriore conferma della preparazione di Lavoisier in campo musicale che rientrava tradizionalmente nel curriculum dei giovani di famiglia borghese. Vale la pena di segnalare che l'educazione del giovane Lavoisier fu assai accurata e che si poteva quindi aggiungere un breve paragrafo sulla musica nelle biografie di riferimento.

Uno studio preliminare da me effettuato del manoscritto di Lavoisier sulla musica ha riservato alcune sorprese.<sup>17</sup> In questa sede mi limiterò a dare una descrizione delle «Notes sur la musique» e alcuni suggerimenti interpretativi che hanno un carattere del tutto provvisorio. Spero di riuscire in futuro a pubblicare integralmente queste «Notes» con un apparato esplicativo e di proporre un'interpretazione plausibile del loro contenuto e significato. Questa comunicazione rispecchia quindi un «work in progress» nelle sue prime fasi e il mio ritorno allo studio degli inediti di Lavoisier è stato stimolato proprio dalla musica e dalla ipotesi di un suo ruolo nella rivoluzione chimica.

Le «Notes» si aprono con due carte sulla «Regle pour trouver la bemolle necessaire a la clef dans chaque mode majeur et mineur» che risalgono, in base alla calligrafia e al parere di Marco Beretta, che ha studiato a lungo e trascritto i manoscritti lavoisieriani, con molta probabilità agli anni della formazione di Lavoisier. Il resto del manoscritto, ossia la gran parte di esso, è databile 1778 perché una carta con due tabelle numeriche, una delle quali corretta («corrigée») e contenente una «Regle generale» («on ne peut pas passer d'une notte a une notte de pareil nom et de different chiffre qu'en conservant la meme base d'harmonie autrement dit qu'en moyen d'une base d'harmonie commune») porta la data 1er Xe 1778.

Nel corpo del manoscritto sono rintracciabili i seguenti titoli: preparation des dissonances, lois generales de l'harmonie, du genre enharmonique, de la mesure, Tables des accords elementaire et complet sur la base d'harmonie, con una descrizione dell'accordo perfetto, e di quelli di settima, nona, undicesima e tredicesima, Principes, Recapitulation e 2de Recapitulation. Da questi titoli si può legittimamente sospettare che il manoscritto lavoisieriano contenga regole dell'armonia, tabelle con numeri e rapporti numerici probabilmente per il canto — una tabella ha per titolo «Air du berger volage» mentre una carta successiva ha le «Parties de lair du berger volage» —, in sintesi presenta un abbozzo incompleto di trattato di armonia sul quale l'autore ha molto lavorato perché le carte mostrano correzioni, cancellature, integrazioni sulla parte sinistra del manoscritto.

Non è dato dedurre dal contenuto del manoscritto né dalle attuali conoscenze storiche se Lavoisier avesse l'intenzione di perfezionare le sue competenze teoriche nel settore dell'armonia musicale e se avesse anche l'intenzione di preparare un contributo sul tema. Ritengo pertanto opportuno richiamare soltanto l'attenzione

<sup>17</sup> A.-L. LAVOISIER, *Notes sur la musique*, Cornell University, Ithaca, NY. Rare and Manuscript Collections, University Library, 47 cc.



su due aspetti, tenendo particolarmente conto di quel dicembre 1778 che appare sul manoscritto. Com'è noto quell'anno rinvia storicamente a una fase cruciale della sperimentazione lavoisieriana destinata a mutare a fondo il modo di essere e di presentarsi della chimica.

È ipotizzabile con un buon grado di plausibilità che Lavoisier possa avere fatto ricorso per l'apprendimento della teoria musicale ai lavori di d'Alembert e soprattutto a quelli di Eulero. Il grande matematico svizzero aveva pubblicato nel 1739 a San Pietroburgo un *Tentamen Novae Theoriae Musicae ex certissimis harmoniae principii dilucide expositae* (scritto nel 1731), cioè un trattato completo di teoria musicale nel quale i suoni sono indicati con i numeri,<sup>18</sup> mentre nel 1752 D'Alembert aveva illustrato con un volume gli *Eléments de musique suivant les principes de M. Rameau*.<sup>19</sup> Nessuno di questi due testi figura nella biblioteca di Lavoisier, ma quest'ultimo possedeva le *Lettres à une princesse d'Allemagne* (1768-1774) di Eulero, che contengono una specie di estratto semplificato del *Tentamen* e opuscoli matematici di D'Alembert e Eulero.<sup>20</sup> Inoltre Eulero pubblicò negli anni sessanta lavori di teoria musicale in francese, tra cui un saggio dal titolo «Du veritable caractère de la musique moderne» sui «Mémoires de l'académie royale des sciences» di Berlino per il 1764.<sup>21</sup> Nel 1767 Lavoisier, durante un soggiorno a Strasburgo, ordinò al locale libraio Koenig un lungo elenco di libri tra cui figurano diversi volumi della «Histoire de l'Académie de Berlin» e si ritrova proprio l'annata 1764.<sup>22</sup>

Per il chimico francese l'accesso alle teorie matematiche della musica di Eulero e di D'Alembert non doveva essere molto difficile. È infine da ricordare che Eulero aveva cercato, a partire dall'antica questione sul carattere gradevole di alcuni suoni e su quello sgradevole di altri, di applicare l'ipotesi dell'ordine dei suoni quale chiave della teoria musicale ad accordi complessi e a successioni di accordi, ricon-

<sup>18</sup> L. EULERO, *Tentamen Novae Theoriae Musicae ex certissimis principii dilucide expositae*, Petropoli, ex Typographia Academiae Scientiarum, 1739, in L. EULERI *Opera Omnia, Series Tertia. Opera Physica, Miscellanea Epistolae*, Volumen Primum, Lipsiae et Berolini, Typis et in Aedibus B.G. Teubneri, 1926.

<sup>19</sup> J.-L. D'ALEMBERT, *Elements de musique suivant les principes de M. Rameau* (1752; 2e édition 1779), Plan de la Tour, Editions d'aujourd'hui, 1984.

<sup>20</sup> L. EULER, *Lettres à une princesse d'Allemagne sur divers sujets de physique et de philosophie*, Saint Petersburg, de l'Imprimerie de l'Académie Impériale des Sciences, 1768-1774, 3 voll., in L. EULERI *Opera Omnia. Series Tertia. Lettres à une princesse d'Allemagne, Volumen Undecimum*, Turici, Orell Füssli, 1960, pp. 10-24: Eulero espone la sua teoria musicale nelle lettere III-VIII. Per le opere di D'Alembert e di Eulero possedute da Lavoisier: M. BERETTA, op. cit., pp. 112-113; p. 149.

<sup>21</sup> I vari saggi di Eulero sulla musica sono raccolti e ristampati in L. EULERI *Opera Omnia, Series Tertia*, Volumen Primum cit., pp. 428-586. Il fondamentale lavoro su «Du veritable caractère de la musique moderne» (1764/66) è qui alle pp. 516-539.

<sup>22</sup> A.-L. LAVOISIER, *Correspondance, recueillie et annotée par R. Fric*, I, Paris, Albin Michel, 1955, pp. 94-98.

ducendo il piacere musicale alla misura aritmetica delle proporzioni connesse ai suoni. Siamo perciò in un contesto di trattazione quantitativa di un tema appartenente alla scienza e all'arte.<sup>23</sup>

Quest'ultima notazione mi consente di passare al secondo aspetto che volevo richiamare in questa comunicazione.

Nella storiografia recente sulla rivoluzione chimica è stata posta in dubbio l'immagine lavoisieriana della chimica come scienza modellata sulla fisica del tempo, come «branch of physics» che è stata proposta da Henry Guerlac.<sup>24</sup> Si è concluso che la matematica e la fisica hanno giocato un ruolo del tutto marginale nell'opera di Lavoisier la quale viene ricondotta alle tradizioni di chimica pratica farmaceutica e medica vigente in Francia e alla novità rappresentata dalla filosofia naturale britannica interessata alle arie.<sup>25</sup> Quest'interpretazione tende consapevolmente a ridurre il carattere rivoluzionario dell'opera di Lavoisier e a vedere quest'ultima come un momento d'innovazione concettuale e sperimentale nell'ambito di una tradizione stabilita.<sup>26</sup>

Non per ragioni sentimentali, riconducibili alla mia adesione in anni ormai lontani alla concezione di Guerlac,<sup>27</sup> ma per ragioni ermeneutiche e documentarie trovo largamente insostenibili queste nuove ipotesi interpretative e continuo a ritenere che Lavoisier abbia guardato alle scienze quantitative del suo tempo, matematica e fisica, come modelli per una nuova chimica la quale fu veramente tale.

Le «Notes sur la musique» documentano che nel 1778 Lavoisier si dedicò, con la sua tipica, consueta attenzione alla determinazione dell'ordine giusto dei suoni, allo studio delle regole dell'armonia musicale, ossia ad un settore del sapere che apparteneva da secoli al dominio delle discipline matematiche. È difficile immaginare un Lavoisier che, mentre era impegnato in una innovativa e cruciale sperimentazione chimica, si dedicava solo per un «passatempo culturale» a scrivere regole corrette per accordi musicali cioè alla teoria della perfezione armonica musicale. Al contrario è da ritenere che chimica, fisica, musica ecc. fossero aspetti di

<sup>23</sup> Cfr. P. BAILACHE, *Deux mathématiciens musiciens: Euler et D'Alembert*, «Physis», 32 (1995), pp. 1-35.

<sup>24</sup> H. GUERLAC, *Chemistry as a branch of Physics: Laplace's collaboration with Lavoisier*, «Historical studies in the physical sciences», 7 (1976), pp. 193-276. Cfr. M. BERETTA, *The enlightenment of matter*, Canton Mass., Science History Publications, 1993. A. DONOVAN, *Antoine Lavoisier. Science, administration and revolution*, Oxford, Blackwell, 1993. J.-P. POIRIER, *Lavoisier. Chemist, Biologist, Economist*, Philadelphia, University of Pennsylvania Press, 1996.

<sup>25</sup> F.L. HOLMES, *Eighteenth century chemistry as an investigative enterprise*, Berkeley, University of California Press, 1989. B. BENSUADE-VINCENT, *Lavoisier. Mémoires d'une révolution*, Paris, Flammarion, 1993.

<sup>26</sup> Un quadro dei differenti approcci ermeneutici all'opera di Lavoisier si ritrova in B. BENSUADE-VINCENT, F. ABBRI (eds.), *Lavoisier in European context. Negotiating a new language for chemistry*, Canton Mass., Science History Publications, 1995.

<sup>27</sup> F. ABBRI, *Le terre, l'acqua, le arie. La rivoluzione chimica del Settecento*, Bologna, il Mulino, 1984.

uno stesso grande progetto culturale: fare della chimica una scienza esatta, dotata di un dominio definito, con metodi propri e certi, nella quale l'uso degli strumenti di misura, l'adozione di un approccio quantitativo erano privilegiati.

Le «Notes sur la musique» raccontano quanto complessa fosse la mente di Lavoisier, ricco e articolato il suo progetto scientifico ma confermano che la nuova chimica nacque nell'ambito di un cambiamento radicale di prospettive metodologiche e d'immagine della scienza: ricondurre la chimica di Lavoisier alle sole tradizioni locali di chimica, ad esempio quella dei sali, innovate dalla nuova chimica pneumatica, è un'operazione di revisione storiografica che non è confermata dalle fonti, mentre gli inediti di Lavoisier ci raccontano la storia del tentativo di una ricollocazione della chimica come scienza nel contesto culturale e sociale del tempo.<sup>28</sup>

<sup>28</sup> ID., *Lavoisier and the foundations of chemistry*, in V. MOSINI (ed.), *Philosophers in the laboratory*, Roma, EuRoma, 1996, pp. 143-154.

MARCO CIARDI \*

## Rivoluzione e restaurazione chimica: «Les soirées de Saint-Petersbourg» di Joseph de Maistre \*\*

**Chemical Revolution and Restoration. Joseph de Maistre's "Les soirées de Saint-Petersbourg".**

**Summary** – Joseph de Maistre, the famous Restoration philosopher, was also a strong opposer of Lavoisier's chemical revolution. He revalued both alchemy and Hermetic tradition.

Il 21 maggio 1814 Vittorio Emanuele I, rientrato a Torino il giorno precedente, forte ormai dell'abdicazione di Napoleone, emanò un decreto che sancì l'abolizione di tutte le riforme legislative ed istituzionali varate nel Regno di Sardegna durante il periodo dell'amministrazione francese.<sup>1</sup> Il provvedimento colpì naturalmente anche l'Università, che fu ricondotta alla struttura settecentesca.<sup>2</sup>

Alla fine del XVIII secolo l'ateneo torinese si presentava strutturato in cinque facoltà (Teologia, Medicina, Legge, Chirurgia ed Arti), che tuttavia non avevano la stessa dignità. Soltanto Teologia, Medicina e Legge, infatti, conferivano la laurea, mentre per Chirurgia ed Arti si rilasciavano semplicemente «Patenti professionali».<sup>3</sup>

\* Dipartimento di Studi Storico-Sociali e Filosofici, Università di Siena ad Arezzo.

\*\* Relazione presentata all'VIII Convegno Nazionale di «Storia e Fondamenti della Chimica» (Arezzo, 28-30 ottobre 1999).

<sup>1</sup> Per un quadro d'insieme sulla Restaurazione si rimanda a NARCISO NADA, *Il Piemonte sabauda dal 1814 al 1861*, in *Il Piemonte sabauda dal periodo napoleonico al risorgimento*, Torino, UTET, 1993, pp. 93-476. Si veda inoltre il volume *Ombre e luci della Restaurazione. Trasformazioni e continuità istituzionali nei territori del Regno di Sardegna (Atti del Convegno, Torino, 21-24 ottobre 1991)*, Roma, 1997.

<sup>2</sup> Per un'introduzione alla storia dell'Università di Torino si veda il volume di FRANCESCO TRANIELLO (a cura di), *L'Università di Torino. Profilo storico e istituzionale*, Torino, Pluriverso, 1993.

<sup>3</sup> Ulteriori dettagli sulla questione in ALESSANDRA FERRARESI, *Per una storia dell'ingegneria sabauda: scienza, tecnica e amministrazione al servizio dello Stato*, in LUIGI BLANCO (a cura di),

La Facoltà delle Arti, in particolare, era stata costituita allo scopo di preparare gli insegnanti di filosofia delle scuole secondarie e doveva quindi mirare ad impartire una preparazione di tipo globale. Per questo motivo, all'interno dei corsi che portavano al conseguimento del Magistero delle Arti, insegnamenti come Fisica sperimentale, Geometria e Matematica si trovano posti assieme a Filosofia morale, Logica e metafisica, Eloquenza latina, Eloquenza italiana e greca.<sup>4</sup>

L'amministrazione francese fece invece compiere al sapere scientifico un salto di qualità dal punto di vista istituzionale. Durante la dominazione napoleonica, infatti, non soltanto furono aperte cattedre per nuove discipline, ma (nel 1808) si arrivò addirittura alla creazione di una autonoma facoltà di Scienze, così come prevedeva il sistema universitario imperiale (le altre facoltà erano Teologia, Medicina, Giurisprudenza e Lettere).<sup>5</sup>

Con la Restaurazione la facoltà di Scienze venne tuttavia soppressa e le discipline scientifiche confluirono nuovamente nella Facoltà delle Arti.<sup>6</sup> Numerose cattedre furono conseguentemente abolite, fra cui anche quella di chimica generale, creata nel 1801 e affidata a Giovanni Antonio Giobert, uno dei principali sostenitori della rivoluzione chimica di Lavoisier in Italia.<sup>7</sup> Niente di strano in tutto questo, naturalmente. In quanto novità introdotta dai Francesi, l'insegnamento di chimica non poteva che essere abolito, così come si presentava necessario escludere dagli incarichi statali tutti coloro che avevano collaborato con l'amministrazione francese. È possibile tuttavia che, nel clima della Restaurazione, altre ragioni, anche

*Amministrazione, formazione, professione: gli ingegneri in Italia tra Sette e Ottocento*, Bologna, Il Mulino (in corso di stampa).

<sup>4</sup> Per l'insegnamento della fisica nel Regno di Sardegna durante il XVIII secolo cfr. M. CIARDI, *Medicina, tecnologia civile e militare, filosofia naturale. L'insegnamento della fisica nel Regno di Sardegna*, in *Dalla filosofia naturale alla fisica. Discipline e didattica in Italia all'epoca di Volta (Atti del Convegno, Pavia, 13-14 maggio 1998)*, «Studi settecenteschi», XVIII, 1998, pp. 217-247.

<sup>5</sup> Sul periodo napoleonico si rimanda a PAOLA NOTARIO, *Il Piemonte nell'età napoleonica*, in *Il Piemonte sabauda*, cit., pp. 1-91 e ai saggi contenuti in *All'ombra dell'aquila imperiale. Trasformazioni e continuità istituzionali nei territori sabaudi in età napoleonica (1802-1814)*, 2 voll., Roma, Ministero per i beni culturali e ambientali, 1994.

<sup>6</sup> Sull'argomento si veda anche GIAN PAOLO ROMAGNANI, *Prospero Balbo intellettuale e uomo di stato. II. Da Napoleone a Carlo Alberto (1800-1837)*, Torino, Deputazione subalpina di storia patria, 1990, pp. 276-288.

<sup>7</sup> Sulla diffusione della rivoluzione chimica in Piemonte FERDINANDO ABBRI, «*De utilitate chemiae in oeconomia reipublicae*». *La rivoluzione chimica nel Piemonte dell'antico regime*, «Studi Storici», XXX, 1989, pp. 401-433. Più in generale, per l'atteggiamento degli scienziati italiani cfr. M. BERETTA, *Gli scienziati italiani e la rivoluzione chimica*, «Nuncius», IV, fasc. 2, 1989, pp. 401-433; ID., *Italian Translations of the «Méthode de Nomenclature Chimique» and the «Traité Élémentaire de Chimie»: The Case of Vincenzo Dandolo*, in F. ABBRI, BERNADETTE BENSUAUDE-VINCENT (eds.), *Lavoisier in European Context. Negotiating a New Language for Chemistry*, Canton MA, Science History Publications, 1995, pp. 225-247; F. ABBRI, *Science and Politics in the Italian Reception of Lavoisier's Nomenclature*, in F. ABBRI, B. BENSUAUDE-VINCENT (eds.), *op. cit.*, pp. 249-265.

di natura ideologica e filosofica, abbiano contribuito ad alimentare un sentimento di sfiducia nei confronti di una disciplina emergente come la chimica.<sup>8</sup> Spunti utili per sostenere questa argomentazione ci vengono forniti dall'analisi dell'immagine della scienza di uno dei maggiori teorici dell'età della Restaurazione,<sup>9</sup> ovvero Joseph de Maistre, nato a Chambéry in Savoia nel 1753.<sup>10</sup>

Non è certo questa la sede per affrontare una disamina puntuale ed articolata del pensiero filosofico e politico di de Maistre, la cui opera si presenta come un complesso e articolato attacco nei confronti del mondo moderno, sempre più svincolato dall'autorità religiosa e dalla tradizione, soprattutto dopo la Riforma protestante. Sul piano strettamente epistemologico è tuttavia opportuno ricordare come, secondo de Maistre, il mondo materiale costituisse semplicemente il riflesso di un ordine spirituale preordinato ed i fatti (di qualsiasi genere) fossero comprensibili esclusivamente attraverso il riconoscimento del ruolo della Provvidenza nella

<sup>8</sup> È significativo del resto constatare come l'Università restaurata abbia invece conservato la cattedra di Chimica medico-farmaceutica, creata nel 1792, ma di fatto attivata soltanto nel 1800 e affidata al medico Costanzo Benedetto Bonvicino (1739-1812) «che, sotto l'ancien régime, aveva dimostrato le sue competenze per gli studi di chimica e, massone, non aveva nascosto le sue simpatie per quegli ideali di cui i Francesi apparivano ora essere i portatori»; DINO CARPANETTO, *L'Accademia delle Scienze e la Facoltà di Medicina nel '700*, in *I primi due secoli della Accademia delle Scienze di Torino*, 2 voll., Torino, Accademia delle Scienze, vol. I, p. 231. Agli occhi del governo sabaudo questo insegnamento probabilmente non appariva, dopo la Restaurazione, dotato di contenuti particolarmente innovativi e collegati a trasformazioni tecnologiche giudicate pericolose anche da un punto di vista sociale; sull'argomento cfr. M. CIARDI, *Ordine e progresso. Il ruolo sociale delle scienze fisiche nel Regno di Sardegna durante la Restaurazione*, in F. ABBRI, MARCO SEGALA, *Il ruolo sociale della scienza, 1770-1830*, Firenze, Olschki (in corso di stampa). Sarebbe tuttavia opportuno effettuare uno studio sistematico sui contenuti del corso, anche per verificare se la denuncia rivolta da Gioacchino Taddei nei confronti degli studi di chimica farmaceutica (settore in cui, a suo avviso, per denominare i materiali chimici si utilizzavano ancora «per mala sorte i nomi non meno ridicoli che insignificanti con cui furono designati dagli Alchimisti»), abbia ragion d'essere anche nel caso del Regno di Sardegna; cfr. M. CIARDI, *Riforme scientifiche e Risorgimento. Chimici e nomenclatura nell'Italia preunitaria*, in F. CALASCIBETTA (a cura di), *Atti del VII Convegno Nazionale di Storia e Fondamenti della Chimica (L'Aquila, 8-11 ottobre 1997)*, Roma, Accademia Nazionale delle Scienze detta dei XL, 1997, p. 201.

<sup>9</sup> Per un'introduzione al pensiero della Restaurazione assai utile l'antologia di LUIGI MARINO, *La filosofia della Restaurazione*, Torino, Loescher, 1978.

<sup>10</sup> Per un primo approccio allo studio della complessa figura di Joseph de Maistre si rimanda a ADOLFO OMODEO, *Un reazionario. Il conte J. de Maistre*, Bari, Laterza, 1939; N. NADA, *Tra Russia e Piemonte. Lettere inedite di Giuseppe de Maistre a Carlo Emanuele Alfieri di Sostegno. 1816-1818*, in *Miscellanea Walter Maturi*, Torino, Giappichelli, 1966, pp. 291-331; R. TRIOMPHE, *Joseph de Maistre. Etudes sur la vie et sur la doctrine d'un matérialiste mystique*, Genève, Droz, 1968; L. MARINO (a cura di), *Joseph de Maistre tra illuminismo e restaurazione*, Torino, Centro Studi Piemontesi, 1975. Si veda anche il breve profilo di CARLO GALLI, *Joseph de Maistre*, in BRUNO BONGIOVANNI, LUCIANO GUERCI (a cura di), *L'albero della Rivoluzione. Le interpretazioni della Rivoluzione francese*, Torino, Einaudi, 1989, pp. 411-417. Per le opere, *Oeuvres complètes*, Genève, Slatkine, 1979, 7 voll.

storia.<sup>11</sup> De Maistre poteva così permettersi di sostenere, ad esempio, che la filosofia di Platone, uno dei più grandi teosofi della storia, non era nient'altro se non l'anticipazione laica del Vangelo.<sup>12</sup>

Un'emblematica sintesi del pensiero del teorico savoiaro è sicuramente contenuta ne *Les soirées de Saint-Pétersbourg, ou Entrétiens sur le gouvernement de la Providence*, opera che fu pubblicata postuma a Parigi nel 1821, subito dopo la sua morte, avvenuta il 26 febbraio.<sup>13</sup> Il testo, nato durante il lungo soggiorno di de Maistre a Pietroburgo (1803-1817), in qualità di ministro plenipotenziario del re di Sardegna presso lo Zar, consiste in una approfondita meditazione (svolta dai tre personaggi delle *Serate*, il senatore, il conte e il cavaliere) sul cristianesimo, sulle conseguenze del peccato originale e, soprattutto, sul ruolo della Provvidenza nella storia. E tuttavia, nonostante ciò, *Les soirées* non rappresentano soltanto il tentativo di definire una filosofia della storia, ma anche, in sostanza, di elaborare una filosofia della scienza.

L'analisi critica delle conoscenze scientifiche dei moderni e, in particolare, di quel complesso di discipline emerse dal contesto della seconda rivoluzione scientifica, ovvero buona parte delle scienze sperimentali, chimica inclusa, occupa un ampio spazio all'interno delle riflessioni dell'intellettuale savoiaro.

Secondo de Maistre, la vera scienza non poteva basarsi su dati sperimentali e sull'uso di procedimenti logici e quantitativi volti alla conoscenza del mondo sensibile ma, al contrario, fondata sull'intuizione, essa rappresentava semplicemente il riflesso di un superiore e preordinato ordine di tipo spirituale. Esempi di «scienza primitiva», come la definisce de Maistre, erano senz'altro individuabili guardando attentamente alle prime età della storia della Terra:

Su questo punto sono tutti d'accordo: gli iniziati, i filosofi, i poeti, la storia, la leggenda, l'Asia e l'Europa hanno una sola voce. Un simile accordo della ragione, della Rivelazione e di tutte le tradizioni umane costituisce una tale dimostrazione che può essere contraddetta solo a parole. Gli uomini quindi non soltanto hanno cominciato con la scienza, ma con una scienza diversa dalla nostra e ad essa superiore, perché partiva da un punto più alto, il che la rendeva anche molto pericolosa. E questo vi spiega come mai la scienza, al suo inizio, fu sempre misteriosa e restò chiusa nell'ambito dei templi, dove infine si spense quando questa fiamma non potè servire ad altro che a bruciare.<sup>14</sup>

<sup>11</sup> Idea sostenuta fin dalle fortunate *Considérations sur la France* pubblicate a Losanna nel 1796. Per questo motivo anche le monarchie legittimamente ricondotte sul trono dovevano riconoscere la superiore autorità della chiesa cattolica, modello supremo di monarchia ben temperata, secondo la celebre tesi formulata nei due volumi del *Du Pape* (1819).

<sup>12</sup> J. DE MAISTRE, *Le serate di Pietroburgo o Colloqui sul governo temporale della Provvidenza*. Edizione italiana a cura di Alfredo Cattabiani. Traduzione dal francese di Lorenzo Fenoglio e Anna Rosso Cattabiani, Milano, Rusconi, 1986, p. 259 (d'ora in poi con l'abbreviazione SERATE).

<sup>13</sup> *Les soirées de Saint-Pétersbourg*, tra l'altro, sono considerate di un certo valore anche dal punto di vista letterario.

<sup>14</sup> SERATE, p. 74. Esempio classico di antica sapienza erano, per de Maistre, «le piramidi d'Egitto, rigorosamente orientate» e «anteriori a tutte le epoche certe della storia» (p. 76). Del resto non si poteva «fare a meno di sospettare che gli Egizi conoscessero la vera forma delle orbite dei pianeti» (pp. 75-76).

La scienza primitiva, secondo de Maistre, era esistita prima del diluvio universale, un evento indubitabile che poteva essere datato con sicurezza:

Filosofi spiritosi ci hanno detto: «I secoli non ci mancheranno»: e invece ci mancano davvero: perché l'epoca del diluvio è lì a soffocare tutti i romanzi dell'immaginazione; e le osservazioni geologiche che dimostrano il fatto, ne provano pure la data in cui è avvenuto, con una incertezza tanto insignificante quanto è insignificante, nella totalità dello spazio, la distanza tra la luna e noi. Lo stesso Lucrezio non ha potuto fare a meno di rendere una testimonianza sorprendente sulla novità della famiglia umana; e la fisica, che qui potrebbe fare a meno della storia, ne ricava pur tuttavia nuova forza, giacché noi vediamo che presso tutti i popoli la certezza storica finisce alla stessa epoca, cioè verso il secolo ottavo prima della nostra era.<sup>15</sup>

Per il teorico della Restaurazione qualsiasi tentativo di definire la natura del sapere scientifico facendo ricorso al concetto di evoluzione umana era inammissibile: «Noi ci basiamo sempre sulla banale ipotesi che l'uomo si sia elevato gradualmente dalla barbarie alla scienza e alla civiltà. È il sogno favorito, l'errore principe del nostro secolo».<sup>16</sup> Al contrario, all'alba del mondo era sicuramente esistita una forma di sapienza superiore, libera dai condizionamenti delle moderne scienze sperimentali, ostinatamente fondate sull'esperimento, sulla quantificazione dell'esperimento e sull'applicazione della logica allo studio della natura: «essa [la scienza sperimentale] si trascina, macchiata di inchiostro e tutta ansimante, sulla strada della verità, tenendo sempre rivolta a terra la fronte solcata di formule algebriche».<sup>17</sup> La vera scienza, quella originaria, era invece libera dai vincoli materiali e non si serviva dell'inutile confronto con l'esperienza:

Fin dove è possibile osservare la scienza delle epoche primitive, nonostante l'enorme distanza, la vediamo sempre libera e indipendente, e più che camminare essa vola, e in tutto il suo portamento mostra qualcosa di aereo e di soprannaturale. (...) Ciò che ho detto è dimostrato da queste due prove importanti: la scienza nell'antichità fu dispensata dal lavoro che è invece imposto alla scienza dei nostri giorni, e tutti i calcoli che noi fondiamo sulla moderna sperimentazione sono quanto di più falso si possa immaginare.<sup>18</sup>

Fortissimo è in de Maistre il disprezzo non solo per l'empirismo e le scienze sperimentali,<sup>19</sup> ma per gli artefici principali della loro diffusione, ovvero gli enciclo-

<sup>15</sup> *Ivi*, p. 77.

<sup>16</sup> *Ivi*, p. 549.

<sup>17</sup> *Ivi*, p. 78.

<sup>18</sup> *Ivi*, p. 79.

<sup>19</sup> Sono noti gli attacchi del savoiaro a Francis Bacon, ritenuto uno dei maggiori responsabili del degrado dell'età moderna, come ad esempio quello contenuto nell'*Examen de la philosophie de Bacon* (scritto nel 1815, ma pubblicato postumo nel 1836): «Locke è il successore di Bacone (la cosa è incontestabile); Locke a sua volta generò Helvétius, e quindi tutti questi nemici del genere umano (gli enciclopedisti), compreso Cabanis, discendono da Bacone (...). Sarà sempre un'infamia incancellabile, per Bacone come per Locke, che non ci sia un solo ateo, un solo materialista, un solo nemico del Cristianesimo — nel nostro secolo così fertile di uomini del gene-



pedisti, rei di avere allontanato l'uomo dallo spirito di sistema, dalla giusta ricerca dei principi primi e degli elementi spirituali alla base del mondo materiale: «Se vedete uno lanciato dagli enciclopedisti, tradotto da un ateo e lodato a dismisura dalla fiumana di filosofi del secolo scorso, potete star sicuri, senza ulteriori esami, che la sua filosofia è falsa e pericolosa, almeno nelle basi generali».<sup>20</sup>

Una delle nuove scienze al centro delle accuse di de Maistre è proprio la chimica moderna:

Ma nulla è più interessante di quel che sta avvenendo ai giorni nostri nel campo della chimica. Seguite l'itinerario degli esperimenti e vedrete dove andranno a finire gli adepti di questa scienza. Ammiro sinceramente i loro lavori; ma temo che i posteri ne approfitteranno senza essere loro riconoscenti e li considereranno come ciechi che, senza saperlo, sono arrivati in un paese di cui negavano l'esistenza.<sup>21</sup>

Agli occhi di de Maistre la scienza moderna non ha il merito, ma è responsabile di aver trasformato la chimica in una disciplina che non si fonda più su principi primi stabiliti a priori, e che si limita ad indicare, utilizzando un procedimento di tipo analitico, quali sono le sostanze semplici, ovvero gli elementi, determinabili sperimentalmente attraverso l'analisi di laboratorio. Egli è esplicito su questo punto: «la scomposizione e ricomposizione dell'acqua», fenomeni alla base di una di quelle «teorie oggi considerate dogmi», si rifiutano «decisamente di entrare nella mia mente, e io sono incline a pensare che un bel giorno uno scienziato in buona fede verrà a insegnarci che su queste grosse questioni eravamo nell'errore o non riuscivamo a capirci».<sup>22</sup>

La proliferazione del numero di elementi era, agli occhi del filosofo savoiaro, del tutto inaccettabile, così come l'equivalente proliferare di nomi e vocaboli per designare le sostanze: «Io non sono un chimico, ma ho eccellenti ragioni per credere che tutta questa terminologia è destinata a scomparire».<sup>23</sup>

Così come era accaduto in ambito politico (e in questo senso l'analogia fra rivoluzione francese e rivoluzione chimica è assai stretta), de Maistre pensava che le scienze (e al tempo stesso la società), dopo aver attraversato una fase di decadenza (che tuttavia rientrava in un disegno provvidenziale), sarebbero tornate a splendere in un'età di rigenerazione (coincidente, dal punto di vista politico, con una pace universale ispirata a profondi valori religiosi), dove l'accordo fra verità scientifiche

re — il quale non abbia fatto professione di essere loro discepolo, erigendoli a primi liberatori del genere umano»; trad. it. in L. MARINO, *La filosofia della Restaurazione*, cit., p. 58.

<sup>20</sup> SERATE, p. 346.

<sup>21</sup> *Ivi*, p. 540.

<sup>22</sup> *Ivi*, p. 17. Alla stesura delle parti delle *Soirées* che trattavano questioni scientifiche collaborò uno dei fratelli più giovani di Joseph, ovvero Xavier de Maistre; cfr. M. CIARDI, *Men of letters and science. The case of Xavier de Maistre*, «Nuncius», XII, n. 2, 1997, pp. 447-469.

<sup>23</sup> *Ivi*, p. 102. Naturalmente de Maistre riteneva inammissibili tutte le teorie fondate sull'idea dell'esistenza di atomi e molecole elementari, a partire da quelle di Democrito e di Lucrezio (*Ivi*, p. 259).

e verità rivelate sarebbe stato perfetto: «Volete una nuova prova di ciò che si sta preparando? Cercatela nelle scienze. Considerate attentamente il cammino della chimica, della stessa astronomia, e vedrete dove ci conduce».<sup>24</sup> Il punto d'arrivo dello sviluppo del sapere chimico coincideva, in sostanza, secondo de Maistre, con un ritorno al giusto inizio: «Il fisico che ha fatto l'esperimento di Hales, si domanda che cosa sia una pianta, che cosa sia il legno, che cosa sia infine la materia, e non osa più fare ironia sugli alchimisti».<sup>25</sup> Infatti non era possibile l'esistenza di «alcuna legge sensibile» che non avesse «dietro di sé» una «legge spirituale di cui la prima non è che l'espressione visibile»; e uscendo «fuori dal campo dell'esperienza materiale e sensibile per entrare in quello della filosofia razionale» diventava indispensabile «uscire dalla materia e spiegare ogni cosa con la metafisica».<sup>26</sup>

Non c'è dubbio che la formazione scientifica abbia risentito degli argomenti circolanti nell'ambito della massoneria cristiana della seconda metà del Settecento, dedita a varie forme di esoterismo.<sup>27</sup> Il giovane de Maistre aveva infatti aderito, negli anni '70 del XVIII secolo, ad una delle logge massoniche di Chambéry, che andò ad associarsi al cosiddetto Regime Rettificato (creato dal lionese Jean-Baptiste Willermoz, discepolo di Martinez de Pasqually), nato da una diversa interpretazione dei principi su cui si fondava la Stretta Osservanza Templare del barone Karl von Hund,<sup>28</sup> con la fondata speranza che la massoneria avrebbe potuto contribuire alla riunificazione di tutte le chiese cristiane. E nonostante, a distanza di tempo, il filosofo savoiano avesse in qualche modo preso le distanze dalla sua esperienza di massone (almeno dal punto di vista istituzionale), egli continuò sempre a vedere nelle discipline coltivate in età giovanile, dall'ermetismo all'alchimia, dalla cabala al magnetismo animale,<sup>29</sup> le uniche vere scienze possibili, perché uniche ad ammettere la possibilità del collegamento fra mondo materiale e mondo spirituale.

Proprio in quegli anni, tra l'altro, com'è noto, stava maturando lo scontro fra una massoneria comunque orientata verso varie forme di esoterismo e una massone-

<sup>24</sup> *Ivi*, p. 590.

<sup>25</sup> *Ivi*, p. 540.

<sup>26</sup> *Ibidem*.

<sup>27</sup> Come ha scritto Francovich (*op. cit.*, p. 253), «la lettura dei testi redatti dai suoi maestri spirituali, Boehme, Swedenborg, Martinez de Pasqually», spinse indubbiamente de Maistre sulla strada della «massoneria occultistica».

<sup>28</sup> Sul complesso universo delle massonerie settecentesche si vedano CARLO FRANCOVICH, *Albori socialisti nel Risorgimento. Contributo allo studio delle società segrete (1776-1835)*, Firenze, Le Monnier, 1962; ID., *Storia della massoneria in Italia. Dalle origini alla Rivoluzione francese* (1974), Firenze, La Nuova Italia, 1975; MARGARET C. JACOB, *Living the Enlightenment. Freemasonry and Politics in Eighteenth-Century Europe*, Oxford, Oxford University Press, 1991 (trad. it., *Massoneria illuminata. Politica e cultura nell'Europa del Settecento*, Torino, Einaudi, 1995); GIUSEPPE GIARRIZZO, *Massoneria e illuminismo nell'Europa del Settecento*, Venezia, Marsilio, 1994.

<sup>29</sup> Sull'uso di terapie ipnotiche e mesmeriche da parte di de Maistre cfr. C. FRANCOVICH, *op. cit.*, pp. 430-431, e V. FERRONE, *I profeti dell'illuminismo. Le metamorfosi della ragione nel tardo Settecento italiano*, Roma-Bari, 1989, p. 64 e 109.

ria più incline al razionalismo, scontro che raggiunse il suo apice nella celebre assemblea di Wilhelmsbad (luglio-agosto 1782). E forse non casualmente de Maistre riteneva che anche gli scienziati avessero dato vita ad una sorta di club esclusivo:

Gli scienziati europei sono in questo momento una setta di congiurati o di iniziati, o come preferite chiamarli, che hanno fatto della scienza una specie di monopolio e non vogliono che si sappia *di più* o *diversamente* da loro. Ma questa scienza sarà disprezzata fra breve da una posterità illuminata che giustamente accuserà gli adepti di oggi di non aver saputo trarre dalle verità che Dio aveva loro affidato le conseguenze più preziose per l'uomo.<sup>30</sup>

Non sorprende quindi che nel corso degli anni de Maistre, pur continuando a difendere il ruolo della massoneria cristiana, abbia progressivamente aderito alla teoria del complotto massonico, secondo la quale molti aderenti alla massoneria, spostandosi sulle posizioni della setta radicale degli Illuminati di Baviera, contribuirono alla preparazione della Rivoluzione francese.<sup>31</sup> Tenendo conto di tutto questo era inevitabile che per de Maistre le nuove scienze fossero estremamente pericolose per l'ordine politico e sociale: «Insegnate ai giovani la fisica e la chimica prima di averli impregnati di religione e di morale; inviate a una nuova nazione gli scienziati prima di inviarle i missionari, e vedrete i risultati».<sup>32</sup>

Tanto meno era auspicabile che il governo di una nazione fosse lasciato in mano agli scienziati:

In altri tempi gli scienziati erano pochissimi, e fra costoro pochissimi erano empi; oggi non vi sono che scienziati: sono una corporazione, una folla, un popolo, e fra loro l'eccezione, già triste un tempo, è diventata regola. Hanno usurpato un'influenza senza limiti in qualsiasi campo; eppure, se oggi vi è una cosa certa in questo mondo, è che non spetta alla scienza guidare gli uomini. Nulla di ciò che è necessario le è affidato; bisognerebbe aver perduto la retta ragione per credere che Dio abbia incaricato gli accademici di insegnarci ciò che Egli è e che cosa gli dobbiamo. Spetta ai prelati, ai nobili, ai grandi ufficiali dello Stato essere i depositari e i guardiani delle verità conservatrici, insegnare alla nazione qual è il male e qual

<sup>30</sup> SERATE, p. 592. Sarebbe interessante sapere se questo giudizio di de Maistre sia stato condizionato dalla conoscenza dell'esistenza della «Loggia delle Nove Sorelle», alla quale aderirono anche numerosi scienziati. Su questa loggia si vedano, oltre alle indicazioni contenute nei volumi di Francovich e Giarrizzo, LOUIS AMIABLE, *Une loge maçonnique, La R\*L\* Les Neuf Soeurs*, Paris, 1897; N. HANS, *Unesco of the Eighteenth century. La loge des Neuf Soeurs and its venerable Master, Benjamin Franklin*, «Proceedings of the American Philosophical Society», XCVIII, 1953, pp. 513-524; SERGIO MORAVIA, *Il tramonto dell'Illuminismo. Filosofia e politica nella società francese, 1770-1810* (1968), Roma-Bari, 1986, pp. 55-67; F. ABBRI, *Science and Politics*, cit., p. 251.

<sup>31</sup> Cfr. ZEFFIRO CIUFFOLETTI, *Il complotto massonico e la Rivoluzione francese*. Antologia a cura di Luigi Di Stadio, Firenze, Edizioni Medicea, 1989. A questo proposito pesanti responsabilità furono sicuramente attribuite anche alle Nove Sorelle, soprattutto da parte dell'abate Barruel (colui che fornì la sistemazione più compiuta della teoria del complotto massonico), nei suoi *Mémoires pour servir à l'histoire du jacobinisme* (1786-1797); cfr. S. MORAVIA, *op. cit.*, p. 66; Z. CIUFFOLETTI, *op. cit.*, pp. 57-58. Su Barruel si veda anche D. CARPANETTO, *Augustin Barruel*, in B. BONGIOVANNI, L. GUERCI (a cura di), *L'albero della Rivoluzione*, cit., pp. 49-56.

<sup>32</sup> SERATE, p. 546.

è il bene, ciò che è vero e ciò che è falso nell'ordine morale e spirituale; gli altri non hanno diritto di ragionare su simili materie.<sup>33</sup>

De Maistre rientrò nel Regno di Sardegna nel 1817. Egli tuttavia era rimasto sempre in stretto contatto con gli ambienti conservatori sabaudi e, in particolare, con quegli ambienti che avrebbero dato vita all'associazione dell'Amicizia Cattolica, capitanata da Cesare Taparelli d'Azeglio, il padre del più famoso Massimo. L'Amicizia Cattolica, come recitava il suo programma, era composta da «laici cattolici operanti alla luce del sole per la difesa della causa religiosa, incentrata nel Papa, del quale si sosteneva l'infallibilità e la piena e universale giurisdizione sulla Chiesa, e per la causa monarchica che presentava il sovrano nella luce mistica del diritto divino».<sup>34</sup> Tra i soci appartenenti, oltre a de Maistre, grande amico di d'Azeglio, c'erano numerosi esponenti politici di primo piano.

Tenendo conto di questi elementi (tutti naturalmente da approfondire e verificare) è perciò difficile pensare che le riflessioni di Joseph de Maistre sul ruolo della chimica nell'età moderna non abbiano in qualche modo avuto delle ricadute anche sulle scelte di politica della scienza del Regno di Sardegna nei primissimi anni dell'età della Restaurazione.<sup>35</sup>

<sup>33</sup> *Ivi*, pp. 473-474.

<sup>34</sup> ANGIOLO GAMBARO, *Sulle orme del Lamennais in Italia. I. Il lamennismo a Torino*, Torino, Deputazione subalpina di storia patria, 1958, p. 25.

<sup>35</sup> Per ulteriori considerazioni sulle scelte di politica della scienza nel Regno di Sardegna durante l'Ottocento mi permetto di rimandare a M. CIARDI, *La fine dei privilegi. Scienze fisiche, tecnologia e istituzioni scientifiche sabaude nel Risorgimento*, Firenze, Olschki, 1999; ID., *Ordine e progresso*, cit.

PAOLO BENSI \*

## **La chimica e l'arte del XX secolo: nuovi materiali per una nuova espressività \*\***

**The chemistry and 20<sup>th</sup> century art: new materials for new expressiveness.**

**Summary** – During the 20th century the progress in the field of chemistry have produced in the avanguard artists not only theoretic and conceptual considerations on the relationships between art and science but also practical consequences: there has been the introduction of synthetic pigments and dyestuffs and synthetic media in the techniques of painting and plastic materials in the sculpture, providing new expressive possibilities, even if an irrational use of the new materials is creating serious problems of preservation to the works of contemporary art.

Gli sviluppi delle scienze e in particolare della chimica hanno avuto un forte impatto sulle arti figurative del Novecento da almeno due punti di vista. Innanzitutto molti artisti sono rimasti affascinati dallo sconvolgimento della tradizionale visione del mondo operata dalle scienze nel XIX e nel XX secolo, in grado di influire anche sull'immaginario poetico e figurativo. Anche da un punto di vista pratico ed operativo il progresso della tecnologia chimica ha offerto agli artisti nuovi materiali e nuove possibilità tecniche, che hanno trasformato i procedimenti della pittura, della grafica e della scultura ereditati dal passato.

Il primo aspetto costituisce un argomento di notevole complessità che non è possibile affrontare in questa sede — pensiamo soltanto alle ripercussioni della teoria della relatività sui concetti filosofici ma anche estetici di spazio e tempo. Posso solo accennare all'impatto delle teorie e delle scoperte scientifiche sui movimenti delle cosiddette «avanguardie storiche» e in particolare sul Futurismo, sorto

\* Accademia Ligustica di Belle Arti.

\*\* Relazione presentata all'VIII Convegno Nazionale di «Storia e Fondamenti della Chimica» (Arezzo, 28-30 ottobre 1999).

in Italia nel 1909, che aveva nel culto della modernità e del progresso uno dei capisaldi del suo programma. Particolarmente significativo è l'atteggiamento di Umberto Boccioni, uno dei più grandi artisti del primo Novecento europeo ed esponente di punta del Futurismo, che ben esprime le inquietudini, le speranze e il senso di inadeguatezza di molti uomini di cultura di fronte al mondo della scienza.

Nel suo *Diario* già nel 1907 possiamo leggere:

Mi sembra che oggi, mentre l'analisi scientifica ci fa vedere meravigliosamente l'universo, l'arte debba farsi interprete del risorgere poderoso, fatale d'un nuovo idealismo positivo. Mi sembra che l'arte e gli artisti sono oggi in conflitto con la scienza ...<sup>1</sup>

ed ancora nel 1907:

Una prova che gli artisti non hanno seguito il processo di trasformazione sta in questo, che mentre gli scienziati studiano e creano palpitando con l'anima universale che li circonda, gli artisti creano cose morte e d'un linguaggio sconosciuto non solo ai più, ma anche ai pochi. È impossibile che l'era dell'arte sia finita e che sia cominciata quella della scienza.<sup>2</sup>

Si può notare un ribaltamento significativo tra le modalità della ricerca scientifica e di quella artistica, per cui sono gli scienziati e non gli artisti a porsi in comunione «poetica» con la natura.

Il *Manifesto dei pittori futuristi* del 1910, firmato da vari artisti ma modellato soprattutto sulle idee di Boccioni, afferma perentoriamente:

Compagni! Noi vi dichiariamo che il trionfante progresso delle scienze ha determinato nell'umanità mutamenti tanto profondi, da scavare un abisso tra i docili schiavi del passato e noi liberi, noi sicuri della radiosa magnificenza del futuro.<sup>3</sup>

Significativi sono altresì alcuni brani de *La pittura futurista. Manifesto tecnico*, sempre del 1910:

Chi può credere ancora all'opacità dei corpi, mentre la nostra acuita e moltiplicata sensibilità ci fa intuire le oscure manifestazioni dei fenomeni medianici? Perché si deve continuare a creare senza tener conto della nostra potenza visiva che può dare risultati analoghi a quelli dei raggi X? (...) La scienza d'oggi, negando il suo passato, risponde ai bisogni materiali del nostro tempo; ugualmente l'arte, negando il suo passato, deve rispondere ai bisogni intellettuali del nostro tempo.<sup>4</sup>

<sup>1</sup> Si veda almeno M. CALVESI, *Boccioni e il futurismo milanese*, in «L'Arte Moderna», vol. V, n. 38, 1967, pp. 44-48. La citazione di Boccioni è tratta da U. BOCCIONI, *Diario*, in P. BAROCCHI, *Testimonianze e polemiche figurative in Italia. Dal Divisionismo al Novecento*, Messina-Firenze 1974, p. 248 (notazione del 14 marzo 1907).

<sup>2</sup> *Ibid.*, p. 251 (notazione del 21 settembre 1907).

<sup>3</sup> *Ibid.*, p. 269: il manifesto, datato 11 febbraio 1910, era firmato da Umberto Boccioni, Carlo Carrà, Luigi Russolo, Giacomo Balla, Gino Severini.

<sup>4</sup> *Ibid.*, p. 273: il manifesto è datato 11 aprile 1910 ed era firmato dagli stessi artisti del manifesto precedente.

Qui si mescolano richiami, più convenzionali, ad un ruolo della scienza e suggestioni delle pseudo-scienze allora così di moda anche negli ambienti intellettuali: ricordo che spiritismo, esperienze esoteriche e richiami alchemici erano alla base, ad esempio, del movimento culturale dei Rosa Croce, a cui avevano aderito all'inizio del secolo letterati ed artisti soprattutto francesi. Più suggestivo, sospeso tra allusioni mistiche e potenzialità tecniche, l'accenno ai raggi X, le cui straordinarie possibilità di penetrare la materia e rivelare l'invisibile non aveva mancato di colpire gli artisti; oltre ai Futuristi ad esempio i Costruttivisti russi (a Leningrado nel 1927 era stato eretto un monumento a Röntgen).<sup>5</sup>

Ancora Boccioni nel 1913 nell'articolo *Contro la vigliaccheria artistica* cercherà di trasformare lo stupore ed il senso di spaesamento in un'eccitante sfida tra le possibilità della scienza e quelle dell'arte in nome della «nuova sensibilità» (tema a lui particolarmente caro), creata dalla prima ma alimentata dalla seconda:

(...) la scienza, con il vapore, l'elettricità, i gas carburanti, le onde Hertziane e tutte le ricerche biologiche e chimiche ha trasformato il mondo (...) con le scoperte scientifiche è sorta una nuova sensibilità che l'artista già esprime e che la folla si rifiuta di riconoscere.<sup>6</sup>

Progressivamente intanto il Futurismo stava elaborando una «ideologia globale (...) abbracciante i vari campi dell'esperienza umana, dalla letteratura alle arti figurative e alla musica, dal costume alla morale e alla politica» (De Maria) a cui la scienza non poteva sfuggire.<sup>7</sup>

Così, dopo che nel 1914 Corradini e Settimelli avevano definito «scientificamente» l'arte «una secrezione cerebrale esattamente misurabile», nel 1916 viene diffuso il manifesto de *La scienza futurista*, che meriterebbe una trattazione più approfondita, ma di cui non è inutile comunque fornire qualche cenno.<sup>8</sup> I connotati della disciplina sono riassunti nel sottotitolo: «antitedesca-avventurosa-capricciosa-sicurezzafoba-ebbra d'ignoto», che si oppone, come scrive Enrico Crispolti, alla scienza «descrittiva e catalogatoria» e si proclama «intuitiva e problematica (...) provocatrice dell'ignoto anziché propositrice di false assolute certezze».<sup>9</sup> Nel manifesto troviamo infatti affermazioni di questo tipo:

<sup>5</sup> Cfr. CALVESI, *Boccioni*, cit., pp. 48-49. Per le informazioni sui rapporti tra scienza e Costruttivismo russo sono debitore verso Margherita Meneluso, che nel 1993 mi riferì i contenuti di una conferenza del prof. J.E. Bowlt, University of South California, collegata alla mostra dell'architetto russo costruttivista Ivan Leonidov svoltasi nel 1989 alla Villa Pignatelli di Napoli.

<sup>6</sup> Cfr. U. BOCCIONI, *Contro la vigliaccheria artistica*, in «Lacerba», n. 17, 1 settembre 1913, ripubblicato in U. BOCCIONI, *Gli scritti editi e inediti*, a cura di Z. Birolli, Milano 1971, p. 94.

<sup>7</sup> Cfr. L. DE MARIA (a cura di), *Per conoscere Marinetti e il Futurismo*, Milano 1973, p. XIV.

<sup>8</sup> B. CORRADINI, E. SETTIMELLI, *Pesi, misure e prezzi del genio artistico. Manifesto futurista*, in E. CRISPOLTI (a cura di), *Ricostruzione futurista dell'universo*, catalogo della mostra, Torino 1980, pp. 431-433 (in particolare p. 432; il manifesto è datato 11 marzo 1914). Il manifesto *La scienza futurista* è pubblicato in «L'Italia Futurista», a. I, n. 2, 15 giugno 1916, a firma di B. Corra (Corradini), A. Ginanni, R. Chiti, E. Settimelli, M. Carli, O. Mara, Nannetti: cfr. CRISPOLTI, *op. cit.*, pp. 434-435.

<sup>9</sup> Cfr. CRISPOLTI, *op. cit.*, p. 433.

la scienza passata è stata sempre tronfiamente sicura di sé, idiotamente cieca di fronte alla imminenza colossale ed assillante del mistero che pullula nella nostra realtà; lo slargamento continuo della nostra vita rende necessaria la creazione di una scienza futurista audacemente esploratrice, sensibilissima, vibratile, influenzata da intuizioni lontanissime, frammentaria, contraddittoria, felice di scoprire oggi una verità che distrugga la verità di ieri, tutta inzuppata di ignoto tutta protesa sensitivamente verso il vuoto che le sta davanti. (...) Da oggi in poi la scienza non deve avere più che uno scopo: ingigantire sempre più l'ignoto precisando e frastagliando la zona di realtà che ci è meno sconosciuta.<sup>10</sup>

A conclusioni molto più tradizionali giungeranno negli anni Venti le riflessioni del pittore cubista George Braque, preoccupato di ricondurre nei rispettivi argini i due flussi di creatività: «L'arte è fatta per turbare, la scienza per assicurare».<sup>11</sup>

Per quanto riguarda l'influsso del progresso della tecnologia sulle tecniche esecutive del XX secolo si può osservare in generale come il mercato dei materiali artistici sia progressivamente invaso da prodotti concepiti per uso industriale — come i coloranti organici e i polimeri di sintesi — successivamente riciclati ad uso dei pittori e degli scultori, una tendenza già manifestatasi nell'Ottocento.<sup>12</sup> Studiare la storia e le caratteristiche di tali prodotti è estremamente utile sia per comprendere meglio le scelte espressive degli artisti sia per poter intervenire efficacemente sulle opere, che presentano spesso gravi problemi di conservazione.

A livello di supporti utilizzati per stendere gli strati di preparazione e di colore, dopo la Seconda Guerra mondiale fibre di nylon e poliesteri si affiancano alle tradizionali fibre vegetali — lino, canapa, cotone — nelle tele, mentre il legno massiccio, di uso antichissimo, comincia dagli anni Trenta ad essere sostituito da più economici pannelli di compensato e di truciolato, spesso impregnati di collanti sintetici.

Uno dei settori più interessati dalle innovazioni è quello dei materiali coloranti. Già nell'Ottocento si era avuta una svolta decisiva con l'introduzione di un massiccio numero di pigmenti inorganici basati sui sali di elementi «nuovi», come il Cromo, il Cadmio, lo Zinco e il Bario, oppure su composti di recente scoperta di elementi già presenti nei colori tradizionali, come il Cobalto e il Manganese. Inoltre la rivoluzione avviata nella tintura dei tessuti nel 1856 dalla scoperta dei colo-

<sup>10</sup> *Ibid.*, p. 434.

<sup>11</sup> M. DE MICHELI, *Carte d'artisti. Le avanguardie. Lettere, confessioni, interviste*, vol. 2, Milano 1995, p. 210.

<sup>12</sup> Sulle innovazioni nel campo dei materiali artistici si veda L. FAIRBAIRN (a cura di), *Paint & Painting*, London 1982; P. BENSI, *Materiali e procedimenti della pittura italiana tra Ottocento e Novecento*, in «Ricerche di Storia dell'Arte», n. 24, 1984, pp. 75-81; H. ALTHOFER (a cura di), *Das 19. Jahrhundert und die Restaurierung. Beiträge zur Malerei, Maltechnik und Konservierung*, München 1987; S. BORDINI, *Materia e immagine. Fonti sulle tecniche della pittura*, Roma 1991; T. MAZZONI, *All'origine del problema conservativo dell'arte contemporanea, la pittura del XIX secolo. Materiali, tecniche, alterazioni*, in S. ANGELUCCI (a cura di), *Arte contemporanea. Conservazione e restauro*, Atti del colloquio di Prato 1994, Firenze 1994, 17-36; J.H. TOWNSEND, *Painting Techniques and Materials of Turner and Other British Artists 1775-1875*, in A. WALLERT, E. HERMENS, M. PEEK (a cura di), *Historical Painting Techniques, Materials and Studio Practice*, Los Angeles 1996, pp. 176-185.



ranti di sintesi si era estesa ai prodotti pittorici, soprattutto alle lacche rosse, violette e arancioni — colori trasparenti e brillanti, in precedenza ricavati da estratti vegetali o di insetti.<sup>13</sup>

Queste innovazioni, unite alle ricerche sulla natura fisica della luce e del colore, avevano già influito sulla tecnica degli esponenti di movimenti come l'Impressionismo e il *Pointillisme* in Francia e il Divisionismo in Italia, orientandola verso l'adozione di una tavolozza di pigmenti sempre più intensi, brillanti, luminosi, a scapito di materiali naturali dalle tonalità più spente e terrose (come le ocre).<sup>14</sup>

Tra il 1910 e il 1920 l'industria chimica propone il rosso e l'arancione di cadmio in campo inorganico e una serie di lacche rosse, gialle e arancioni a base di composti azoici ( $\beta$ -naftoli, arilidi) piuttosto stabili in campo organico. Se consideriamo anche i pigmenti entrati in uso nell'Ottocento possiamo osservare come le tonalità più interessate dalle innovazioni siano stati i gialli — a base di cromo, cadmio e cobalto — i rossi (con i rosa e i lilla) — grazie alle lacche organiche — i violetti — a base di manganese e di cobalto ed organici — e i verdi — con i composti del cromo. I pittori hanno avuto così a disposizione colori saturi ed aggressivi per nuove possibilità espressive: teniamo conto che nel settore degli arancioni e dei viola, praticamente per la prima volta, erano disponibili materiali pronti per l'uso, mentre in precedenza gli artisti dovevano ricorrere a miscele o sovrapposizioni di colori primari.<sup>15</sup>

Possiamo cogliere con chiarezza queste trasformazioni negli scritti e nelle opere dei Futuristi; nel già citato *Manifesto tecnico* troviamo:

<sup>13</sup> Oltre ai testi citati nella nota precedente si veda: F. BRUNELLO, *L'arte della tintura nella storia dell'umanità*, Vicenza 1968, pp. 275-304; P. BENSI, *L'inventario della bottega di colori di Angelo Mattei in Roma (1847)*, in «Arte/Documento», n. 7, 1993, pp. 255-258; C. OLCESE SPINGARDI, *Produzione e commercio di materie coloranti per la pittura a Genova nel XIX secolo*, in «Kermes», a. IX, n. 25, 1996, pp. 44-50; P. BENSI, *Dalla Restaurazione al secondo Impero - William Perkin e le tinture di sintesi*, in P. BENSI, C. BUSS, G. BUTTAZZI, *Seta e colore*, Como 1997, pp. 69 e 75; S. BORDINI, *Colori e tubetti - S. RINALDI, Da Hayez a Sartorio, passando per Nino Costa. Tecniche pittoriche a confronto*, in S. RINALDI (a cura di), *L'occhio, la mano e la macchina. Pratiche artistiche dell'Ottocento*, Roma 1999, pp. 14-19 e 87-106 rispettivamente.

<sup>14</sup> Cfr. S. DELBOURGO, J.P. RIOUX, *Contributions à l'étude de la matière picturale des Impressionistes*, in «Annales du Laboratoire de Recherche des Musées de France», 1974, pp. 34-42; BENSI, *Materiali e procedimenti*, cit.; D. BOMFORD ET AL., *Art in the Making. Impressionism*, London 1990; S. BORDINI, *Scienza, tecnica e creatività artistica negli scritti di Gaetano Previati*, in «Ricerche di Storia dell'Arte», n. 51, 1993, pp. 40-51.

<sup>15</sup> Cfr. I. STRAUSS, *Übersicht über syntetisch organische Künstlerpigmente und Möglichkeiten ihrer Identifizierung*, in «Maltechnik Restaura», vol. 90, n. 4, 1984, pp. 29-44; M. DE KEIJZER, *A brief survey of the synthetic inorganic artists' pigments discovered in the 20<sup>th</sup> century*, in «ICOM Committee for Conservation, 9<sup>th</sup> Triennial Meeting, Dresden 1990», Los Angeles 1990, vol. I, pp. 214-219; ID., *Microchemical analysis on synthetic organic artists' pigments discovered in the twentieth century*, *ivi*, pp. 220-225; N. SONODA, J-P. RIOUX, A.R. DUVAL, *Identification des matériaux synthétiques dans les peintures modernes. II. Pigments organiques et matière picturale*, in «Studies in Conservation», vol. 38, n. 2, 1993, pp. 99-127.

(...) tutti si accorgeranno che sotto la nostra epidermide non serpeggia il bruno, ma che vi splende il giallo, che il rosso vi fiammeggia, e che il verde, l'azzurro e il violetto vi danzano, voluttuosi e carezzevoli! (...) Il volto umano è giallo, è rosso, è verde, è violetto. (...) Le nostre sensazioni pittoriche non possono essere mormorate. Noi le facciamo cantare e urlare nelle nostre tele che squillano fanfare assordanti e trionfali.<sup>16</sup>

Come si vede tra i toni «assordanti e trionfali» predominano i colori messi sul mercato nei decenni precedenti, che possiamo osservare nei dipinti di Boccioni, Balla, Carrà, Severini, Depero.

Nel manifesto *La pittura dei suoni, rumori e odori* di Carlo Carrà (1913) vengono banditi «I grigi, i bruni e tutti i colori fangosi» e si proclama:

La pittura dei suoni, dei rumori e degli odori vuole: 1. I rossi, roooooosssi roooooosssississimi che griiiiiidano. 2. I verdi, i non mai abbastanza verdi, veeeeerdiiiiisssssimi, che striiiiiidono; i gialli non mai abbastanza scoppianti; i gialloni-polenta; i gialli-zafferano; i gialli-ottoni.<sup>17</sup>

Vengono nuovamente esaltate le recenti esplosive gamme di colori, ma al momento di trovare termini di paragone, nonostante tutti i proclami di modernità, vengono evocati la polenta e lo zafferano: sullo sfondo si intravede non un'Italia industriale votata al progresso, ma un'Italia più paesana e rurale. È un piccolo segno delle contraddizioni del Futurismo e della cultura italiana di inizio secolo.

Naturalmente anche altri movimenti artistici italiani ed europei che pongono il colore al centro delle loro tematiche — come i Fauves, gli Espressionisti, i Surrealisti — si giovano largamente dei prodotti immessi sul mercato dalla tecnologia chimica.

La storia dell'impiego di tali materiali può portare elementi assai utili alla datazione delle opere d'arte, contribuendo alla identificazione di falsi tramite il riconoscimento analitico di pigmenti «anacronistici» rispetto alla presunta data di esecuzione dei manufatti; è possibile altresì individuare e datare parti restaurate in dipinti antichi sulla base dei colori in esse riscontrate. Le ricerche sono facilitate per il XX secolo dalla conoscenza piuttosto precisa delle date dei brevetti dei vari prodotti e dalle informazioni della pubblicistica tecnica: occorre tenere anche conto del ritardo con cui i coloranti nuovi sono accolti nei cataloghi delle ditte fornitrici di materiali per gli artisti e sono quindi recepiti da questi ultimi.

Dopo la Prima Guerra mondiale sono immesse sul mercato altre significative materie coloranti. Innanzitutto il Bianco di Titanio (a base di biossido di titanio), prodotto dai primi anni Venti nella forma di anatasio e dopo il 1938 nella forma di rutilo; il Blu di Manganese (sali di bario e di manganese) dal 1935; gli importantissimi composti metallo-organici a base di ftalocianine di rame blu e verdi dal 1936, oggi molto in uso. Il bianco di titanio ha sostituito progressivamente, assieme al bianco di ossido di zinco (in uso dalla metà dell'Ottocento), la biacca (carbonato di

<sup>16</sup> Cfr. BAROCCHI, *Testimonianze e polemiche*, cit., pp. 275-276.

<sup>17</sup> *Ivi*, pp. 291-296 (in particolare pp. 293-294).

piombo), utilizzato per secoli ma con i rischi di una elevata tossicità e di una notevole alterabilità agli agenti atmosferici.<sup>18</sup>

A proposito di quanto detto in precedenza sulle datazioni dei dipinti, qualche anno fa si è presentato il caso di quattro pastelli attribuiti all'artista russo Larionov esposti ad una mostra al Musée d'Art et d'Histoire di Ginevra: le opere avrebbero dovuto essere state eseguite tra il 1908 e il 1915, ma le indagini di laboratorio hanno accertato, se le informazioni della stampa erano esatte, la presenza di bianco di titanio nella forma di rutilo e di blu di manganese, quindi i pastelli non potevano essere anteriori, in base a dati tecnici precisi, al 1938. È interessante notare come lo studioso russo organizzatore della mostra abbia commentato i risultati delle analisi affermando che «non si può escludere a priori che quei pigmenti, sconosciuti in Occidente, non fossero stati impiegati con anni di anticipo dagli artisti anti-accademici russi».<sup>19</sup>

Negli anni Trenta e Quaranta cominciarono ad affacciarsi sul mercato dei prodotti per artisti i materiali polimerici sintetici, sia sotto forma di liquidi in grado di formare pellicole stabili, utilizzate come leganti o vernici, sia sotto forma di fibre, sia sotto forma di materie plastiche solide.<sup>20</sup>

I leganti sintetici si posero come una importante alternativa alle sostanze usate da secoli per fissare i colori, come le tempere a base di proteine o gli olii vegetali siccativi. Ricordo le principali tappe delle scoperte tecnologiche in questo campo: dall'Ottocento sono disponibili i nitrati di cellulosa (sostanza naturale modificata chimicamente) — che daranno vita dopo il 1870 alle pellicole di cellulose (uniti

<sup>18</sup> Per i materiali entrati in uso tra le due guerre si vedano i testi citati alla nota 15; specificatamente sul bianco di titanio cfr. DE KEIJZER, *A brief survey*, cit., pp. 214-215 e 217; G. BRAGA MARCAZZAN ET AL., *Cronologia di dipinti italiani contemporanei dalla caratterizzazione del bianco di titanio*, in «3<sup>a</sup> Conferenza Internazionale Prove Non Distruttive», Atti del convegno a cura di M. MARABELLI, P. SANTOPADRE, Viterbo 1992, vol. I, pp. 639-652; M. LAVER, *Titanium Dioxide Whites*, in E. WEST FITZUGH (a cura di), *Artists' Pigments. A Handbook of Their History and Characteristics*, vol. 3, New York 1997, pp. 295-355.

<sup>19</sup> Redazione, *Il bianco di titanio e il blu di manganese tradiscono 4 Larionov*, in «Il Giornale dell'Arte», n. 57, giugno 1988, p. 9; l'assenza di tali pigmenti nelle opere dell'artista è stata confermata dalle analisi effettuate dal Laboratorio di ricerca dei musei francesi a Parigi: J-P. RIOUX, G. AITKEN, A. DUVAL, *Matériaux et techniques des peintures de Nathalie S. Gontcharova et de Michel F. Larionov du Musée national d'art moderne*, in «Techne», n. 8, 1998, pp. 17-32.

<sup>20</sup> Per un approccio generale alla problematica si veda: C.V. HORIE, *Materials for Conservation*, London 1987; J. MILLS, R. WHITE, *The Organic Chemistry of Museum Objects*, London 1987; *Preprints to Modern Organic Materials Meeting*, Edinburgh 1988; M. MATTEINI, A. MOLES, *La chimica nel restauro. I materiali dell'arte pittorica*, Firenze 1989; S. BLANK, *An introduction to plastics and rubbers in collections*, in «Studies in Conservation», vol. 35, n. 2, 1990, pp. 53-63; D.W. GRATAN (a cura di), *Saving the Twentieth Century: The Conservation of Modern Materials*, Proceedings of Symposium Ottawa 1991, Ottawa 1993; O. CHIANTORE, *Le materie plastiche dell'arte contemporanea e la loro trasformazione e decadimento*, in ANGELUCCI, *Arte contemporanea*, cit., Firenze 1994, pp. 131-155; M. PUGLIESE DEGLI ESPOSTI, *L'estetica del sintetico. La plastica e l'arte del Novecento*, Genova 1997.

alla canfora) e dopo la Prima guerra mondiale a leganti detti «alla nitro», dal 1927 circa gli acetati di cellulosa, dal 1928 i polivinilacetati, dal 1930 circa le resine alchidiche variamente modificate (che però entrarono nella prassi artistica solo negli anni Cinquanta), dal 1935 le resine acriliche (metacrilati e acrilati), dal 1937 le resine viniliche.<sup>21</sup>

Tra i primi a sperimentare coscientemente questa gamma di sostanze furono alcuni artisti messicani, in particolare David Alfaro Siqueiros, i cui interessi erano rivolti soprattutto alla pittura murale, ritenuta la più eloquente, la più adatta a comunicare al popolo in modo forte e coinvolgente messaggi politici, che per Siqueiros e suoi compagni erano di tipo socialista rivoluzionario. Egli eseguì dipinti di grandi dimensioni (*murales*) in Messico e negli Stati Uniti negli anni del New Deal utilizzando i prodotti che la grande industria americana stava applicando su vasta scala, soprattutto nel settore automobilistico ed edilizio.<sup>22</sup> Siqueiros era convinto che «a una nueva sociedad deben corresponder seguramente nuevas soluciones materiales» e nel 1934 scriveva:

Useremo tutti gli strumenti e i materiali meccanici moderni suscettibili di essere impiegati nella produzione plastica. (...) Stabiliremo, in cambio, la premessa fondamentale che ogni movimento artistico deve ineluttabilmente avanzare parallelamente con la tecnica dell'epoca corrispondente (...) Dimostreremo praticamente che l'industria moderna ha realizzato radicali rivoluzioni nella chimica dei coloranti, senza che i professionisti dell'arte se ne siano minimamente preoccupati.<sup>23</sup>

Inizialmente la preferenza fu data a leganti a base di pirosselina, una miscela di nitrati di cellulosa messa in commercio dalla Du Pont de Nemours con il nome di Duco®, ma negli anni successivi il pittore utilizzerà anche polivinilacetati, poli-

<sup>21</sup> Cfr. oltre ai testi citati nella nota precedente cfr. R.G. LODGE, *A history of synthetic painting media with special reference to commercial materials*, in S.Z. ROSENBERG (a cura di), *Preprints of papers presented at the sixteenth annual meeting*. New Orleans 1988, American Institute for Conservation of Historic and Artistic Works, Washington 1988, pp. 118-127; N. SONODA, J.P. RIOUX, *Identification des matériaux synthétiques dans les peintures modernes. I. Vernis et liants polymères*, in «Studies in Conservation», vol. 35, 1990, pp. 189-204; A. RAVA, *Il restauro dell'arte contemporanea dal dopoguerra. Nuovi materiali e nuovi criteri d'intervento*, in ANGELUCCI, *Arte contemporanea*, cit., pp. 37-59; N. SONODA, *Application des méthodes chromatographiques à la caractérisation des peintures alkydes pour artistes*, in «Techne», n. 8, 1998, pp. 33-43; J. MARONTATE, *Réseaux de partage des savoirs techniques et pratiques artistiques. La conception et l'appropriation par les artistes de médiums synthétiques en Amérique du nord*, *ivi*, pp. 45-59. Sulle date di produzione e commercializzazione delle varie resine sintetiche vi sono delle discordanze nelle fonti: le date che compaiono nel testo sono in qualche modo una media delle indicazioni.

<sup>22</sup> Si veda D.A. SIQUEIROS, *Dipingere un murale*, Prefazione di M. De Micheli, Milano 1976; LODGE, *A history*, cit., pp. 118-120; PUGLIESE DEGLI ESPOSITI, *L'estetica*, pp. 27-30; MARONTATE, *Réseaux de partage*, cit., pp. 46-48.

<sup>23</sup> Le citazioni sono tratte rispettivamente da MARONTATE, *Réseaux de partage*, cit., p. 58, n. 8, e da SIQUEIROS, *Dipingere un murale*, cit., p. 6.

vinilcloruri e silicati organici, riprendendo in quest'ultimo caso un procedimento di origine tedesca modificato negli anni Trenta.<sup>24</sup> Certamente queste scelte costituiscono «un acte de conscience sociale, avec des implications politiques, esthétiques et pratiques» (come scrive Marontate), ma contengono anche la contraddizione di un'arte dai contenuti rivoluzionari costruita con i mezzi forniti dall'industria capitalistica (Siqueiros ammetterà di aver avuto amare delusioni nei contatti operativi con quest'ultima).<sup>25</sup>

Applicando i pigmenti con i leganti sopra descritti si potevano seguire prassi operative più efficaci rispetto ai metodi tradizionali di scuola europea, come l'affresco (colori mescolati con acqua posti su intonaci di calce e sabbia umidi): si adattavano innanzitutto meglio agli intonaci a base di cemento, essiccavano rapidamente, potevano essere applicati anche con pistole a spruzzo e aerografi, e avevano un costo minore. Il punto debole di tali procedimenti era la durata delle opere, compromessa dalla riduzione della traspirazione del muro e dalla non perfetta adesione della pellicola pittorica, soggetta a staccarsi, e anche da una non buona resistenza alla luce solare (dovuta non solo ai leganti ma anche alla presenza di coloranti organici).<sup>26</sup>

Negli anni Quaranta e Cinquanta chimici e artisti collaborarono in centri di ricerca applicata ai materiali sintetici per la pittura: in Messico all'Instituto Politécnico Nacional (diretto da J. Gutierrez), negli Stati Uniti presso il Fogg Museum di Boston (ad opera di R.J. Gettens e G.L. Stout) e poi nel Mellon Institut di Pittsburgh (per impulso di R. Feller).<sup>27</sup> Alcuni produttori in contatto con pittori statu-

<sup>24</sup> Secondo Lodge i silicati organici furono utilizzati, oltre che da Siqueiros, anche dal pittore messicano Clemente Orozco, e leganti a base di pirroselina sarebbero presenti in un dipinto del pittore tedesco Max Ernst del 1924 circa: cfr. LODGE, *A history*, cit., pp. 118-120. Si veda anche SIQUEIROS, *Dipingere un murale*, cit., pp. 115-119; MARONTATE, *Réseaux de partage*, cit., pp. 47-48.

<sup>25</sup> Cfr. MARONTATE, *Réseaux de partage*, cit., p. 46 (da cui è tratta la citazione) e 48.

<sup>26</sup> Cfr. SIQUEIROS, *Dipingere un murale*, cit., pp. 53-61. Per i problemi tecnici e conservativi dei dipinti murali contemporanei (limitatamente però alla situazione italiana) cfr. G. GERMANI, *La pittura murale italiana nel Novecento: tecniche e materiali*, in C. DANTI, M. MATTEINI, A. MOLES (a cura di), *Le pitture murali: tecniche, problemi, conservazione*, Firenze 1990, pp. 103-120; C. BELTRAMI, C. BERNARDINI, *Il consolidamento della pellicola pittorica nei dipinti murali del XX secolo*, in ANGELUCCI, *Arte contemporanea*, cit., pp. 171-190; C. BERNARDINI, *Il restauro dei dipinti murali moderni e contemporanei*, in E. DE MARTINO, *Conservazione e restauro dell'arte contemporanea*, atti del seminario, 2 voll., Venezia 1996, vol. II, pp. 449-459; per lo studio di un ciclo di opere murali eseguite negli Stati Uniti con tecniche non convenzionali: R. BOWMAN (a cura di), *Murals without Walls. Arsibile Gorky's Aviation Murals Rediscovered*, Newark 1978. Da notare come altri pittori «muralisti» messicani utilizzarono anche la tecnica dell'affresco: cfr. B. HELLER, *The conservation of Diego Rivera's Detroit Industry fresco cycle*, in ROSENBERG, *Preprints of papers*, cit., pp. 85-98 (nell'opera, del 1933, i bianchi sono già a base di bianco di titanio).

<sup>27</sup> Cfr. LODGE, *A history*, cit., pp. 119-123; MARONTATE, *Réseaux de partage*, cit., pp. 49-52: Gettens e Stout riassunsero i loro studi nel 1942 in un testo, ristampato nel 1966, che è ancora un importante punto di riferimento per le ricerche sui materiali pittorici antichi e moderni: R.J. GETTENS, G.L. STOUT, *Painting Materials. A short Encyclopaedia*, New York 1942 (reprint New York 1966).

nitensi e canadesi — come Leonard Bocour, Sam Golden, Henry Levison — creano dei prodotti concepiti esplicitamente per le loro esigenze: tra il 1948 e il 1953 vengono proposti in particolare colori a base di resine acriliche, adottati da Jackson Pollock, Morris Louis, Barnett Newmann, Mark Rothko. Una conseguenza è il cambiamento del mestiere, dell'atteggiamento dell'artista: il gesto non è più solo quello della mano che guida il pennello o la spatola, perché le caratteristiche dei nuovi leganti permettono (ed ispirano molto più della pittura ad olio) di far colare o spruzzare il colore, con la possibilità di ottenere macchie e gocciolamenti ma anche accumulati corpi e materici. Pollock, l'esponente più noto di questa tendenza (*action painting*), aveva partecipato ai laboratori di Siqueiros, sperimentando le vernici Duco per poi passare alle resine alchidiche, viniliche ed acriliche. Va sottolineato come negli anni Cinquanta siano stati preparati leganti acrilici in emulsione acquosa, molto versatili e pratici dato che non richiedono l'uso di solventi, in grado di produrre effetti simili alle tempere tradizionali (di colla o caseina) o agli acquerelli.<sup>28</sup>

Sul successo di tali materiali pesava, e pesa tuttora, l'incognita del comportamento nel corso del tempo e della resistenza agli agenti di degrado: l'atteggiamento iniziale può essere sintetizzato dalla frase provocatoria attribuita a Leonard Bocour «per i primi 120 anni vanno benissimo; dopo, perché preoccuparsi?», a cui fa eco il pittore Rauschenberg: «il rischio fa parte dell'arte». Sono affermazioni che certamente non rispecchiano le opinioni attuali dei direttori dei musei, dei collezionisti e dei restauratori, di coloro che possiedono e devono conservare opere che negli ultimi cinquant'anni hanno raggiunto un elevato valore storico ed economico, ma che spesso presentano una pericolosa fragilità, essendo state eseguite con materiali sperimentali, oltretutto in maniera entusiasta e non razionale.<sup>29</sup>

In Europa le novità nel campo dei leganti sono assorbite con un certo ritardo: alla fine degli anni Quaranta la preferenza viene data ai polimeri vinilici, come si può già notare nei dipinti di Atanasio Soldati, per poi passare a vernici di tipo industriale (scelte per il loro basso costo), anche fluorescenti (opere di Lucio Fontana, con effetti visibili solo in presenza di luce di Wood) o metallizzate, e agli acri-

<sup>28</sup> LODGE, *A history*, cit., pp. 120-127; MARONTATE, *Réseaux de partage*, cit., pp. 48 e 52-54.

<sup>29</sup> Le citazioni sono tratte da E.B. WYER, *Si sgretola l'arte contemporanea?*, in «Il Giornale dell'Arte», n. 56, maggio 1988, pp. 52-53. Sul tema estremamente complesso del restauro dell'arte contemporanea negli ultimi anni si sono infittiti i contributi critici, anche attraverso vari convegni in Italia e all'estero; volendo segnalare alcuni testi di riferimento, in cui sia posto il giusto accento sullo studio scientifico dei materiali e delle tecniche, si possono indicare, oltre ai saggi già citati nelle note precedenti, H. ALTHÖFER, *Il restauro delle opere d'arte moderne e contemporanee*, a cura di M.C. Mundici, Firenze 1991; M.G. CASTELLANO, *Quando inizia il deterioramento di un'opera d'arte contemporanea?*, in ANGELUCCI, *Arte contemporanea*, cit., pp. 79-84; *Conservation et restauration des oeuvres d'art contemporain*, Paris 1992, Paris 1996; *Quelles mémoires pour l'Art Contemporain*, Actes du colloque, Rennes 1996, Rennes 1997; *Mortality-Immortality?: The Legacy of 20<sup>th</sup> Century Art*, Los Angeles 1999; Y. HUMMELEN, D. SILLÉ (a cura di), *Modern Art, Who Cares?*, International Symposium, Amsterdam 1997 (Atti in corso di stampa).

lici e agli alchidici modificati a partire dagli anni Sessanta, utilizzati da esponenti di vari movimenti di avanguardia.<sup>30</sup> Va al di là degli scopi di questo contributo soffermarsi sui singoli artisti, ma bisogna almeno citare il rapporto particolare che Alberto Burri ha avuto con i materiali sintetici, utilizzati per le loro capacità espressive intrinseche e non solo come mezzi per costruire un linguaggio figurativo. Nei cosiddetti *Cretti* stesure di collanti pigmentati, asciugando, formano reti di spaccature nella pellicola pittorica; in genere viste come un difetto nei dipinti tradizionali, Burri le provoca appositamente per giocare con le maglie di slabbrature create dal ritiro del legante. In altre opere (*Nero plastica*, *Rosso plastica*, *Grande rosso*) masse di un materiale sintetico colorato, identificabile in base alle analisi chimiche come cloruri di polivinile, vengono modellate e in parte fuse da combustioni, creando effetti estremamente inquietanti.<sup>31</sup>

Anche in Europa troviamo esempi di pittori che cercano la collaborazione di scienziati, come Raoul Dufy che si giova dei consigli del chimico Maroger, o che utilizzano materiali industriali in maniera consapevole, come Ives Klein che si concentra sulla bellezza pura del colore, privo di forme, tanto da dipingere quadri monocromi, ad esempio blu a base di azzurro oltremarino artificiale in polvere e polivinilacetato (Rhodopas M® della Rhône-Poulenc), miscela che cerca di brevettare come «International Klein Bleu» (IKB).<sup>32</sup>

In conclusione vorrei dedicare un piccolo spazio al settore della scultura, in cui occorre tenere conto di uno dei risultati delle avanguardie del XX secolo, l'abbattimento delle tradizionali barriere tra pittura e scultura, che ha portato alla creazione di complessi insiemi di materiali, dove alle figurazioni piane si alternano modellazioni tridimensionali e frammenti di oggetti reali: aggregazioni dove i materiali tradizionali si integrano con prodotti sintetici di diversa natura o vengono da questi totalmente sostituiti.<sup>33</sup>

<sup>30</sup> Cfr. S. HACKNEY (a cura di), *Completing the Picture: materials and techniques of twenty-six paintings in the Tate Gallery*, London 1982, pp. 99-117; D. CRANMER, *Painting Materials and Technique of Mark Rothko: Consequences of an Unorthodox Approach*, in *Mark Rothko*, Catalogo della mostra, London 1987; HALTHÖFER, *Il restauro*, cit., pp. 67-117; RAVA, *Il restauro*, cit., pp. 37-42 e 52-55; C. PRÉVOST, *Materiali e tecniche di artisti italiani contemporanei. Elaborazione di una banca dati*, in ANGELUCCI, *Arte contemporanea*, cit., pp. 121-129. Resine alchidiche e acriliche vengono impiegate sempre più spesso dagli anni Cinquanta anche negli impasti delle preparazioni spalmate sulle tele di produzione industriale: R. PERRY, S. HACKNEY, *The ageing of modern painting materials*, in «Apollo», vol. CXXXVI, n. 365, 1992, pp. 30-34.

<sup>31</sup> Si veda CASTELLANO, *Quando inizia il deterioramento*, cit., pp. 79-81; PRÉVOST, *Materiali*, cit., pp. 124-125 (l'autrice fa notare come Burri non rendesse noti con precisione i materiali di cui si serviva); CHIANTORE, *Le materie plastiche*, cit., pp. 153-154; PUGLIESE DEGLI ESPOSITI, *L'estetica*, cit., pp. 35-37.

<sup>32</sup> C. MANCUSI-UNGARO, *Fiche technique sur l'IKB*, in *Yves Klein*, catalogo della mostra, Parigi 1984, pp. 246-247: ringrazio Loredana Fuggetta per avermi segnalato questo testo.

<sup>33</sup> Sulle innovazioni tecniche nella scultura del XX secolo e sulla sua conservazione: M. ROWELL (a cura di), *Qu'est-ce que la sculpture moderne?*, catalogo della mostra, Paris 1986; J. HEUMAN (a cura di), *From Marble to Chocolate - The Conservation of Modern Sculpture*, London 1995.

I Futuristi, nella loro ribellione alla concezione tradizionale e accademica della scultura, appaiono interessati piuttosto precocemente alle possibilità offerte dalle materie plastiche disponibili, come la celluloida. Boccioni nel rivoluzionario *Manifesto tecnico della scultura futurista* (1912) contesta il predominio delle materie «nobili» come il marmo e il bronzo; tuttavia, al momento di indicare i materiali che possono trovare collocazione in un «insieme scultorio», cita «vetro, legno, cartone, ferro, cemento, crine, cuoio, stoffa, specchi, luce elettrica», ossia materiali inusuali per la scultura tradizionale ma non materie plastiche. Invece nel 1915 Balla e Depero, nel manifesto *Ricostruzione futurista dell'universo*, illustrando i «mezzi necessari» a costruire un universo totalmente artificiale — mondo animale e vegetale inclusi — elencano anche la celluloida e «liquidi chimicamente luminosi»; non è invece citata la bachelite, la prima materia plastica interamente sintetica, disponibile dal 1910 ed in effetti utilizzata nell'arredo domestico solo negli anni Trenta: in pratica solo in opere degli anni Venti di Depero e Balla la celluloida fa la sua comparsa.<sup>34</sup> Ricordo di passaggio come il nitrato di cellulosa fosse ampiamente utilizzato nella produzione di pellicole fotografiche e cinematografiche: instabili ed infiammabili furono sostituite dal 1934 da pellicole di acetato di cellulosa — tutt'oggi la conservazione di tali materiali è molto precaria ed il loro restauro rischioso.<sup>35</sup>

I pionieri dell'impiego delle materie plastiche nelle tecniche artistiche tridimensionali furono i Costruttivisti russi, in particolare i fratelli Pevsner, Naum (noto poi con lo pseudonimo di Naum Gabo) e Antoine: nel 1917 Gabo imprime una svolta alla concezione della scultura moderna eseguendo una *Testa di donna* in celluloida, un oggetto plastico «trasparente e deformabile» (Pugliese); negli anni successivi i due fratelli sperimentarono in maniera molto libera, ma anche nitidamente rigorosa, l'unione di materiali naturali e sintetici, come metalli, cuoio, vetro, celluloida (Fig. 1) e, dagli anni Trenta e Quaranta, metacrilati e nylon. La conservazione di siffatte sculture non è semplice, come è dimostrato dal caso, ampiamente citato in letteratura, di alcune opere dei Pevsner conservate in museo vetrine chiuse che

<sup>34</sup> I manifesti futuristi sono riportati in BAROCCHI, *Testimonianze*, cit., pp. 277-286 (Boccioni, in particolare p. 285) e 369-372 (Balla e Depero, in particolare p. 370): in quest'ultimo una delle creature artificiali, *L'animale metallico*, è definito «fusione di arte + scienza. Chimica, fisica...». Sulla celluloida e sulla bachelite cfr. CHIANTORE, *Le materie plastiche*, cit., pp. 132-133; PUGLIESE DEGLI ESPOSTI, *L'estetica*, cit., pp. 13-14. In Italia, negli anni Trenta, Enrico Prampolini esegue dipinti-oggetti «polimaterici» in cui compare anche la galalite, un prodotto artificiale ottenuto dalla caseina trattata con aldeide formica alla fine dell'Ottocento: M. GIUA, C. GIUA LOLLINI, *Dizionario di chimica generale e industriale*, 3 voll., Torino 1949, vol. II, p. 362; M. CALVESI, *Il futurismo romano*, in «L'Arte Moderna», vol. V, n. 41, 1967, pp. 175-179.

<sup>35</sup> Per una introduzione alla problematica cfr. A. CARTIER-BRESSON, *Synthèse des travaux recueillis dans la littérature sur la restauration des photographies en noir et blanc*, in *Les documents graphiques et photographiques: analyse et conservation*, Paris 1981, pp. 111-146; C. MONTANARO, *Il «caso» cinematografico*, in DE MARTINO, *Conservazione e restauro*, cit., pp. 387-394.



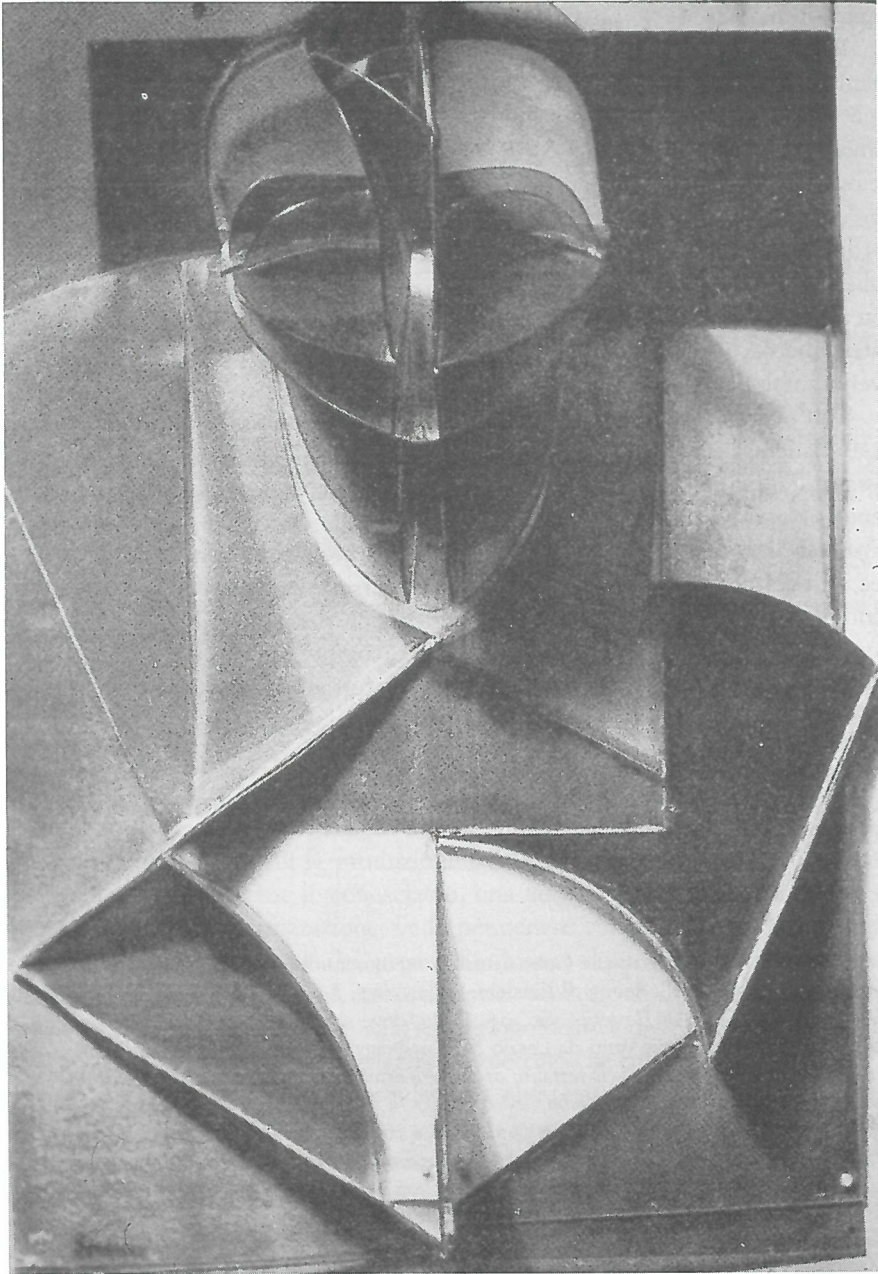


Fig. 1 - Anton Pevsner (1884-1962), *Ritratto di Marcel Duchamp*, 1926, zinco e celluloido. cm. 94 x 64, New Haven, Yale University.

hanno mostrato seri danni dovuti all'accumulo di prodotti di degrado di parti in nitrato o acetato di cellulosa, in pratica acido nitrico e acetico che avevano corroso le parti in metallo.<sup>36</sup>

Dagli anni Cinquanta in avanti le materie plastiche — polistiroli, poliuretani, polimetilmetacilati in particolare — hanno incontrato un favore crescente da parte degli artisti, sia per la loro duttilità sia per la consapevole ambiguità tra illusoria mimesi del naturale e totale artificialità che esse comportano. Tra i numerosi esempi possibili voglio almeno ricordare le gigantesche costruzioni in vinile dipinte con colori acrilici degli esponenti della Pop Art (come Claes Oldenburg), che riproducono oggetti-simbolo della civiltà dei consumi o i corpi nudi o vestiti iperrealisti di Duane Henson e John De Andrea (degli anni Settanta) in latex, poliestere, nylon dipinti, di allucinante verosimiglianza, sospesi tra l'illusione totale di matrice barocca (un tempo basata sull'uso della cera) e la profezia futurista dell'universo totalmente ricostruito.<sup>37</sup>

Tutt'oggi la stragrande maggioranza degli artisti non conosce precisamente le caratteristiche dei materiali che utilizza, al contrario dei pittori e degli scultori del passato. Tale conoscenza è invece indispensabile, anche perché si fa quotidianamente ricorso a prodotti sintetici nel restauro delle opere del Ventesimo secolo e dei secoli precedenti: occorre trovare un giusto equilibrio nell'atteggiamento di chi crea e di chi conserva l'arte tra la diffidenza verso la scienza e le sue conseguenze tecnologiche e una pericolosa fiducia acritica, ben riassunta dalle parole di Burri a proposito di un suo dipinto: «Non si *scoccia* (rompe), è fatto di materiali buoni e resistenti come la juta, è incollato col vinavil, tutt'al più si dovrà togliere la polvere!».<sup>38</sup>

<sup>36</sup> Significativo è il fatto che Gabo avesse compiuto studi presso la facoltà di Ingegneria di Monaco interessandosi alle teorie di Einstein: CHIANTORE, *Le materie plastiche*, cit., pp. 150-152; PUGLIESE DEGLI ESPOSTI, *L'estetica*, cit., pp. 16-26, dove si segnala come i poli metacrilati siano stati utilizzati già negli anni Venti da Laszlo Moholy-Nagy nella scuola d'arte del Bauhaus.

<sup>37</sup> Cfr. A.B. CISTERNINO, *Il restauro di opere d'arte cinetica «Strutturazione pulsante» e «Tre oggetti cinetici» di Gianni Colombo*, in ANGELUCCI, *Arte contemporanea*, cit., pp. 191-195; PUGLIESE DEGLI ESPOSTI, *L'estetica*, cit., pp. 38-44 e 50-69; A. LORNE, *The poly (methyl methacrylate) objects in the collection of The Netherlands Institute for Cultural Heritage*, in «ICOM Committee for Conservation, 12<sup>th</sup> Triennial Meeting, Lyon 1999», Los Angeles 1999, vol. II, pp. 871-875; A. ROCHE, *Les matériaux composites polychromes dans les commandes publiques d'oeuvres d'art: Etude de cas 'Couple d'amoureux aux yeux de fleur d'amandier' de Miro*, *ivi*, pp. 876-880.

<sup>38</sup> Sull'atteggiamento degli artisti contemporanei verso i materiali cfr. K. POMIAN, *Les matériaux de l'art*, in «Techne», n. 8, 1998, pp. 7-15; la citazione di Burri è tratta da M.B. MIRRI, *Tutela del contemporaneo. Ecco come restaurare il mare*, in «Il Giornale dell'Arte», n. 167, 1998, p. 33.

ANGELO BASSANI\*

## **I premi d'industria d'interesse chimico nel Veneto austriaco (1806-1858): un'indagine preliminare\*\***

**Summary** – The industrial awards, as incentive to economic growth, were introduced in Venetia by the French in 1806 and were continued by the Austrian government until 1858.

This preliminary study shows some examples of product and process innovations. Particularly interesting are the devices developed in the field of bottling of mineral waters, the new technologies introduced in the glass industry and the research efforts driven by the chemists in their shops.

In these traditional areas of Venetian production there is an inversion in the usual preminence of the Lombard situation.

### *Premessa*

Non sono molte le informazioni disponibili circa le attività di chimica applicata nell'800, nel periodo in cui la produzione chimica entrava nella fase precedente le operazioni industriali come le conosciamo, una fase transitoria che, assieme ad elementi di novità e modernizzazione, vede permanere concezioni, tecniche e metodi settecenteschi. Una rassegna dei premi d'industria d'interesse chimico, assegnati nella prima metà del secolo in Lombardia e nel Veneto può dunque consentire, con le opportune avvertenze e riserve, una lettura significativa delle competenze tecniche che si andavano formando, delle esigenze di mercato che riflettevano e che forse sollecitavano, come pure del rilievo acquisito da questa attività produttiva.

Va detto subito, peraltro, che da questo punto di vista si ottiene un quadro solo parziale delle dinamiche produttive operanti nelle regioni esaminate. I premi ci documentano il livello di innovazione e di competenza degli operatori che si pre-

\* Laboratorio di Didattica delle Scienze - CIRED, Università Ca' Foscari di Venezia.

\*\* Relazione presentata all'VIII Convegno Nazionale di «Storia e Fondamenti della Chimica» (Arezzo, 28-30 ottobre 1999).

sentano ai concorsi, ma nulla dicono di altri che, pur avendo un ruolo importante nella produzione chimica, non ritennero opportuno candidarsi. Una visione più ampia potrebbe esser consentita dall'esame delle privative e dei privilegi concessi dalle autorità, ma il non sempre facile accesso alle fonti, come pure la loro ampia dispersione e diversa consistenza, suggeriscono di delimitare in questa sede l'indagine ai soli premi, riservando maggior spazio ai riconoscimenti assegnati nel Veneto per porli a confronto, quando opportuno, con quelli distribuiti a Milano.

Laboriosa è stata la definizione dei criteri di selezione dei diversi oggetti. Non sempre infatti è possibile collocare un tema all'interno delle categorie chimiche distinguendolo con chiarezza da altri considerati pertinenti alla meccanica, all'agricoltura o altro. Per fare un esempio, a parte qualche caso particolare, non è stato inserito nella rassegna quanto si riferisce all'attività tipografica, segnalando peraltro gli inchiostri. Viceversa sono state considerate significative le diverse manipolazioni riguardanti l'olio, il vino, e in generale gli alimenti comprendendo in esse quanto è relativo al macchinario che ha una notevole presenza, specie a Milano.

Anche la classificazione ha un certo livello di discrezionalità. Le diverse voci, per semplificare, sono raggruppate in 4 categorie principali: prodotti chimici, attività industriali, dispositivi, processi chimici. La tabella 1, redatta anche in funzione del confronto tra le due situazioni, è dunque una delle articolazioni possibili.<sup>1</sup>

La comparazione tra Milano e Venezia ha fondamenti forse più convenzionali che oggettivi. All'epoca della loro unificazione politica sotto la dominazione francese le due regioni avevano una situazione economica e tradizioni scientifiche, tecnologiche e industriali notevolmente differenti. L'esame delle candidature inoltre, svolto inizialmente soltanto a Milano, era poi affidato a commissioni reciprocamente indipendenti costituite a turno nelle due capitali.

Alcuni fattori tuttavia, da una parte la contiguità territoriale e la coincidenza temporale, dall'altra i notevoli scambi economici, l'omogeneità degli indirizzi politico-amministrativi ed in particolare delle direttive per l'assegnazione dei premi, rendono meno arbitrario l'accostamento tra le due situazioni, accostamento che permetterà, si ritiene, qualche osservazione interessante.

Al concorso erano ammessi tutti i cittadini del regno, per quanto poi di fatto la partecipazione vedesse la larga prevalenza dei residenti nella regione deputata alla cerimonia. I premi d'ambito chimico assegnati a Milano (411) risultano più numerosi di quelli dati a Venezia (262); ciò è un riflesso della maggior partecipazione milanese, indice a sua volta del divario economico tra le due regioni. Va ricordato peraltro che la differenza dipende anche dall'essersi la premiazione svolta a Milano nei primi nove anni, con una conseguente partecipazione ridotta dei veneti.<sup>2</sup>

<sup>1</sup> *Collezione degli Atti delle solenni distribuzioni de' Premi d'industria fatte in Milano e in Venezia*, 8 voll., Milano, I. R. Stamperia, 1824-1858. Per brevità si omette in questa sede la trascrizione dei premi assegnati.

<sup>2</sup> A Milano i premi sono così ripartiti: 40 medaglie d'oro, 200 d'argento, 171 menzioni ono-

Tabella 1 - *Premi d'industria d'interesse chimico (1806-1858).*

| prodotti chimici |    |    | industrie  |     |     | dispositivi   |     |    | processi   |    |    |
|------------------|----|----|------------|-----|-----|---------------|-----|----|------------|----|----|
|                  | Mi | Ve |            | Mi  | Ve  |               | Mi  | Ve |            | Mi | Ve |
| diversi          | 38 | 15 | tintoria   | 32  | 11  | diversi       | 20  | 12 | diversi    | 14 | 6  |
| colori           | 5  | 5  | alimentare | 29  | 31  | bilance       | 23  | 13 | decoraz.   | 23 | 14 |
| farmaci          | 3  | 9  | carta      | 25  | 11  | elett. chim.  | 8   | 1  | imperme.   | 6  | 2  |
| inchiostro       | 19 | 12 | ceramica   | 20  | 8   | strumenti     | 8   | 0  | imbalsam.  | 3  | 3  |
| vernici          | 20 | 2  | vetreria   | 14  | 32  | acque min.    | 2   | 6  | fotografia | 1  | 2  |
| cementi          | 7  | 5  | metalli    | 18  | 7   | vinificazione | 5   | 4  |            |    |    |
|                  |    |    | detergenza | 3   | 13  | alimentazione | 13  | 5  |            |    |    |
|                  |    |    | conceria   | 16  | 20  | forni         | 18  | 5  |            |    |    |
|                  |    |    | candele    | 4   | 5   | lucerne       | 7   | 3  |            |    |    |
|                  |    |    |            |     |     | olio          | 7   | 0  |            |    |    |
| totali           | 92 | 48 | totali     | 161 | 138 | totali        | 111 | 49 | totali     | 47 | 27 |

### *Gli aspetti organizzativi*

L'assegnazione dei premi d'industria, come forma d'intervento da parte dello stato nella promozione dello sviluppo economico e dell'innovazione tecnologica, venne introdotta nel Regno Italico, cui apparteneva il Veneto, a partire dal 1806, allorché l'occupazione francese raggiunse una provvisoria stabilità.

Tale incombenza rientrava nei compiti dell'Istituto Nazionale il cui regolamento era stato stabilito con decreto napoleonico nel 1804, chiaramente ispirato a quello dell'Institut National creato a Parigi nel 1796 che «doveva rispondere, nella logica del Direttorio, al principio della responsabilità dello stato nella protezione delle scienze, delle lettere e delle arti».<sup>3</sup>

La sede, inizialmente fissata a Bologna, venne trasferita a Milano nel 1810 nell'ambito di una nuova riforma che prevedeva, oltre alla sede centrale, la costitu-

revoli. A Venezia rispettivamente 33, 146, 83. Complessivamente i premi assegnati nel periodo considerato sono 2077: 226 d'oro, 997 d'argento, 854 menzioni.

<sup>3</sup> G. GULLINO, *L'Istituto veneto di scienze lettere ed arti. Dalla rifondazione alla seconda guerra mondiale (1838-1946)*, Venezia, Istituto Veneto di Scienze Lettere ed Arti, 1996, p. 7.

zione di quattro sezioni, a Bologna, Padova, Verona e Venezia. Le nomine dei membri (60 pensionati e 60 onorari) vennero completate nel 1812, ma la nuova situazione politica creatasi due anni dopo rese praticamente inoperante l'istituto nel suo complesso, anche se le sezioni conducevano separatamente qualche attività. Una patente austriaca del 1817 ne riconfermò le finalità e le norme di funzionamento, tra cui l'obbligo dei membri di far parte delle commissioni giudicatrici dei premi d'agricoltura e industria, distribuiti inizialmente il 12 febbraio, genetliaco dell'imperatore, e poi il 4 ottobre, giorno del suo onomastico.

Successivamente, nel 1818, in omaggio alla politica austriaca di considerare distinti ed equivalenti il Veneto e la Lombardia, l'istituto venne diviso in due, conservando l'articolazione in sezioni. L'origine napoleonica di tale organismo, tuttavia non favoriva l'interesse del nuovo governo che si astenne dal procedere al rinnovo delle nomine man mano che ne venivano a mancare i membri. La sua decadenza si accentuò progressivamente: mentre a Verona la sezione non venne mai attivata, quella di Venezia (ridotta a soli tre membri) nel 1824 confluiva nella padovana che, privata a sua volta della sede, conduceva una attività sempre minore riunendosi nell'abitazione del suo direttore, Andrea Renier. Alla morte di quest'ultimo, nel 1832, cessò ogni iniziativa autonoma dell'istituto.

L'unica funzione che non venne mai sospesa, anche nel periodo di minor consistenza dell'organismo scientifico, fu proprio quella relativa ai premi d'industria, per la quale la commissione formata dai membri effettivi dell'istituto veniva di volta in volta integrata da aggiunti nominati dal governo veneto, perlopiù docenti di materie scientifiche e tecnologiche dell'università e dei licei, e talvolta qualche personalità particolarmente illustre del mondo delle professioni e della cultura.

Dal 1806 al 1814 i premi vennero distribuiti a Milano, ma, a partire dal 1816, anno in cui, dopo l'interruzione dovuta agli eventi bellici, i premi furono assegnati due volte, a Venezia per il genetliaco e a Milano per l'onomastico dell'imperatore, il governo austriaco, attento come si è detto a non ingenerare frizioni tra due province italiane costitutive del regno Lombardo-veneto, stabilì che le distribuzioni dovessero tenersi alternativamente nelle due capitali, una consuetudine che, eccetto per il 1836, continuò regolarmente fino al 1858.

Alla fine degli anni trenta, nell'ambito di una politica diretta a conquistare il consenso degli strati intellettuali delle regioni italiane dell'impero austriaco, si ebbe la rifondazione dell'istituto, con la nomina diretta da parte del governo dei primi 17 membri e successiva cooptazione di altri tredici. Veniva contestualmente assegnata la sede in locali del Palazzo Ducale, ed un congruo budget per il normale funzionamento che da allora continua senza interruzioni, anche grazie a lasciti che ne garantiscono l'indipendenza finanziaria e la continuità operativa.

In tale occasione venne anche varato il nuovo regolamento dei premi nel quale, coerentemente con la tradizione precedente, si prevede che essi vengano assegnati «1° alle invenzioni che si riconoscono come nuove ed utili; 2° all'aumento di perfezione di quelle invenzioni e pratiche che già sono note ed usate; 3° all'in-

roduzione nello stato di quelle che negli altri stati si riconoscono e si praticano con profitto».<sup>4</sup>

L'iter burocratico prevedeva che, alcuni mesi prima della data fissata per la premiazione, le diverse regie delegazioni, una per provincia, informassero la cittadinanza del concorso, sollecitando, su pressante invito del governo centrale, la presentazione di esemplari di produzione, perfezionamenti, nuovi processi, dispositivi, macchine, ecc. accompagnati da una accurata descrizione eventualmente corredata da disegni, campioni, materiali, testimonianze legali di consumatori o utenti. A volte i concorrenti presentavano qualche pubblicazione relativa alla proposta in esame che, oltre all'industria propriamente detta, poteva riguardare la sericoltura, la zootecnia, le pratiche agrarie e così via.

La delegazione nominava altresì una commissione provinciale di 5 membri, prescelti tra i professori di fisica, storia naturale e tecnologia e tra i soci delle società agrarie e di arti esistenti nella provincia, che procedeva ad una valutazione preliminare. Dopo questa selezione le candidature pervenivano alla commissione costituita dal governo centrale presso l'istituto investito per l'anno in corso e composta dai suoi membri e da aggiunti nominati volta per volta. Inizialmente venivano formate tre sottocommissioni che si ripartivano le diverse materie, ma poi a partire dal 1817, ad ogni oggetto d'indagine erano assegnati tre commissari che stendevano una apposita relazione.

Il terzo livello di valutazione, la commissione plenaria, considerava nel suo insieme le diverse proposte e fissava i premi, in numero non predeterminato, consistenti in medaglie d'oro, d'argento e menzioni onorevoli. Un quarto riconoscimento, anche in assenza di premi, era l'ammissione alla pubblica esposizione che si apriva il giorno della cerimonia finale.

A Venezia questa avveniva in una delle sale più importanti di Palazzo ducale, la sala dei Pregadi, cioè del Senato, che opportunamente addobbata conferiva particolare rilevanza all'evento, reso solenne dalla presenza del Viceré. Ad esso erano invitati, o piuttosto convocati, i diversi funzionari dello stato, i concorrenti e altre personalità.<sup>5</sup>

Durante la fase istruttoria erano previsti sia il coinvolgimento di esperti esterni, locali o forestieri, sia sopralluoghi dei commissari per l'esame della situazione operativa delle aziende, sotto il profilo della competenza, delle condizioni di lavoro e del numero degli addetti, dell'organizzazione produttiva e dell'amministrazione. Particolare attenzione era data ai prezzi praticati e alla circostanza che le produzioni proposte riducessero le importazioni dall'estero.

Non infrequente la richiesta di ulteriori elementi per il giudizio, come pure l'e-

<sup>4</sup> Ibidem, p. 235.

<sup>5</sup> A. FAPPANI, *Repertorio degli oggetti d'industria e degli individui che li presentarono premiati dal Governo negli annuali solenni concorsi tenuti in Milano ed in Venezia dall'anno 1806 a tutto il 1826*, Milano, I.R. Stamperia, 1827, *Avviso preliminare*, pp. 1-15.

secuzione di esperienze o prove considerate opportune dai commissari, specie nel caso in cui l'aspirante al premio volesse conservare il segreto sulle modalità di esecuzione del processo o prodotto da lui messo a punto.

### *Le apparecchiature*

Tra i dispositivi presentati un rilievo notevole hanno le bilance, 23 a Milano e 13 a Venezia. Molte di queste sono dirette alla misura di pesi anche elevati, ma non sono poche quelle da impiegarsi in laboratorio. In Lombardia in particolare si distinguono due costruttori, Catlinetti e Culot, ripetutamente premiati, che presentano bilance docimastiche, ma qualche esempo si ha anche nel Veneto.

Importanti anche i diversi tentativi operati per un più efficiente impiego dei combustibili: nel quadro del divario quantitativo tra le due capitali, vanno segnalati i contributi dell'ingegner Michele Treves che, attivo a Venezia in numerosi ambiti, ottiene due premi per un forno da litargirio e una nuova caldaia per la cottura del sapone.

Valida la presenza veneta, equivalente alla lombarda, nella messa a punto di apparati per la vinificazione a conferma della vivacità di tale comparto produttivo.

Molto debole invece l'attività nel campo degli strumenti e dell'elettrochimica. A Venezia peraltro viene premiato un dispositivo di Stefano Marianini, uno degli studiosi italiani più impegnati in queste ricerche.

Più favorevole la situazione relativa alla manipolazione delle acque minerali, settore in cui la tradizione veneta unita all'impulso dell'amministrazione austriaca spiega la preminenza regionale nei premi assegnati (ben 6 contro i 2 di Milano). Se ne riferisce con qualche estensione poiché si tratta di un esempio interessante di interazione tra ricerca scientifica e applicazioni pratiche.

Su pressante sollecitazione del viceré Ranieri, il docente padovano di chimica Girolamo Melandri nel 1828 aveva condotto a termine una laboriosa analisi delle acque di Recoaro.<sup>6</sup> Tra i risultati da lui ottenuti c'era anche la dimostrazione non solo della necessità di turare ermeticamente le bottiglie, specialmente per l'uso non immediato o a distanza, ma altresì di mantenere in esse una porzione dell'anidride carbonica naturalmente disciolta, al fine di impedire per un verso la rottura delle bottiglie in caso di eccessiva dilatazione e per l'altro di evitare la precipitazione dei sali ferrici in seguito a contatto con l'ossigeno atmosferico.

Per l'inclusione di tale «bolla conservatrice» Melandri aveva altresì messo a punto un ingegnoso seppur complicato dispositivo che, non presentato al concorso, aveva ricevuto attenzione tra i farmacisti più attenti alla conservazione del prodotto

<sup>6</sup> A. BASSANI, *Il contributo di Girolamo Melandri-Contessi allo sviluppo degli studi idrologici veneti*, «Physis - Rivista Internazionale di Storia della Scienza», 1997, Nuova Serie, 34, fasc.1-2, pp. 139-182.



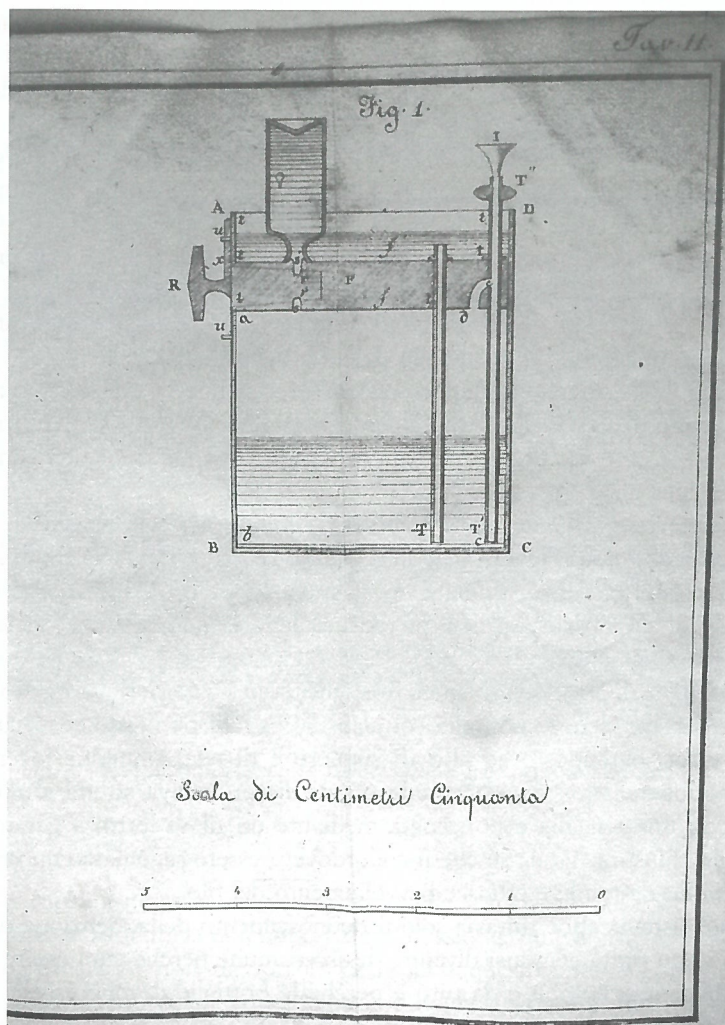


Fig. 1 - Macchinetta idropneumatica per imbottigliamento a bolla conservatrice.

e che venne a lungo usato seppur non su larga scala. Esso aveva la caratteristica di introdurre il gas evitando ogni contaminazione con l'aria.

Si tratta di un serbatoio saldato ad una vasca sovrapposta e con essa collegato mediante un tubo il cui orifizio inferiore pesca sul fondo (fig. 1). La parete orizzontale che separa i due recipienti incorpora una specie di rubinetto (una «chiave») il cui maschio, al posto del foro passante, porta due cavità opposte e non comunicanti. Si riempie il vano inferiore d'acqua minerale e si scalda fino a sviluppare il gas disciolto la cui pressione fa salire il liquido nella vasca soprastante.

La bottiglia riempita completamente alla fonte viene immersa capovolta in corrispondenza della «chiave» che consente, mediante le cavità apposite, il trasferimento di una bolla di gas dal serbatoio sottostante alla bottiglia. Si chiude quindi con un tappo di sughero a tenuta.

Esso veniva a concorrere con il dispositivo messo a punto da un orefice vicentino, Luigi Merlo che, dopo aver vinto l'oro nel 1823 per una «macchina da far turacioli di sughero», ne aveva presentata nel 1829 un'altra per «turar bottiglie» ottenendo la menzione onorevole.<sup>7</sup> Come riferiva nella sua istanza essa era «stata ideata per chiudere poderosamente le acque acidule di Recoaro, il cui gas è sì fugace», ed era costituita da un tronco di cono rovesciato saldato ad un cannello di diametro leggermente inferiore al collo della bottiglia.<sup>8</sup>

Sollevando il cannello, il tappo, che in precedenza vi era stato compresso, veniva rilasciato nella bottiglia senza alcun contatto tra il vetro e le parti metalliche evitando così rotture o scheggiature del collo, inconveniente frequente con le chiusure meccaniche allora in uso.

Essa tuttavia non garantiva la completa eliminazione dell'ossigeno e, per iniziativa ancora di Ranieri, forse anche in seguito a lagnanze dei farmacisti che distribuivano il prodotto, venne ordinata una comparazione tra i due sistemi e quindi disposto di far imbottigliare con il metodo Melandri, quando fosse richiesto, con una lieve spesa aggiuntiva.

Alcuni anni dopo, essendo spesso i sugheri difettosi, Merlo presentò un'altra macchina, per chiudere le bottiglie con capsule metalliche costituite da un primo disco di ferro, sovrapposto ad altri di sughero e di tela, ambedue incerati. Una «cerniera addentellata», che racchiude questi dischi, veniva stretta al collo della bottiglia con una tenaglia e poi fissata mediante un fil di ferro, a garanzia della tenuta della chiusura. Va da sé che il collo doveva essere sagomato con una scanalatura in modo da rendere efficace l'avvolgimento del filo.

Questo sistema ebbe tuttavia solo il riconoscimento della menzione onorevole in quanto «non potrà giammai divenire di uso comune perché vuol essere eseguito con una diligenza che non è da tutti e perché le bottiglie devono essere costruite appositamente».<sup>9</sup>

Ancor meno fortuna ebbe un perfezionamento presentato nel 1838 da applicare alle stesse bottiglie descritte. Merlo propose di usare un dispositivo per l'impiego di un nuovo tappo, una «capsula di latta cilindrata» con all'interno un «feltro di lana coperto da un disco di taffetà a gomma elastica». Il metodo consisteva nel comprimere la capsula sull'orlo della bottiglia mentre con una tenaglia si

<sup>7</sup> *Collezione...*, cit. Per questa macchina il 10 ottobre 1829 ottenne anche un privilegio industriale per cinque anni; cfr. A. S. V., *II Dominazione austriaca, Governo, 1825-29*, b. LIV, fasc. 3/522 (3171).

<sup>8</sup> Archivio I.V.S.L.A. (= Istituto Veneto di Scienze, Lettere ed Arti), b. 99.

<sup>9</sup> Archivio I.V.S.L.A., b. 100.

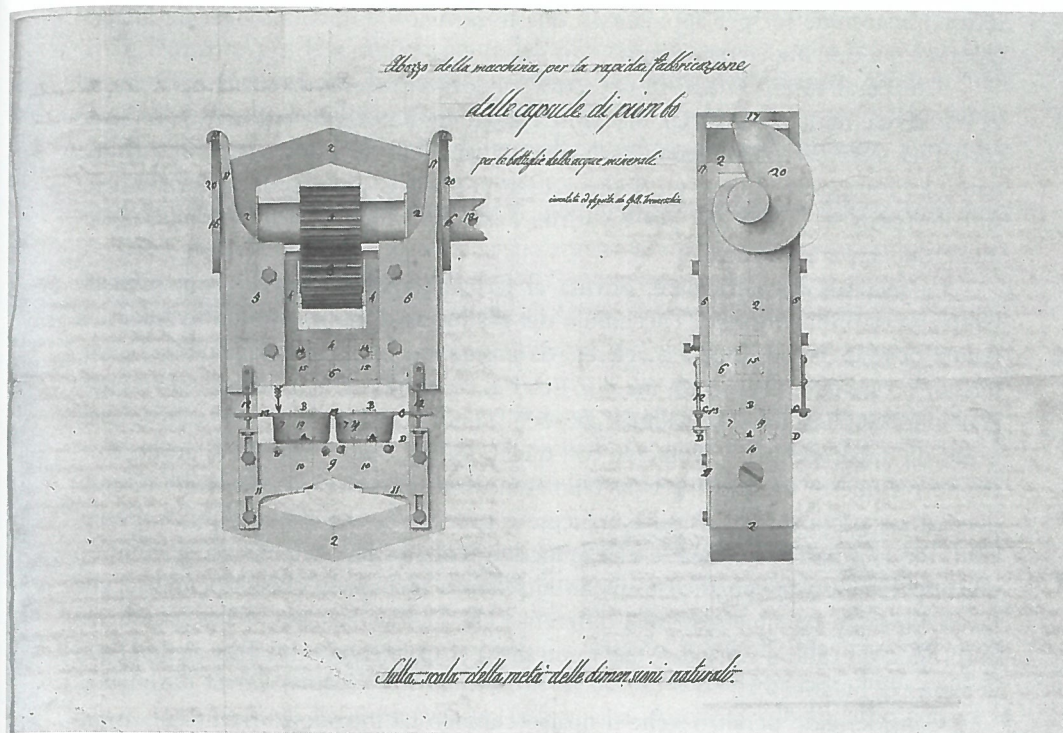


Fig. 2 - Macchina per la rapida fabbricazione delle capsule di piombo.

stringeva la capsula stessa in corrispondenza della scanalatura sul collo. L'elasticità della guarnizione assicurava la tenuta. La commissione tuttavia, ritenendolo troppo complicato, considerò non meritevole di premio questo sistema, precursore dei moderni tappi a corona, di cui non si è potuta accertare l'effettiva originalità rispetto alle tecniche contemporanee.<sup>10</sup>

Un metodo diverso, condotto su lamine di piombo anziché di ferro, venne presentato alcuni anni più tardi da un altro artigiano vicentino, Giuseppe Antonio Tremeschin. Questa «macchina per le capsule da bottiglie» mostra già alcuni caratteri più moderni (fig. 2). Anziché applicare il principio del bilanciere orizzontale consueto nelle macchine da conio, ne impiega uno verticale che riducendo gli attriti sfrutta meglio l'energia dell'operatore. Secondo la sua testimonianza esso sostituiva l'opera di 6 uomini e indusse l'imprenditore, allora titolare dell'imbottigliamento, a «dimettere la propria fabbrica a sistema vecchio, sebbene sia ben provveduta di

<sup>10</sup> Archivio I.V.S.L.A., b. 101.

attrezzi, macchine ecc per appigliarsi a questo novello», ordinando e pagando anticipatamente due nuove macchine.<sup>11</sup>

Sempre all'interno dello stesso settore merita un cenno il tentativo di preparare le acque minerali artificiali mediante l'aggiunta di notevoli quantità di anidride carbonica a soluzioni contenenti i sali ritenuti capaci di riprodurre la composizione naturale. I dispositivi in uso a Londra e a Parigi erano al di fuori della portata delle singole farmacie e, proprio per favorirne l'attività in quest'ambito, vennero premiate due apparecchiature.

La seconda in particolare, dovuta al farmacista Pierfrancesco Ton, prevede l'impiego di un mantice per l'accumulo del gas prima di pomparlo nel recipiente a tenuta dove la dissoluzione è accelerata da un mulinello a pale. Inizialmente i commissari propongono l'argento, ma poi, posti al corrente «che in una opera recente, la chimica applicata del sig. Dumas da poco fra noi divulgata [vi è] descritto e delineato un apparecchio che coincide con quello del sig Ton» procedono ad un confronto tra questo «e quelli del sig Dumas» osservando che «la macchina di condensazione proposta dal chimico francese è pur quella che fa parte dell'apparecchio Ton», a parte la forma, e che ambedue tentano di «evitare l'uso incomodo dell'apparato idropneumatico e quello altrettanto incomodo che dispendioso che dicesi idrargiro-pneumatico, colla differenza che Dumas ha dato al suo gasometro la forma d'un tubo a vari pezzi che rientrano a sfregamento, ed il Ton diede al suo la forma di mantice».

Considerando peraltro «che il nostro chimico ha introdotto fra noi un apparato che riesce opportuno ad ogni laboratorio farmaceutico» non è inopportuno assegnargli la menzione onorevole. Si segnala con qualche dettaglio la vicenda come esempio, per un verso, dello scrupolo con cui venivano esaminate le candidature e, per l'altro, dell'attenzione con cui anche i singoli farmacisti seguivano la letteratura tecnica internazionale.<sup>12</sup>

### *La produzione di farmaci*

Un altro punto di differenza tra la situazione veneta e quella lombarda si rileva nell'ambito della produzione farmaceutica che vede assegnati rispettivamente 9 e 3 premi. La discrepanza tra le due realtà produttive induce a ritenere che anche qui il peso della tradizione sia stato notevole. L'attività dei farmacisti veneziani è sempre stata intensa ed anche in periodo di debolezza economica ha avuto momenti interessanti. Va anzi ricordato che le botteghe di questi professionisti fungevano da laboratori e da officine produttive: e furono numerosi i premi anche per

<sup>11</sup> Archivio I.V.S.L.A., b. 107.

<sup>12</sup> Nell'opera di J.B. DUMAS, *Trattato di chimica applicata alle arti*, 8 voll., Milano, Stella 1829-1846, non risultano peraltro riscontri alla documentazione citata dai relatori.

oggetti di carattere non farmaceutico. Tra di loro, Bartolomeo Bizio ottenne nel 1827 l'argento per la «preparazione del chermes minerale e della terra fogliata» (rispettivamente acetato di potassio e solfuro di antimonio), mentre Antonio Galvani ebbe ben due analoghi riconoscimenti nel 1831 per «estrazione della gelatina dal lichene» e per «nuovo metodo introdotto per ottenere il chinino». Ambedue faranno in seguito parte dell'Istituto veneto: il primo, di cui in più occasioni è stata ricordata l'opera e che fu una delle figure di rilievo nazionale della prima metà dell'800, dedicherà buona parte della sua attività di membro come commissario per la valutazione delle candidature.<sup>13</sup>

Galvani, membro di una famiglia di farmacisti (anche suo padre fu premiato nel 1816 con l'argento per «chermes minerale con nuovo processo composto»), fu un personaggio interessante per la sua attività, diretta alla elaborazione di procedure preparative che, per la loro accuratezza, conducessero all'ottenimento di farmaci dall'azione terapeutica costante e prevedibile, al fine di garantire ai medici la possibilità di somministrare dosaggi riproducibili e ricavarne quindi riscontri clinici significativi.<sup>14</sup>

Dalla rassegna svolta la situazione lombarda, che pur presenta 92 riconoscimenti per prodotti chimici (contro i 48 veneziani), sembra meno innovativa. Il farmacista Antonio Cattaneo, che fu tra l'altro compilatore del «Giornale di farmacia, chimica e scienze accessorie», conseguì a Milano 4 premi, ma nessuno legato all'ambito farmaceutico.<sup>15</sup> Altrettanto dicasi dei numerosi processi chimici individuati (14): nessuno ha attinenza con la farmacia. Anche per le apparecchiature la situazione è analoga: di fronte a una milanese ve ne sono due veneziane.<sup>16</sup> S'intende

<sup>13</sup> Per questo autore rinvio al *Convegno su Bartolomeo Bizio nel Bicentenario della Nascita (1791-1991) (Padova, 6 novembre 1991)*, «Rendiconti dell'Accademia Nazionale delle Scienze detta dei XL - Memorie di Scienze Fisiche e Naturali», 1992, Serie V, 16 (110), pt. II, pp. 53-85. Oltre al premio citato Bizio aveva in precedenza ottenuto una menzione e due argenti rispettivamente per un «olio di noce ad uso de' pittori» (1819), per un «olio di lino raffinato pei pittori» (1823) e per un «inchiostro indelebile» (1825). Nel 1823 aveva altresì presentato un campione di materiale ritenuto adatto a rivestire i cilindri impiegati nell'inchiostatura dei caratteri da stampa, tecnica da poco introdotta a Venezia dall'Inghilterra e della quale si ignoravano i diversi aspetti. La proposta iniziale per l'argento non ebbe peraltro seguito in sede di decisione finale; Archivio I.V.S.L.A., b. 97, fasc. 1823.

<sup>14</sup> A. BASSANI, *I chimici dell'Istituto Veneto di Scienze Lettere ed Arti in epoca austriaca. - 1840-1866*, in *Atti del Convegno «Scienze in Italia, 1840-1880. Una storia da fare» (Napoli, 2-5 novembre 1992)*, a cura di S. Di Sieno, «Quaderni P.RI.ST.E.M./Documenti», n. 5, Università Bocconi-Milano, 1994, II, pp. 97-121.

<sup>15</sup> Si trattava di «cucina economica a vapore» (1826, argento); «sostanza alimentare» (1828, menzione onorevole); «introduzione di una sostanza alimentare e miglioramento di diversi apparecchi» (1830, argento); «inchiostri di vario colore» (1828, argento).

<sup>16</sup> Ci si riferisce qui al «torchio atto agli usi farmaceutici» di G. Merlini (Milano, 1826, argento), alla «macchina fumigatoria migliorata» di A. Albanese (Venezia, 1823, argento) e al «nuovo molino da alcoolizzare la china-china» di L. Locatelli (Venezia, 1823, oro).

che tali considerazioni vanno avanzate con riserva: potrebbe verificarsi che una rassegna dei privilegi attribuiti ai produttori di sostanze chimiche portasse a conclusioni diverse. Il punto però va segnalato.

### *Le attività industriali*

Nella classificazione proposta tale settore risulta quello dove minore risulta il dislivello tra la situazione veneta e quella lombarda. Accanto ad una cospicua consistenza nel campo alimentare si notano presenze significative nell'industria tintoria e soprattutto in quella cartaria dove si distinguono le officine Galvani di Pordenone con 3 premi di cui uno per una importante innovazione tecnologica.<sup>17</sup>

Importante la preminenza per le attività conciarie esercitate da secoli nella città lagunare: il primo statuto dell'arte degli «scorzeri» risale al 1271. Confinato per legge nell'isola della Giudecca o in altre aree limitrofe, a motivo dell'inquinamento delle acque e dei cattivi odori ingenerati dai lunghi periodi di trattamento delle pelli, il settore vide nell'800 l'affermarsi di alcuni produttori di notevoli capacità. Tra questi vanno ricordati i Gerlin, che dal 1820 al 1844 conseguirono ben 8 premi, e i Baroni con 7 dal 1821 al 1838.<sup>18</sup> Da considerare altresì l'ambito della detergenza dove, oltre ai tre premi assegnati a tecniche per il candeggio della seta, vanno segnalati quelli per il sapone che testimoniano della persistenza di tale attività, di antica tradizione nel Veneto.

Considerazioni più dettagliate, ovviamente, merita la produzione vetraria.

Per tale comparto dell'attività manifatturiera veneta (quasi esclusivamente veneziana) il periodo in esame è ritenuto di arretratezza tecnica e decadenza economica. Né potrebbe essere altrimenti, sia per il declino di tale industria durante gli ultimi anni della Repubblica, sia per il pesante impatto delle vicende politiche che dal 1797 al 1815 sconvolsero la regione. Di fronte alla concorrenza estera ed anche italiana la produzione di vetro comune non riuscì a reggere la competizione. Praticamente estinta la produzione di specchi, vanto della storia tecnologica di Venezia.<sup>19</sup>

Non si può dire tuttavia che siano del tutto mancate iniziative interessanti sotto il profilo dell'innovazione, sia pure su una scala produttiva minore rispetto al passato. Alla voce vetro risultano assegnati ai fabbricanti veneti 32 premi a Venezia

<sup>17</sup> Si tratta dell'«invenzione del modo di lavare i feltri delle cartiere ed altri panni-lani e panni-lini ad acqua fredda e corrente» per la quale venne ottenuto anche un privilegio per quindici anni; A.S.V., *II Dominazione austriaca, Governo*, 1822, b. LVIII, fasc. 1/23 (2017).

<sup>18</sup> Gerlin conseguì tre medaglie d'oro, quattro d'argento e una menzione, Baroni una d'oro, tre d'argento e tre menzioni.

<sup>19</sup> B. CECCHETTI, V. ZANETTI, E. SANFERMO, *Monografia della vetraria veneziana e muranese*, Venezia, Antonelli, 1874.

e 4 a Milano, laddove quelli lombardi ottengono, per usare la solita metafora, 10 riconoscimenti in casa e 1 in trasferta. Un rapporto dunque di 3:1.

Nella lavorazione delle conterie, delle perle di vetro, un ramo assai richiesto specialmente per l'esportazione, compare una innovazione tecnica significativa. Nel 1817 Valentino Marzari, presentò alcuni campioni di «contarie ottenute con un nuovo processo».

Fino ad allora le perle si producevano tagliando cannelle forate in cilindretti minuscoli sottoposti poi a un trattamento termico successivo che ne smussava gli spigoli facendo loro assumere una forma tondeggiante. Il procedimento di ricottura tradizionale più diffuso era quello a «ferrazza» che consisteva nel porre in una grande padella di rame i frammenti di vetro preventivamente ben miscelati con polvere di carbone e calce spenta che, andando ad intasare i fori ne impediva la successiva restrizione o occlusione a caldo. La padella veniva poi collocata in un forno a riverbero e continuamente agitata con un ferro fino a completamento dell'operazione. Il processo era lungo, poco produttivo e assai penoso per l'operaio addetto, esposto in continuazione al calore del forno.

La ricottura praticata col nuovo metodo avveniva invece in un forno di rame a forma di culatta di cannone dove i frammenti di vetro trattati come sopra venivano miscelati a sabbia e carbone per evitare saldature (fig. 3). L'addetto al forno, il «tubante», ruotava con continuità il dispositivo ed a trattamento ultimato il contenuto veniva rovesciato in una padella e lasciato raffreddare.<sup>20</sup>

Le vicende di tale innovazione, dovuta a Luigi Pusinich,<sup>21</sup> meritano qualche altro dettaglio. Dopo l'assegnazione del secondo premio un altro vetraio, Marino Longo, avanzò un reclamo sostenendo che non si trattava di una novità, bensì del plagio di un dispositivo da lui messo a punto basato sullo stesso principio della rotazione (fig. 4). La disamina del ricorso però, considerando la diversità dei due dispositivi, confermò il giudizio precedente ed il premio relativo.<sup>22</sup>

Il successo del suo metodo, la cui vicenda è troppo lunga per essere riportata in questa sede, è confermato da un testimone posteriore: nel 1842 si riferisce infatti che mentre negli ultimi tempi della Repubblica veneta per le conterie erano in attività ventidue fornaci a ferraccia, «oggi [...] lavorano circa sessanta fornaci la maggior parte delle quali a tubo».<sup>23</sup>

Oltre a questa innovazione di processo merita segnalarne una anche di prodotto. Uno dei primi utenti della tecnica di Pusinich era stato Pietro Bigaglia che

<sup>20</sup> Ibidem, pp. 113-142; D. BUSSOLIN, *Guida alle fabbriche vetrarie di Murano*, Venezia, Santini, 1842, p. 20.

<sup>21</sup> D. BUSSOLIN, *Guida ...*, cit. Nel 1816 Pusinich era entrato in società con Marzari, ma dopo poco più di un anno il sodalizio s'era disciolto; cfr. Archivio di Stato di Venezia (=A.S.V.), *II Dominazione austriaca, Governo*, 1824, b. LV, fasc. 2/8, 26/11/1822 (2565).

<sup>22</sup> Archivio I.V.S.L.A., b. 97, fasc. 1817.

<sup>23</sup> D. BUSSOLIN, *Guida ...*, cit., p. 76.

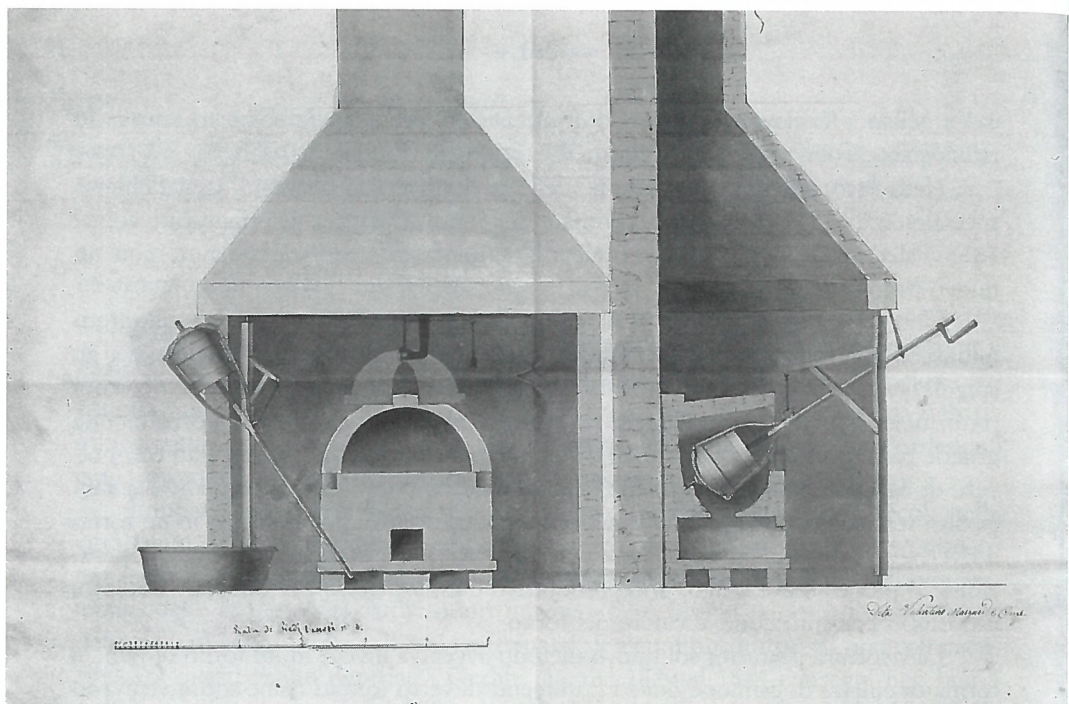


Fig. 3 - Forno Pusnich per conterie.

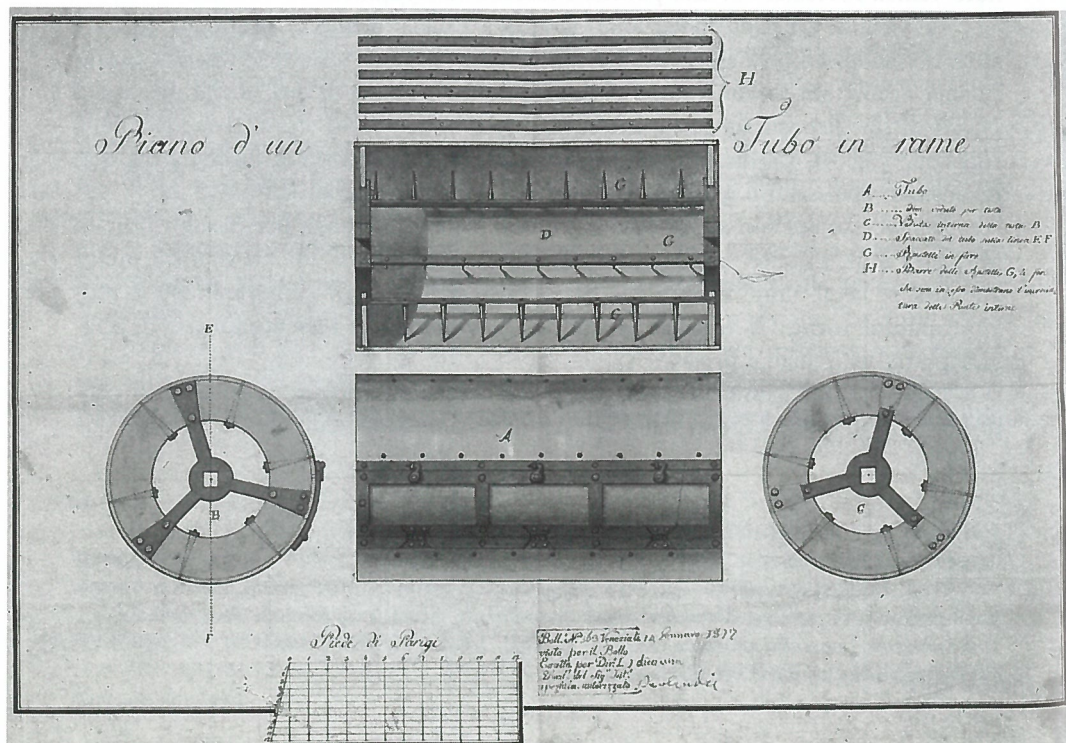


Fig. 4 - Forno Longo per conterie.



nel panorama dell'industria vetraria dell'800 occupa un posto rilevante, tra l'altro per la produzione di avventurina di cui s'era persa la tecnologia alla cessazione dell'attività dei detentori delle competenze relative. Con tale tipo di vetro, dall'aspetto molto suggestivo,<sup>24</sup> inizia nel 1826 la prestigiosa serie di 7 premi in 30 anni assegnati a questo fabbricante, quattro ori, due argenti e una menzione,<sup>25</sup> che, con le medaglie ottenute nelle esposizioni universali di Londra, Parigi e Vienna, ottenne un totale di 22 riconoscimenti. Primo a produrre l'avventurina in grandi masse, nel 1869 ne esibì una di 400 kilogrammi.<sup>26</sup>

Sulla sua attività è opportuno soffermarsi brevemente. Appartenente ad una antica famiglia di vetrai, da cui nel 1807 ereditò due aziende, fu un protagonista delle prime fasi del rilancio di questa industria a Venezia: «alle due fabbriche vetrarie di lastre e cristalli, aggiunse una terza di smalti per conterie, in seguito una di biacca, poi una di minio».<sup>27</sup>

Della fabbrica di biacca, per la quale nel 1842 ottiene una medaglia d'oro, si richiama qualche dettaglio. Essa è articolata in due stabilimenti, uno a Venezia e uno a Treviso. A differenza che nella città lagunare, qui sono disponibili corsi d'acqua per l'esercizio dei mulini, ed egli vi erige un impianto per la macinazione di un minerale importato dal Tirolo, lo spato pesante, il quale, ridotto in polvere, viene miscelato in varie proporzioni con la biacca che viene prodotta a Venezia.

L'impianto presenta alcuni interessanti dispositivi (fig. 5). L'asse del mulino porta dieci ruote con quattro denti l'una. Durante la rotazione questi alzano dieci pestelli che percuotono il materiale, in precedenza frammentato e lavato, che viene periodicamente aggiunto in due pile di pietra dove, mediante delle grondaie, una pompa a stantuffo, mossa da una camma solidale con l'albero motore, versa in continuità acqua prelevata da una tina apposita.

Man mano che la roccia si polverizza la sospensione risultante, dall'aspetto lattiginoso, esce da scanalature praticate nei bordi delle vasche e viene condotta dopo filtratura, nelle tine di sedimentazione. L'acqua recuperata è convogliata nella tina

<sup>24</sup> «Si tratta di una pasta vitrea, di color bruno o rossastro, che presenta disseminati nella sua massa semiopaca tanti puntini giallodorati lucenti» detti anche stelle costituiti da «cristallini lamellari di rame metallico»; L. ZECCHIN, *Vetro e vetrai di Murano*, 3 voll., Venezia, Arsenale, 1987, II, pp. 76-81.

<sup>25</sup> I premi riguardavano: «fabbricazione di avventurina artificiale trasparente» (1826, menzione onorevole a Milano); «fabbrica di avventurina e di ossidiana porfiroidea» (1827, oro); «avventurina artificiale in masse straordinarie» (1842, argento); «introduzione di un nuovo metodo per la fabbricazione della biacca» (1842, oro); «musaico di smalti e avventurina» (1844, argento); «lavori di smalti e vetri colorati» (1846, oro); «maggiore estensione data al commercio dell'avventurina artificiale, e miglioramento dei mosaici lavorati con essa e altri smalti» (1856, oro); cfr. *Collezione ...*, cit.

<sup>26</sup> V. ZANETTI, *Sull'avventurina artificiale*, «Archivio Veneto», 1873, 5, pt. I, pp. 1-26.

<sup>27</sup> V. ZANETTI, *Discorso letto sul feretro del cav. Pietro nel tempio de SS. Giovanni e Paolo il 3 maggio 1876*, Venezia, Longo, 1876; vedi altresì ID., *La famiglia Bigaglia e i principali suoi rami*, Venezia, Antonelli, 1865.

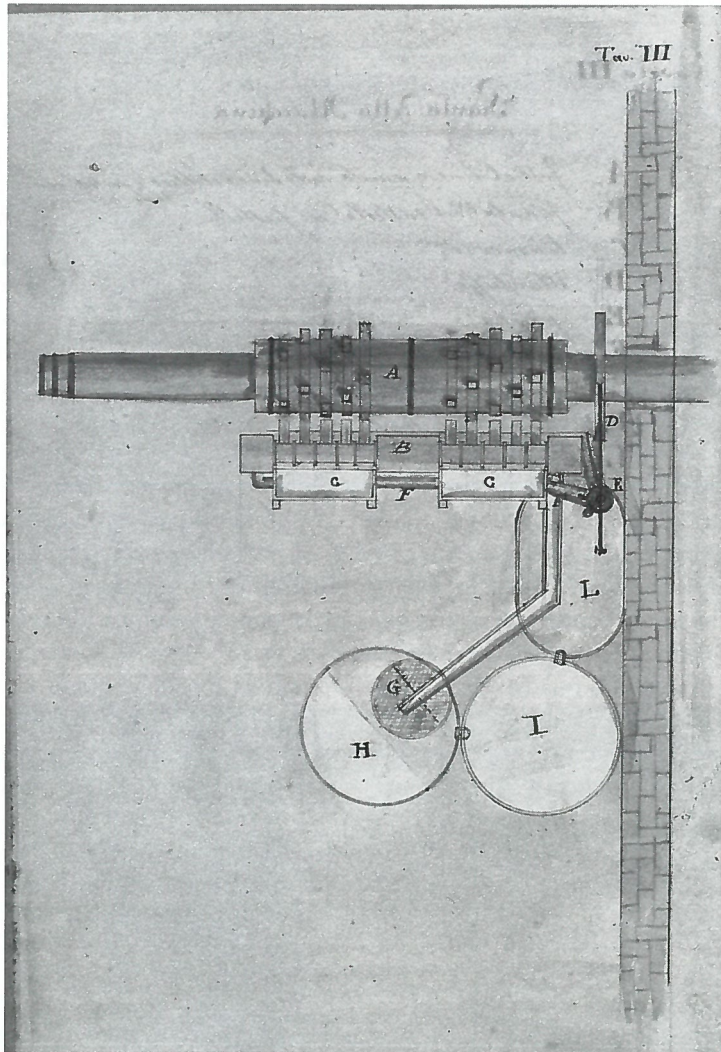


Fig. 5 - Pianta della macchina a pestelli.

di alimentazione della pompa (fig. 6). Quest'ultima operazione, unitamente al sistema di prelievo dell'acqua ed altri accorgimenti tra cui un meccanismo di preavviso acustico dell'esaurimento del materiale solido, conferisce al sistema un livello di automazione non frequente in macchinari coevi. Il sedimento prelevato dalle tine viene poi posto in recipienti di argilla porosa, che ne favorisce l'essicazione.<sup>28</sup>

<sup>28</sup> Archivio I.V.S.L.A., b. 103, fasc. 1842; Pietro Bigaglia (Venezia): «Descrizione della macchina a pestelli».

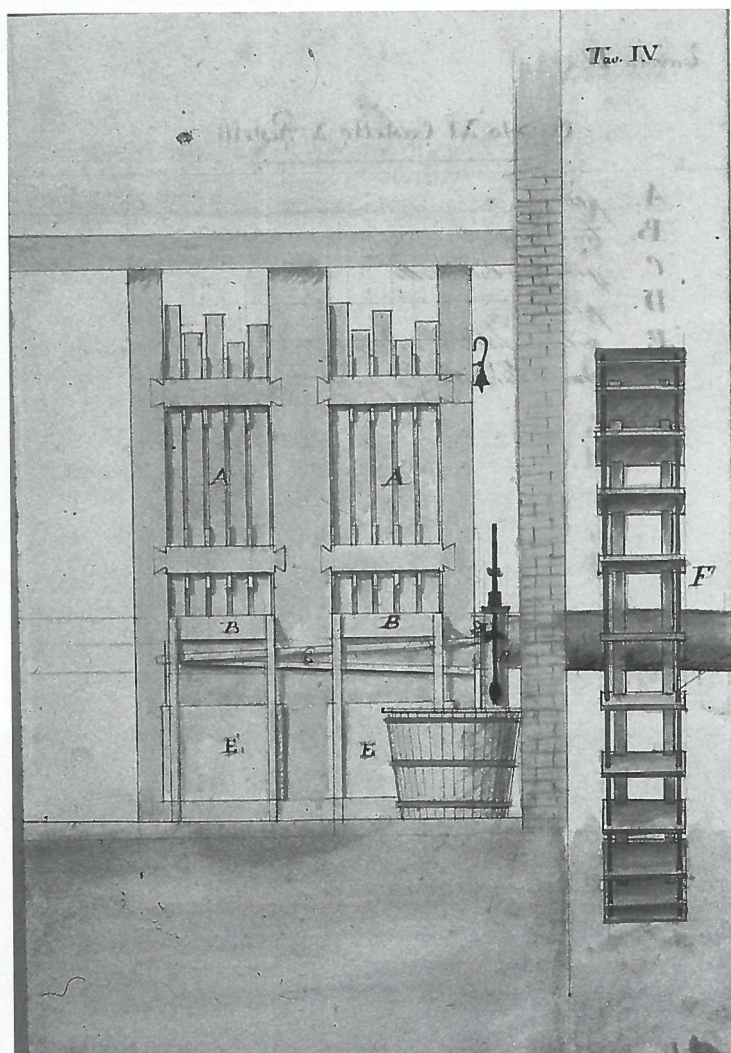


Fig. 6 - Profilo della macchina a spaccato.

Di pari interesse il procedimento di fabbricazione del carbonato basico di piombo, praticato a Venezia in un apposito edificio. Qui il piombo, fuso in una caldaia, viene versato, tramite un apposito imbuto, sopra una piastra in pietra inclinata e con la superficie scabra. Si ottengono così delle lamine che vengono sospese con aste sopra cassoni che contengono l'uva in fermentazione la cui anidride carbonica reagendo col piombo fornisce, in sei mesi, il prodotto cercato (fig. 7). La particolarità del procedimento sta nel doppio sistema di riscaldamento: una stufa collocata al

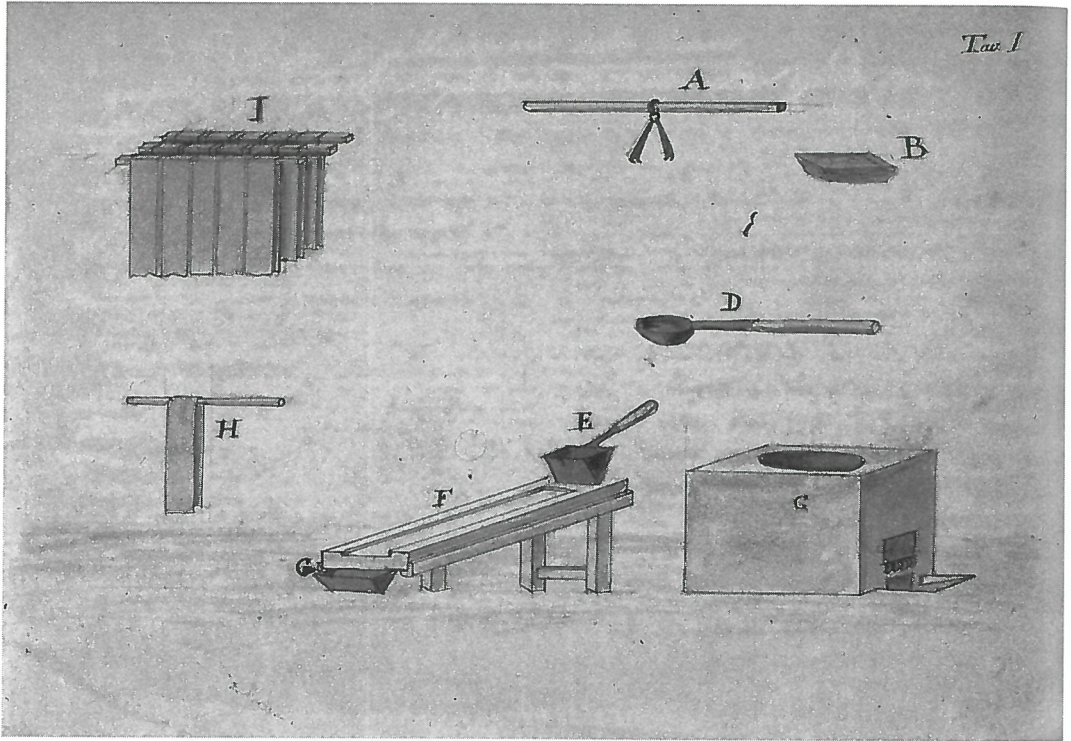


Fig. 7 - Preparazione delle lastre dai pani di piombo.

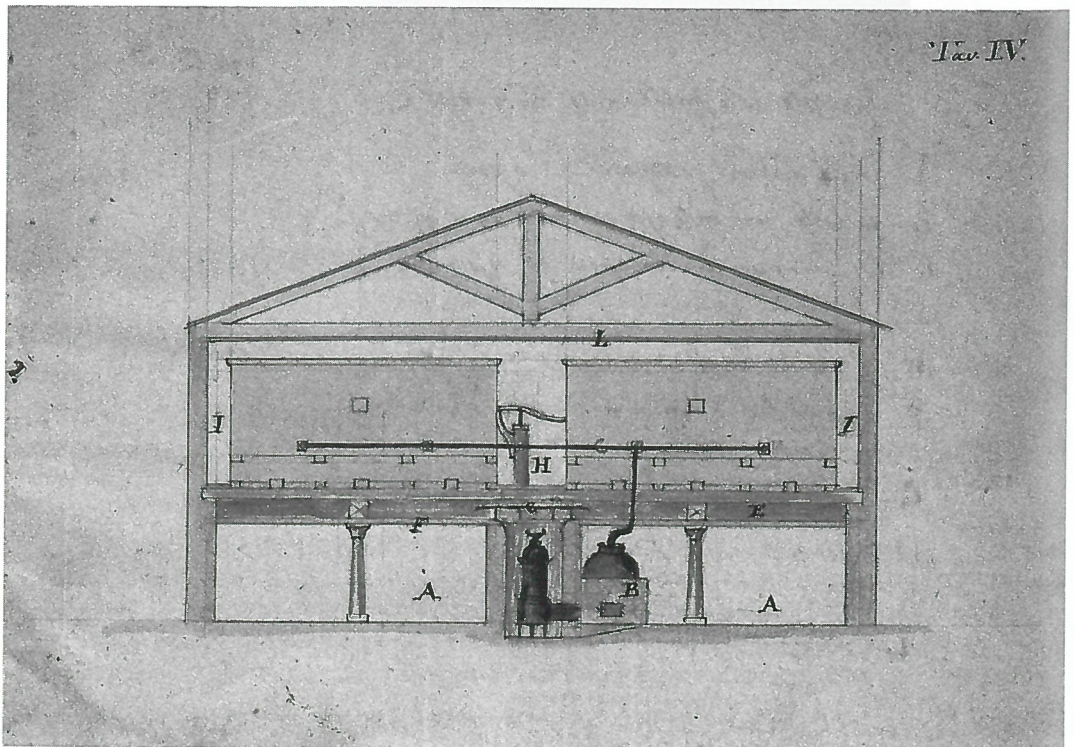


Fig. 8 - Spaccato dello stabilimento dei quattro cassoni.

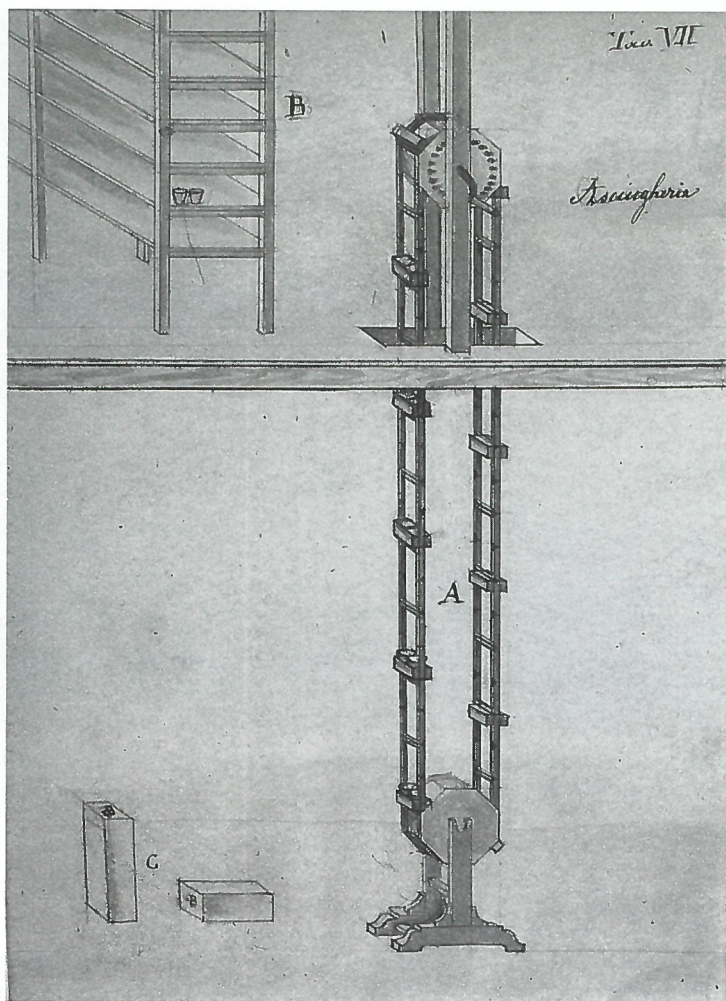


Fig. 9 - Macchina a corona.

centro del locale inferiore riscalda l'intercapedine sotto il solaio dove poggiano quattro cassoni, mentre una caldaia genera vapor d'acqua che in tubi di rame viene fatto circolare nei cassoni stessi (fig. 8). Dopo il lavaggio ed il recupero del piombo non combinato, il sedimento viene raccolto e posto ad essicare in forme che vengono trasportate nel locale soprastante con una «macchina a catena» (fig. 9).<sup>29</sup>

<sup>29</sup> Archivio I.V.S.L.A., b. 103, fasc. 1842; Pietro Bigaglia (Venezia): «Processo di fabbricazione della biacca».

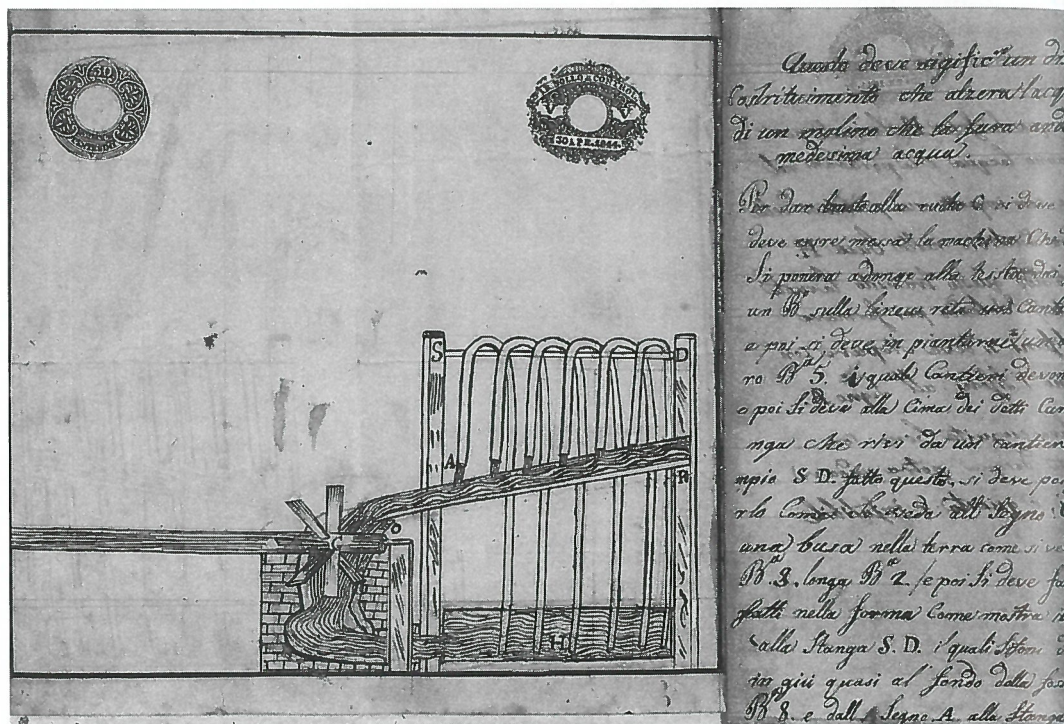


Fig. 10 - Costruimento che alzerà l'acqua che caderà su una ruota di un molino che la farà andare sempre con la medesima acqua.

### *Il «passato» persistente*

Prima di concludere è opportuno sottolineare come la documentazione consultata risulti testimone, in qualche caso, non solo delle innovazioni tentate, ma anche di arretratezze culturali e scientifiche. Rinviando ad altra occasione un esame ravvicinato delle candidature respinte, mi limito a segnalarne alcune.

Nel 1822 venne esaminato un procedimento messo a punto per «per consolidare il mercurio con l'azione del fuoco, e quindi con metodo affatto opposto a quello eseguito li 25 dicembre 1759 nell'accademia di Pietroburg». <sup>30</sup> L'autore era un conte milanese, Michele Gambogi, che per tale risultato aspirava «all'aurea corona» nonostante fosse stato messo in guardia da un noto studioso, Moscati, che aveva assistito alle sue prove: «simili esperimenti col fuoco sono stati fatti sul mer-

<sup>30</sup> Ci si riferisce qui all'esperienza di solidificazione del mercurio, ottenuta durante un inverno particolarmente rigido, descritta da P.G. MACQUER, *Dizionario di chimica*, 10 voll., Venezia, Baseggio, 1784-1785, VI, p. 268.

curio nel secolo passato dagli alchimisti, mescolandovi sostanze ad un dipresso analoghe alle sue, e furono abbandonati, e dimenticati per la loro inutilità: e le ricette esistono ancora in libri che ora mai nessuno più legge». In una accurata istruttoria e dopo ripetute analisi chimiche, Melandri dimostrava trattarsi di un amalgama di rame e nel proporre, senza il conferimento di alcun premio, la restituzione dei campioni, raccomandava di trattenerne qualcuno per cautelarsi contro i possibili reclami dell'autorevole personaggio.<sup>31</sup>

Più drastico il rigetto nel 1844 delle proposte di tale Seghizzi di Pizzighettone che candida alla premiazione due versioni di un dispositivo a moto perpetuo: un «molino che deve macinare il grano per mezzo di una macchina che genera una forza perpetua da se medesima» sottolineando che se «questa invenzione sarà eseguita bene con meno di cento brente d'acqua potrà andare degli anni interi, e questa è infalibile» (fig. 10). La commissione, ricordato «l'esempio autorevole della Reale Accademia delle scienze di Parigi, la quale dappiù anni ha decretato di respingere senza più qualunque proposta relativa al moto perpetuo e quadratura del circolo» volle comunque «leggere lo scritto che accompagna la macchina, e in uno stile il più rozzo vi trovò per base di tutto il concetto un assurdo che salta agli occhi eziandio più volgari; ed è che il sifone ordinario da cui aspira l'aria, abbia a versar l'acqua dal ramo esterno fatto più corto. A tal passo, sospeso ogni ulteriore esame, la commissione gittò lo scritto non d'altro meritevole che di esclusione la più solenne».<sup>32</sup>

La contemporaneità dei dispositivi di Bigaglia, con i loro primi automatismi, e dei sifoni perpetui di Seghizzi testimonia della tortuosità con cui la tecnica attuale si è sviluppata.

<sup>31</sup> Archivio I.V.S.L.A., b. 97, fasc. 1823.

<sup>32</sup> Archivio I.V.S.L.A., b. 104, fasc. 1844.

EMILIO MARIO CASTELLUCCI\* - PATRIZIA PAPINI\*

## **L'impegno culturale e scientifico di Ugo Schiff per il prestigio dell'Università di Firenze\*\***

**The cultural and scientific engagement of Ugo Schiff for the prestige  
of the University of Florence.**

**Summary** – The present contribution aims at the remembrance of the human, cultural and scientific engagement of Ugo Schiff, the father of the academic chemistry in Florence. It examines three fundamental moments of his work: the building of the new, prestigious centre for the Chemistry in Florence; the publication of his reflections and proposals to reform academic curriculum studiorum; his fight to achieve the title of University for the Studio of Florence.

Finally, the authors think that the image of the German naturalized Italian chemist could be better celebrated by means of a project aiming at the creation of a structure for the study of the history of science (chemistry in particular): the Store House "Ugo Schiff". At this purpose the project is here presented.

Con questo breve intervento intendiamo contribuire a non far dimenticare l'impegno umano, scientifico e culturale di Ugo Schiff per il prestigio dell'Università che lo ospitò — esule dalla Germania per motivi politici e razziali<sup>1</sup> — e nella quale spese lunghi anni di insegnamento e di ricerca. Ricorderemo quindi, della sua opera di produttivo ricercatore e di rigido educatore, solo tre momenti concentrati intorno ad un anno, il 1887, essenziali per capire la sua figura:

— l'inaugurazione della nuova, finalmente adeguata, sede universitaria per lo studio della chimica;

\* Dipartimento di Chimica, Università di Firenze, Via G. Capponi 9, 50121 Firenze.

\*\* Relazione presentata all'VIII Convegno Nazionale di «Storia e Fondamenti della Chimica» (Arezzo, 28-30 ottobre 1999).

<sup>1</sup> Era ebreo e di ideologia marxista.



- la pubblicazione delle sue considerazioni e proposte per la riforma del corso di studi universitario;
- la sua battaglia per il riconoscimento del titolo di Università allo Studio di Firenze.

In questi tre momenti si può scoprire nello Schiff un uomo di scienza a tutto tondo, uno scienziato ma prima di tutto un umanista,<sup>2</sup> che molto investì in energie fisiche e letterarie per tenere alta la gloria scientifica e culturale delle antiche università toscane ed italiane.

Nato a Francoforte sul Meno nel 1834, allievo di Wöhler, visse e svolse la sua attività a Firenze tra il 1864 e il 1915, anno in cui morì ormai ottantunenne ma ancora professore per speciale concessione.<sup>3</sup> Schiff era stato chiamato all'insegnamento da Carlo Matteucci, fisico e allora Ministro dell'Istruzione, che gli aveva affidato la cattedra di Chimica presso il Museo di Storia Naturale della Specola; lo stesso Matteucci che aveva già chiamato il fratello Maurizio per la cattedra di Fisiologia. La venuta in Italia di Schiff merita di essere motivata non solo con la sua storia personale di esule per motivi politici. La scelta di Matteucci non era del tutto umanitaria: il suo disegno era quello di un grande Istituto superiore di Scienze fisiche e naturali.

Occorre a questo punto introdurre qualche nota su quale fosse il livello di conoscenze che la chimica aveva a quel tempo raggiunto. Nel XIX secolo la chimica ebbe uno sviluppo entusiasmante tanto che intorno alla metà del secolo la maggior parte delle basi scientifiche per la sua identificazione come scienza al pari della fisica era già ben stabilita. I passi fondamentali per raggiungere questo fondamentale traguardo erano stati:

- la definizione di atomo e molecola,
- la definizione di valenza,
- la natura elettrica e direzionale dei legami,
- l'inquadramento rigoroso degli elementi nella Tavola Periodica,
- la possibilità di riprodurre in Laboratorio molecole esistenti in natura,
- la possibilità di produrre nuovi composti chimici non esistenti in natura.

Il metodo tedesco di insegnamento e di addestramento alla ricerca fu scelto dai nuovi governanti dell'Italia unita con l'intento di favorire in Italia lo sviluppo

<sup>2</sup> Nel senso progressivo che anche nelle sue idee politiche era professato, chiaro in questa sua affermazione: «Il progresso di un popolo nella sua vita economica e domestica corrisponde il più delle volte ad un progresso già prima compiuto nella scienza pura», in *Lauree dottorali e tesi di laurea. Considerazioni e proposte di Ugo Schiff*, estratto da «L'Università: rivista dell'istruzione superiore», Bologna, 1887, p. 26.

<sup>3</sup> Una legge emanata nel 1910 aveva fissato l'obbligo del pensionamento per i professori universitari al 75° anno d'età. A Schiff per riconosciuti meriti speciali venne concesso di rimanere all'università illimitatamente.

della scienza chimica che si stava affermando come grande risorsa anche economica (industrie chimiche, farmaceutiche, etc.). Anche in Inghilterra, la Royal Society of Chemistry aveva chiamato degli scienziati tedeschi (ad esempio Hoffmann) per fondare e dare sviluppo alle scuole di chimica.

Allo sviluppo della chimica presero parte molti scienziati europei, ma nella seconda parte del secolo il metodo tedesco sembrò più fruttuoso perché sfornava chimici più preparati e più fecondi che contribuirono di fatto al grande sviluppo della ricerca chimica applicata e alla nascita di grandi industrie. Vi fu nei vari paesi leader nel campo una diversa produttività delle ricerche, sia da un punto di vista qualitativo che quantitativo, in funzione della diversa organizzazione della ricerca e dell'insegnamento delle basi sperimentali della Chimica. Mentre in Francia e Inghilterra prevalevano le grandi scuole con una struttura molto accentrata (Parigi, Londra) e un rapporto diretto fra maestro e allievo in Germania la ricerca era più delocalizzata in vari centri forse anche in dipendenza della diversa struttura politica. Specialmente nel campo didattico si affermò il metodo tedesco. Liebig, chiamato a Giessen da Parigi, dove aveva collaborato con Gay-Lussac, dette impulso ad un tipo di addestramento alla ricerca sperimentale in Chimica che faceva grande uso di dimostrazioni di laboratorio. Questo metodo venne usato anche da Cannizzaro che a Genova pubblicò un libro con la raccolta delle sue lezioni di Chimica (1858).

A Firenze il clima era molto favorevole all'apertura internazionale, data la presenza di una classe politica locale illuminata e la grande tradizione culturale umanistica e scientifica della città. Qui Ugo Schiff dette inizio alla scuola di chimica fiorentina quando si stabilì definitivamente a Firenze dopo un breve soggiorno prima a Pisa e poi a Torino, città quest'ultima nella quale aveva tenuto la cattedra da ordinario. Come tutti i fondatori di scuole scientifiche si adoperò ad affermare il suo lavoro sia con una forte presenza in campo internazionale<sup>4</sup> sia con una severa selezione dei propri collaboratori. Dal 1880 fu professore di Chimica generale nell'Istituto di Studi Superiori Pratici e di Perfezionamento. Questo era stato fondato nel dicembre del 1859 dal governo provvisorio toscano, presieduto da Bettino Ricasoli, con lo scopo di fornire, con un curriculum post-universitario, sia addestramento universitario che perfezionamento. I locali dell'Istituto<sup>5</sup> assegnati alla chimica e a Schiff quando si trovò per la prima volta ad operarvi, erano ristretti e sforiniti. Per essi Schiff spese una delle sue prime battaglie. Racconta egli stesso<sup>6</sup> che non era ancora passato un anno che richiamava a responsabilità proprio il Matteucci, a considerare un possibile spostamento dei laboratori nell'attuale via Gino Capponi. In seguito al trasferimento del Ministero della guerra a Roma, dopo la fine della vicenda di Firenze capitale d'Italia, quei locali si erano resi di fatto disponibili. Nel 1870 Schiff presentò al Consiglio accademico il proprio progetto di

<sup>4</sup> Schiff è autore di circa 150 pubblicazioni scientifiche sulle sue ricerche.

<sup>5</sup> Negli stessi locali Schiff era stato preceduto da illustri visitatori, ad esempio Humphry Davy.

<sup>6</sup> In *Ancora sull'Istituto di Studi Superiori*, in «L'Università», op. cit., Bologna, 1891, p. 84.

ampliamento e risistemazione degli edifici che prevedeva di riunire in una stessa area le scienze sperimentali. Il progetto fu accolto insieme alla proposta di costruire una grande aula per le lezioni (edificata tra il 1882 e 1885) negli spazi delle ex stalle del Granduca di Lorena, della quale egli stesso curò il disegno e sorvegliò la realizzazione. Nel 1887 la nuova sede degli Istituti chimici venne inaugurata, nello stesso anno in cui si mostrava, finalmente ultimata, la facciata della Cattedrale fiorentina.

Mentre l'Italia di recente fatta stava cercando di fare gli italiani, Schiff si preoccupò, fatta la sede, di fare gli studenti. Non che non ve ne fossero o fossero tutti scadenti, ogni tanto qualche brillante studioso<sup>7</sup> si trovava, ma la gran parte di coloro che frequentavano gli studi, a suo parere, non lo faceva con dignità. Con i suoi studenti non intratteneva generalmente buoni rapporti. Un suo allievo così lo ricorda:<sup>8</sup>

[...] eravi a Firenze, prof. di Chimica, il terribile Hugo Schiff. Era un padre, un fondatore della Chimica: storiche le sue lezioni. Bellissima quella dell'urea. Vestito con un lungo stiffe-lus, ripeteva con gli stessi mezzi del maestro, il Wöhler, la stessa reazione con la quale questo pioniere trasformò l'isocianato d'ammonio in urea. Era un poema! Ma questo padre della Chimica era quanto di più malvagio si possa trovare in un tedesco. Un bel vecchione, piuttosto piccolo, con un bel barbone fluente, gli occhi piccoli, porcini e cattivi.

Il suo comportamento provocava non pochi malumori tanto che alcuni studenti preferirono trasferirsi in altre università. Ad una precisa richiesta del Soprintendente dell'Istituto di Studi Superiori per conoscere le ragioni dei molti trasferimenti, lo Schiff rispondeva accusando gli studenti di scarso entusiasmo e di poca voglia di studiare. Il metodo di Schiff era impostato sulla selezione e sulla scelta dei migliori fra gli studenti e i collaboratori.

È famoso ciò che Schiff si vuole ricordasse a coloro che chiedevano di svolgere una tesi nel suo laboratorio: «Si ricordi che Lei discende da Berzelius, perché Berzelius insegnava la Chimica a Wöhler e Wöhler ha insegnato la Chimica a me. Una scuola può essere onorata dai suoi allievi, ma può anche esserne macchiata: ci pensi bene».<sup>9</sup> La colpa di una cattiva riuscita nella scienza chimica del resto secondo Schiff non era interamente degli studenti, anche se dimostravano generalmente poca volontà di applicazione, ma era connaturata nel sistema degli studi che andava riformato perché conduceva chi iniziava il percorso di professionalizzazione verso una generale mediocrità. Con grande incisività Schiff motiva la sua convinzione sulle pagine de «L'Università»,<sup>10</sup> esaminando le tappe salienti del vigente sistema

<sup>7</sup> Schiff amava distinguere, per sottolinearne l'essenziale diversità, gli «studenti» dagli «studiosi». Questi ultimi erano quelli che realmente si applicavano e risultavano capaci di portare buoni risultati, gli unici secondo lui degni di frequentare gli studi universitari. Gli altri indegnamente occupavano posto nelle aule non sapendo né studiare né farsi valere.

<sup>8</sup> Comunicazione privata di P. SACCARDI (1969). P. Saccardi, allievo di A. Angeli, laureato in Chimica il 18 Maggio 1915, è stato professore di Chimica all'Università di Camerino.

<sup>9</sup> S. BERLINGOZZI, in «Gazzetta Chimica Italiana», Roma, 1953, n. 83, p. 693.

<sup>10</sup> In *Lauree dottorali e tesi di laurea*, op. cit., passim.

universitario e osserva come il corso di laurea non sia ben concepito perché non si arriva al termine di esso essendo già in grado di pensare scientificamente; la scelta della tesi, che dovrebbe essere momento fondamentale per la ricerca e per osservazioni originali, non può secondo Schiff essere lasciata al candidato, ma deve essere ben indirizzata dal professore il quale, avendo una visione scientificamente più ampia, può meglio valutare cosa sia originale e utile per l'avanzamento della scienza; il lavoro deve inoltre fondarsi su un lungo periodo di intensa ed originale sperimentazione pratica. Così, polemicamente, commenta: «Le tesi orali scelte dal candidato *ad libitum* si riducono a vere *quaestiones quodlibeticae* e tra i dottori che dietro a queste tesi vengono creati ci sono molti *Doctores sententiarum*, è raro un *Doctor fundatissimus* od un *Doctor sublimis* od un *Doctor mirabilis*, rarissimo un *Doctor Perspicuus* e non si trova mai un *Doctor sufficiens*». <sup>11</sup> Di contro propone il suo curriculum studiorum ideale. Anziché prevedere quattro anni per la laurea (che nelle facoltà scientifiche diventavano molto facilmente cinque) auspica il ritorno al sistema in uso nelle antiche università italiane basato sulla graduazione *licenziato, magistro, dottore*. Per raggiungere il primo livello occorre già due anni sufficienti, a suo giudizio, per coloro che intendessero dirigersi più presto verso il lavoro e aspirassero ad essere impiegati nelle aziende come tecnici. Costoro potevano essere licenziati con un attestato o un diploma che certificasse la loro frequenza agli studi universitari. Il secondo gradino del sistema preferito da Schiff, il primo passo di una specializzazione, <sup>12</sup> era quello di *magistro*, conseguibile con un anno ulteriore, che apriva la strada verso l'insegnamento primario, liceale e tecnico o verso l'assistenza alle cattedre universitarie. Il termine, volutamente aderente a quello di *Magister artium* proveniente dalla tradizione, di questo aveva proprio lo stesso significato, ovvero designava colui che aveva ben appreso un'arte (l'arte della chimica) essendone in questo maestro e si apprestava ad esercitarla degnamente. E di quanto il candidato ne fosse capace doveva attestare una commissione competente nel ramo scientifico in seguito al superamento di prove essenzialmente pratiche, senza esame ulteriore, ma irrinunciabili per determinare la sua maestria.

Il passaggio attraverso questo livello era necessario comunque anche per colui che, licenziato al secondo anno, avesse deciso di non abbandonare l'università e di proseguire la sua carriera per il raggiungimento del più insigne titolo accademico: la laurea dottorale. Questo altissimo traguardo, non poteva essere concesso a chiunque avesse, sia pur egregiamente, compiuto l'intero corso degli esami e una tesi spesso — come l'autore sottolinea — non originale o non sufficientemente matura. Occorrevano, secondo Schiff, dai due ai cinque e più anni per maturare una tesi meritevole di esser presentata. Del resto la laurea era la più alta onorificenza universitaria destinata solo ai pochi che si fossero mostrati meritevoli di ottenerla.

<sup>11</sup> Ivi, pp. 12 e 13.

<sup>12</sup> Schiff sottolinea come tra gli esami che devono essere affrontati per raggiungere questo gradino, vadano esclusi quelli generalistici, troppo vasti, che rendono impossibile il buon giudizio sulla preparazione del candidato all'atto pratico.

Era sua aspirazione che la tradizione vivificasse l'università; il retaggio classico doveva perciò permeare gli studi scientifici, perché il sapere scientifico non fosse separato dalla cultura. Gli studenti dovevano sapere di greco e di latino. Come docente di chimica, accoglieva più volentieri coloro che dimostravano inclinazione per gli studi classici e umanistici. Lo studioso doveva essere innanzitutto colto. Volentieri Schiff, avrebbe voluto vedere scritto sulla porta del proprio laboratorio il motto che Platone si racconta volesse scolpito sull'ingresso dell'Accademia «Chi non è colto, non entri sotto il mio tetto».<sup>13</sup>

Voleva insomma l'eccellenza e la voleva per quel paese che l'aveva accolto ed era diventato cordialmente la sua patria. Puntare all'eccellenza doveva significare per l'Italia farsi portatrice del sacro retaggio culturale dei popoli, mantenerlo ben vivo e farne alto esempio da imitare a partire dall'istituzione accademica. Attribuire un alto valore ai titoli accademici, con grande impegno raggiunti e concessi parsimoniosamente e con merito significava per Schiff contribuire ad innalzare la scienza per il progresso dell'Umanità. Una concezione selettiva quindi, la sua, in cui la laurea era l'eccellenza che meritava un riconoscimento d'élite. Quella accademica del titolo, del resto, era la sola aristocrazia che egli ideologicamente potesse riconoscere. Anche se ormai naturalizzato con i costumi del paese che lo ospitava, spesso critico e distaccato nei confronti della madrepatria, gli era forse rimasta attaccata addosso un po' di quella *titolomania* che rimproverava ai suoi compatrioti tedeschi.

Finalmente proprio su un titolo, non appartenente ad una persona ma invocato per una comunità, spese ancora il suo impegno civile e letterario: il riconoscimento del titolo di Università degli Studi di Firenze. Abbiamo già detto dell'Istituto di Studi Superiori. La realtà universitaria toscana era segnata dalla rivalità tra Pisa e Siena, gli storici atenei dove in maggior numero affluivano studenti e finanziamenti, e il terzo polo dello Studio fiorentino, invisibile agli altri due per essere stato concepito nominalmente ad essi superiore, mentre era di fatto inferiore per mezzi e risorse. L'obiettivo che Schiff perseguiva, con parole ed opere, era rappresentato dal completamento e dalla trasformazione dell'Istituto in Università; lo Studio fiorentino, non aveva ancora la possibilità di essere equiparato come università agli altri due, anche se di fatto vi si compivano studi universitari. Così argomentava la sua richiesta:<sup>14</sup>

«Quando nel 1859 uno slancio generoso del Governo Toscano decretò il riordinamento della Università di Pisa e di Siena e la fondazione del nostro Istituto di Studi superiori, allora gl'insegnamenti in quest'ultimo impartiti formavano difatti per la Toscana gli anni superiori

<sup>13</sup> Lo ricorda, come suo ex allievo, MARIO BETTI, nello scritto introduttivo alla pubblicazione postuma del manoscritto di Schiff *Il Museo di Storia Naturale e la Facoltà di Scienze Fisiche e Naturali di Firenze* su «Archeion. Archivio di storia della scienza», Roma, gen-marzo 1928, p. 86.

<sup>14</sup> In *L'Università degli studi di Firenze. Notizie storiche raccolte dal prof. Ugo Schiff*, estratto da «L'Università», op. cit., p. 22.

degli studj principciati a Pisa ed a Siena. Oggi gli Atenei di Pisa, di Siena e di Firenze si sono completati, ognuno per la sua parte, e fra poco anche Siena sarà promossa ad Università primaria. Non dovrebbe più fra questi Istituti universitarii esistere nessuna superiorità, né inferiorità, e non conviene più a nessuno di essi, che l'uno porti tuttora il titolo di Istituto superiore agli altri due. Le gare tra Pisa e Firenze sono sepolte nei secoli; le catene nel Porto di Pisa sono restituite da lungo tempo, e gli occhi dei fiorentini non sono più offesi dalla vista del tetto detto dei Pisani. Perché lasciare tuttora sussistere una differenza di grado fra le Università, mentre che d'or innanzi dovrebbero appoggiarsi mutuamente come sorelle, e gareggiare fra di loro soltanto nel tenere alta la gloria scientifica delle antiche università toscane ed italiane?».

Ciò che mancava, quindi, era il riconoscimento *de iure* per il quale Schiff molto si prodigò, ma che arrivò soltanto nel 1924, lui ormai morto. Ne *L'Università degli studi di Firenze*, nel tentativo di dimostrare quanto il riconoscimento sia meritato, ricerca l'antichità della tradizione degli studi nella città del fiore e traccia la storia di quella che chiama già Università partendo dal 1321, passando per Lorenzo il Magnifico e giungendo fino al tempo a lui presente. Il simbolo della volontà di dotare Firenze di un'accademia in cui si compissero studi animati dallo spirito umanistico nel senso più lato del termine, è incarnato nella figura di Niccolò da Uzzano, colui che nel 1434, morendo, permise col proprio lascito economico la costruzione della nuova sede dello Studio fiorentino. Nell'immagine di Niccolò lo stesso Schiff sembra confondersi, lui che fin dai tempi della Specola aveva contribuito alla sede arricchendo il laboratorio di via Romana, creato un patrimonio bibliotecario coi risparmi (forse anche personali), edificato strutture per la didattica, contribuito al completamento della Facoltà di Medicina, riorganizzato la Facoltà di Farmacia, reso competitiva in primis la Chimica come parte illustre di una desiderata prestigiosa università. E proprio nel periodo in cui Firenze scopre la facciata del Duomo e il più grande monumento artistico è finalmente compiuto, scrive un appello con queste parole:<sup>15</sup>

«Oggi anche lo Studio di Firenze ha raggiunto uno stadio di sviluppo come mai prima ed è sparita di fatti l'ineguaglianza tra i tre atenei toscani. Sarebbe ora più che mai indicata l'occasione per farla sparire anche nel nome, trasformando il titolo dello Istituto Superiore fiorentino, che superiore non potrebbe più essere agli Atenei di Pisa e di Siena, nel titolo più corrispondente ai fatti, più significativo, più consacrato dagli anni e dall'uso di:

Università degli Studi di Firenze.

Sarebbe per Firenze uno dei più belli ed uno dei più perenni ricordi degli avvenimenti che fra poco si festeggeranno, se accanto al sommo suo monumento artistico si potesse, dopo 550 anni, trovare nuovamente la somma sua Scuola scientifica, e se in questo modo alla festa dell'Arte si potesse associare anche una festa della Scienza».

Vorremmo a questo punto prendere a prestito le stesse parole con cui il professor Schiff termina il suo pamphlet perché ci piacerebbe unirci alla festa della

<sup>15</sup> Ivi, p. 23.

scienza riuscendo a portare a termine il progetto che da anni si propone la valorizzazione dell'opera e della figura del padre della chimica universitaria fiorentina. Perché la memoria di questo grande scienziato non vada persa e i valori nei quali fermamente credeva non siano dimenticati i chimici fiorentini, in procinto di trasferire la loro sede di ricerca e di insegnamento nel nuovo Polo Scientifico dell'Università a Sesto Fiorentino, stanno organizzando un Convegno Internazionale insieme alla Chemical Heritage Foundation (USA) per l'ottobre del 2000 dal titolo: «History of Chemistry: in memory of Hugo Schiff». L'incontro si terrà proprio nell'Aula che Schiff fece costruire e che ancor oggi ospita la didattica dei Dipartimenti di Chimica in via Gino Capponi n. 9.

In previsione del Convegno è in fase di realizzazione un ipertesto su CD-Rom sul tema: «Le radici storiche della Chimica a Firenze» nel quale la figura e l'opera di Ugo Schiff sono inquadrare in un contesto più generale che vede la città centro di cultura umanistica, artistica e scientifica.

È inoltre auspicio di tutta la comunità scientifica fiorentina e in particolare di quella chimica che l'aula Ugo Schiff, progettata personalmente dall'illustre scienziato, sui cui banchi si sono avvicendati per più di un secolo tanti studenti e giovani laureati in chimica, non venga destinata a qualcosa che non sia strettamente collegato alla tradizione di questa scienza. A tale scopo è finalizzato il progetto che destina l'Aula e alcuni locali adiacenti alla creazione di un centro — denominato *Store House «Ugo Schiff»* — per la diffusione della cultura scientifica, con particolare riguardo a quella chimica, che sia motore dell'organizzazione di corsi, seminari, conferenze internazionali, mostre scientifiche, scuole sulla storia, sulla realtà e sul ruolo della chimica nella società.

MARCO FONTANI<sup>1</sup> - MARIAGRAZIA COSTA<sup>2</sup> - PAOLO MANZELLI<sup>2</sup>

## La ricerca degli elementi mancanti: il capitolo italiano<sup>3</sup>

### The research of the missing Elements: the Italian chapter.

**Summary** – The research of the missing Elements to complete the Periodic System of the Elements is one of the most exciting work in the history of chemistry. Some Italian scientists spent many years in the research on this subject. At first the work carried on by the discoverers seemed to be crowned by success: Technetium, Florentium, Astatine, Ausonium, Esperium and Vesbium occupied places in the Periodic Chart. Only Technetium and Astatine are still in their places; the others have got new names. However the history of these six Elements and the scientists who took part in the research should be mentioned.

**Tecnezio** (Tc, numero Atomico 43). Nel 1926 i coniugi Walter Noddak (1893-1960) e Ida Tacke Noddak (1896-1978) annunciarono la scoperta degli elementi 43 e 75, che chiamarono Masurio e Renio (simboli, Ma e Re) dai confini orientali e occidentali della Germania. L'esistenza del Renio fu prontamente confermata anche da altri scienziati e l'elemento fu preparato in quantità macroscopiche, mentre del Masurio non si parlò più.

Emilio Segrè (1905-1989) arrivò a Palermo nel 1936 come professore di fisica presso la locale Università convinto che la scoperta del Masurio fosse un errore. Nel febbraio del 1937 Segrè ricevette una lettera di E.O. Lawrence (1901-1958) contenente una lastrina di Molibdeno che aveva fatto parte del deflettore di un

<sup>1</sup> Dipartimento di Chimica dell'Università di Siena, Pian dei Mantellini 44, I-53100 Siena (Italy).

<sup>2</sup> Laboratorio di Ricerca Educativa; Dipartimento di Chimica dell'Università di Firenze, Via Maragliano 77, I-50144 Firenze (Italy).

<sup>3</sup> Relazione presentata all'VIII Convegno Nazionale di «Storia e Fondamenti della Chimica» (Arezzo, 28-30 ottobre 1999).



ciclotrone. Egli sospettò subito che potesse contenere isotopi dell'elemento 43, prodotti dalla reazione seguita al bombardamento della targhetta di Molibdeno con deuteroni.

Egli si associò al chimico Carlo Perrier (1886-1948) e iniziò la ricerca dell'elemento 43 contenuto in quella piccola lastra metallica. Perrier si accorse che la faccia della targhetta di Molibdeno bombardata dal fascio di deuteroni all'interno del ciclotrone era fortemente radioattiva. Con sofisticate tecniche radio-chimiche Perrier e Segrè separarono l'elemento 43 e determinarono il periodo di dimezzamento di tre isotopi: 50, 80 e 90 giorni.

A settembre Segrè si recò a Copenaghen per un congresso dove incontrò Niels Bohr (1885-1962) e il chimico Giörgy von Hevesy (1885-1966). Quest'ultimo si mostrò favorevolmente impressionato dai risultati raggiunti da Segrè e Perrier. Il 20 settembre 1937 Segrè di ritorno da Copenaghen si fermò a Friburgo dal Professor Noddak per confrontare i suoi risultati con quelli del collega. L'incontro non fu proficuo e il tedesco si rifiutò di mostrare gli spettri X e il presunto milligrammo di Masurio che asseriva di possedere. Fu una vera sorpresa per Segrè e Perrier vedere arrivare a Palermo alla fine di settembre Walter Noddak con i suoi assistenti per vedere i risultati ottenuti dai colleghi italiani. Dal 1937 il nome Masurio finì di essere citato nelle pubblicazioni scientifiche, tranne in quelle tedesche dove comparve ancora per alcuni anni.

Nel 1947 i due scienziati italiani confrontando i campioni ottenuti dieci anni prima con quelli provenienti da un reattore nucleare, si accorsero che in realtà essi avevano visto solo due isotopi dell'elemento 43, quelli  $^{95}43$  e  $^{97}43$ , rispettivamente con un periodo di vita di 61 e 90 giorni. In quello stesso anno Perrier e Segrè proposero il nome Tecnezio per l'elemento 43 (dal greco, artificiale) per indicare il fatto che questo era il primo elemento ad essere stato sintetizzato dall'uomo.

**Florenzio** (Fr, numero Atomico 61). Alla fine della prima guerra mondiale Luigi Rolla (1882-1960) e il suo assistente Giorgio Piccardi (1895-1972) iniziarono una ricerca sistematica per determinare i potenziali di ionizzazione di tutti gli elementi noti. Nel 1919 c'erano 86 elementi conosciuti; dall'Idrogeno (numero Atomico 1) all'Uranio (numero Atomico 92). Sei elementi (43, 61, 72, 75, 85 e 87) non erano stati ancora scoperti, formando così delle lacune nella Tavola Periodica.

La separazione chimica, la purificazione degli elementi e la determinazione del loro grado di purezza per mezzo della spettroscopia a raggi X, prese molto tempo e coinvolse due nuovi ricercatori, Giovanni Canneri (1897-1964) e Lorenzo Fernandes (1902-1977).

Fernandes, confrontando gli spettri X del Neodimio e del Samario, notò che alcune linee della serie K non appartenevano a nessun elemento conosciuto. L'esistenza di un elemento tra il Neodimio (numero Atomico 60) e il Samario (numero Atomico 62) era già stata ipotizzata dal chimico ceco Boguslav Brauner (1855-

1935) nel 1902. I chimici pensarono che questo elemento potesse trovarsi in minerali come la monazite.

All'inizio del 1922 gli scienziati fiorentini registrarono i primi spettri X di campioni concentrati contenenti il presunto elemento 61.

Nel giugno del 1924 Rolla e Fernandes depositarono all'Accademia dei Lincei un plico suggellato contenente i risultati della scoperta del sessantunesimo elemento che chiamarono Florenzio (simbolo Fr) in onore della città di Firenze.

Un industriale genovese, Felice Bensa, donò all'Università di Firenze un milione di lire (oltre due miliardi di quelle attuali) allo scopo di comprare la monazite e gli strumenti necessari per estrarre da essa il Florenzio.

Una tonnellata di monazite arrivò a Firenze nel tardo autunno del 1925. Tra il 1925 e il 1942 più di 40.000 cristallizzazioni frazionate sulle complessive 56.142 furono fatte personalmente da Giorgio Piccardi.

Poco prima della pubblicazione dei risultati parziali di separazione e concentrazione del Florenzio, i chimici americani B.S. Hopkins (1873-1952), L.F. Yntema (1892-1976) e J.A. Harris (n. 1901), annunciarono la scoperta dell'elemento 61 che chiamarono Illinio dal nome dello stato e dell'Università dell'Illinois.

Quella che seguì fu una lunga diatriba accademica per stabilire la priorità della scoperta. Tentativi di ripetere il lavoro di Rolla e Hopkins e di isolare il Florenzio fallirono. Hopkins suggerì che l'elemento 61 avrebbe potuto essere radioattivo con una vita media molto breve.

Nel 1938 i fisici dell'Ohio State University M.L. Pool, L.L. Quill, H.B. Law, D.C. MacDonald e J.D. Kurbatov condussero i primi esperimenti per la sintesi artificiale dell'elemento 61. Bombardando una targhetta di Neodimio con Deuteroni (nuclei di Idrogeno pesante con simbolo D), credettero di aver creato l'elemento 61 con la seguente reazione:



Essi chiamarono l'elemento Ciclonio (da ciclotrone, simbolo Cy) ma i loro risultati non chiarirono sufficientemente l'esistenza dell'elemento 61 nei loro campioni. Rolla donò a Emilio Gino Segrè (1905-1989) alcuni campioni di Neodimio, Praseodimio e Samario affinché ripetesse gli stessi esperimenti di Pool. Anche in questo caso i risultati non furono soddisfacenti.

Nel 1945, con lo sviluppo della cromatografia a scambio ionico applicata ai radioisotopi, Ch. Coryell (1912-1971), L. Glendenin (n. 1918) e J. Marinsky (n. 1918), riuscirono a separare due radioisotopi di massa 147 e 149 dell'elemento 61 tra i prodotti di fissione del primo esperimento atomico. Dopo la guerra, quando pubblicarono i loro risultati, suggerirono di chiamare questo elemento Promezio, dal mito di Prometeo.

Infine, nel 1965, piccolissime quantità di Promezio naturale furono trovate da O. Erämetsä in alcuni minerali radioattivi.



G.T. Seaborg e E.G. Segrè presentano un campione di Plutonio alla Smithsonian Institution il 28 Marzo 1966.

**Astato** (At, numero Atomico 85). La storia della scoperta di questo elemento riguarda solo marginalmente scienziati italiani; Emilio Segrè infatti scoprì questo elemento con altri due scienziati statunitensi, quando si trovava negli Stati Uniti ed era in attesa di riceverne la cittadinanza.

Nel 1931 lo statunitense Fred Allison (1882-1974) annunciò di aver scoperto l'elemento 85 con l'ausilio di una nuova tecnica di analisi da lui inventata. La tecnica magneto-ottica era, secondo lo scopritore, così sensibile da permettere di distinguere isotopi differenti di uno stesso elemento. Il professor Allison frazionando sabbie monazifere, e servendosi della tecnica di analisi da lui messa a punto sostenne di aver scoperto l'elemento 85 che chiamò Alabamio (simbolo Am) in onore allo stato dell'Unione e dell'Università in cui lavorava.

Sebbene ci fossero state in un primo momento delle conferme alla sua scoperta, l'esistenza dell'Alabamio fu presto messa in discussione e la tecnica basata sull'effetto magneto-ottico fu considerata dubbia. Pochi anni dopo i risultati di Allison furono riconosciuti errati.

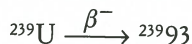
Nel 1940 E.G. Segrè suggerì l'idea di utilizzare il nuovo ciclotrone da 60 pollici dell'Università di Berkeley per accelerare particelle alfa ad un'energia sufficientemente elevata per penetrare la barriera di potenziale di elementi pesanti. E.G. Segrè con D.R. Corson (n. 1914) e K.R. Mackenzie (n. 1912) bombardò una targhetta di Bismuto con particelle alfa ottenendo l'elemento 85, secondo la seguente reazione:



Il nome attualmente accettato per l'elemento 85 è Astato (dal greco instabile); gli scopritori suggerirono tale nome per sottolineare il fatto che tutti gli isotopi di questo elemento sono radioattivi.

**Ausonio** (Ao, numero Atomico 93); **Esperio** (Hs, numero Atomico 94). Entrambe le storie dietro gli elementi Ao e Hs sono correlate con il tentativo di Fermi di sintetizzare elementi transuranici.

Nel 1934 Enrico Fermi (1901-1954) e i suoi collaboratori Franco Rasetti (n. 1901), Oscar D'Agostino (1901-1975), E.G. Segrè, Edoardo Amaldi (1908-1989) e Bruno Pontecorvo (1913-1993) rilevarono una nuova proprietà nell'Uranio bombardato con neutroni. Come Fermi irradiava l'Uranio-235, esso assorbiva i neutroni, trasformandosi in un isotopo di massa 239. Poiché questo isotopo aveva un eccesso di neutroni mostrava una tendenza ad emettere particelle  $\beta$ . La reazione avrebbe dovuto essere:



La verifica dei nuovi elementi transuranici fu fatta attraverso tecniche radiochimiche. Fu dimostrato che l'attività indotta dai neutroni nell'Uranio, apparente-

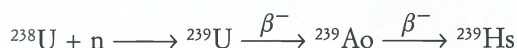
mente, non apparteneva a nessuno degli elementi che lo precedono nel sistema periodico. L'elemento 93 sembrava avere le proprietà del Manganese.

Nel 1934 la notizia della sintesi del primo elemento transuranico trapelò alla stampa e la scoperta fu arricchita da dettagli inesistenti.

Fermi estrasse due sostanze  $\beta$  attive della targhetta di Uranio irradiata con neutroni. L'elemento 93 essendo  $\beta$  attivo si trasformava nel successivo elemento di numero atomico 94. Inizialmente Fermi e i chimici O. Hahn (1879-1968) e F. Strassmann (1902-1980), credettero che gli elementi transuranici fossero omologhi del Renio e dell'Iridio e di conseguenza dovessero essere posti nel settimo periodo della Tavola Periodica.

Nel 1938, durante la cerimonia dell'assegnazione del premio Nobel, il professor H. Pleijel, Presidente del Comitato Nobel per la Fisica della Reale Accademia delle Scienze Svedese, nell'espone al re di Svezia e ai presenti i meriti scientifici per i quali Fermi aveva meritato il premio, usò queste parole: —“*Fermi's researches on Uranium made it most probable that a series of new elements could be found, which exist beyond the element up to now held to be the heaviest, namely Uranium with rank number 92. Fermi even succeeded in producing two new elements, 93 and 94 in rank number. These new elements he called Ausenium and Hesperium*”—.

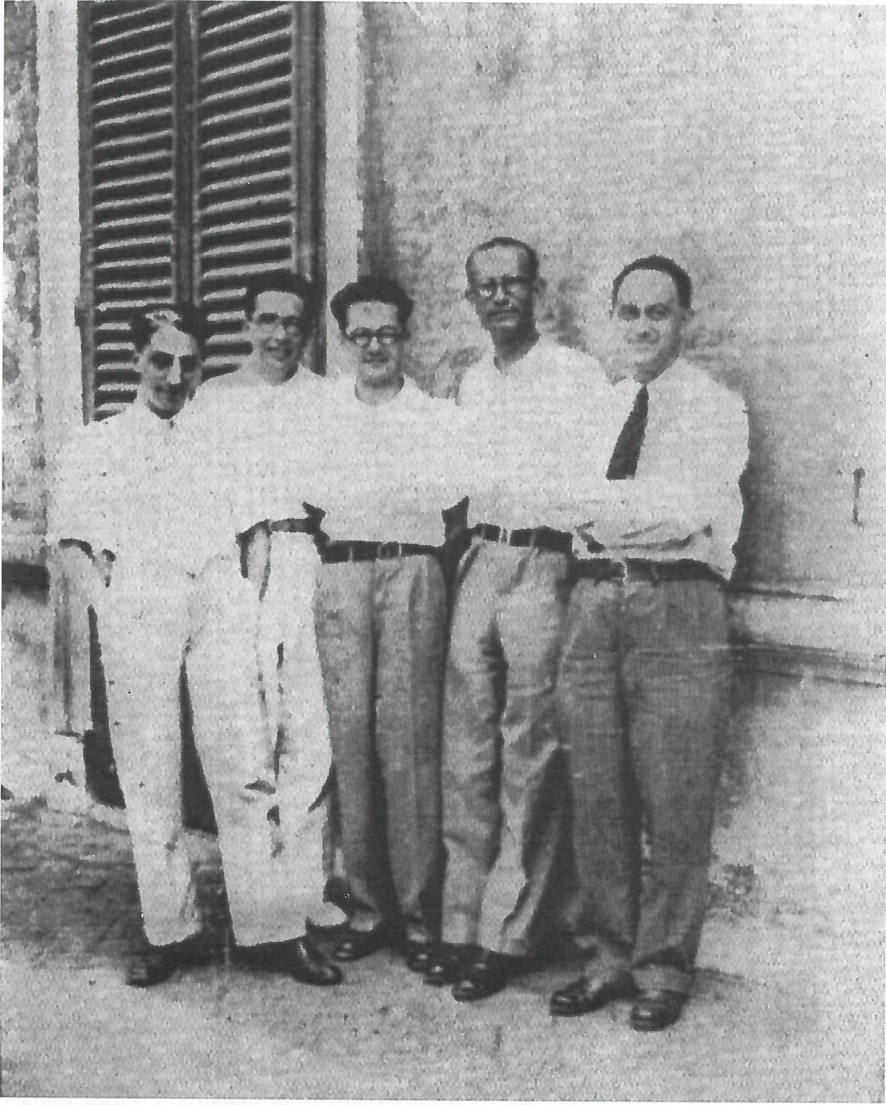
In quella occasione e per la prima volta furono ufficialmente nominati Ausonio ed Esperio gli elementi 93 e 94, da antichi nomi greci usati per designare l'odierna Italia. Fermi descrisse la serie di reazioni nucleari nel seguente modo:



Non potè scegliere un momento peggiore per fare questa affermazione; pochi giorni dopo Hahn e Strassmann scoprirono la fissione dell'Uranio. Si accorsero così che i prodotti ottenuti dal bombardamento dell'Uranio non erano gli elementi Ao e Hs, ma frammenti dei nuclei di Uranio. L'Ausonio e l'Esperio durarono *l'espace du matin*. Atomi di numero atomico 93 effettivamente si trovano tra i frammenti di fissione dell'Uranio, ma nel 1934, era impossibile scoprirne la presenza.

Gli elementi 93 e 94 furono preparati attraverso reazioni nucleari nel 1940. Il primo fu sintetizzato da E.M. McMillan (1907-1991) e P.H. Abelson (n. 1913). Più tardi lo chiamarono Nettunio dal pianeta Nettuno. Il secondo, Plutonio, fu scoperto nella forma dell'isotopo  ${}^{238}\text{Pu}$  da G.T. Seaborg (1912-1999), A.C. Wahl e J.W. Kennedy (1916-1957). Gli fu dato questo nome dal pianeta Plutone, seguendo la tradizione usata per nominare l'Uranio e il Nettunio.

**Vesbio** (Vb, numero Atomico 23). Nel 1879 il mineralogista Arcangelo Scacchi (1810-1893) descrisse le croste gialle che ricoprivano le fessure dei torrenti di lava che fuoriuscirono dal cratere del Vesuvio durante l'eruzione del 1631. Egli suggerì che in quella roccia fosse presente un nuovo elemento chimico che chiamò



O. D'Agostino, E. G. Segrè, E. Amaldi, F. Rasetti, E. Fermi a Roma nel 1934.

Vesbio dall'antico nome latino del Vesuvio, già ricordato da Galèno (ca.130-201) in *De morbis curandis*. Alla sostanza che formava la crosta, che credeva fosse composta da un ipotetico vesbiato di Alluminio, dette il nome di vesbina. Il saggio di riconoscimento e isolamento del metallo si basò su un attacco acido del materiale crudo e su successive precipitazioni per eliminare la presenza di altri metalli nel materiale originario, in particolare Argento e Rame.

Al termine delle sue analisi chimiche Scacchi ottenne circa tre grammi di un ossido dalla stechiometria incerta:  $\text{AgO}, \text{VbO}_3$  o  $\text{AgO}, \text{VbO}_5$ . Da queste molecole risalì all'ipotetico peso atomico del Vesbio che sarebbe stato di  $81,29 \text{ gmol}^{-1}$  se si fosse rivelata corretta la prima molecola;  $65,29 \text{ gmol}^{-1}$  nel caso in cui fosse giusta la seconda. Se il peso atomico della seconda molecola ( $65,29 \text{ gmol}^{-1}$ ) quasi coincide con quello dello Zinco ( $65,38 \text{ gmol}^{-1}$ ) quello del complesso  $\text{AgO}, \text{VbO}_3$  ( $81,29 \text{ gmol}^{-1}$ ) non corrisponde a nessun peso di elemento esistente, essendo intermedio a quello del Bromo ( $79,904 \text{ gmol}^{-1}$ ) e quello del Kriptone ( $83,80 \text{ gmol}^{-1}$ ).

Ben presto lo stesso Scacchi si rese conto di non sapere bene che cosa avesse tra le mani. Le conoscenze chimiche dell'epoca e le continue scoperte di nuovi elementi<sup>4</sup> in quegli anni non fecero che avvalorare la possibilità dell'esistenza del Vesbio. In più la scarsa accuratezza nella determinazione del peso atomico negli anni intorno al 1880 era aggravata dal fatto che questo ipotetico elemento fosse contenuto in una specie molecolare dalla stechiometria incerta.

In una memoria del 1880 Scacchi si accorse che molti dei saggi chimici da lui condotti sul materiale di partenza non erano decisivi e altri erano facilmente spiegabili con la presenza di altri elementi in piccole tracce. Più tardi il famoso mineralogista si convinse della possibilità che il Vesbio potesse essere Vanadio.

Il Vanadio era già stato scoperto dal chimico Andres Manuel del Rio nel 1801, il quale lo chiamò Eritronio, ma la sua storia è ricca di colpi di scena. Il chimico spedì a Parigi i campioni del nuovo elemento per ottenere conferma della sua scoperta. Purtroppo i chimici francesi dichiararono erroneamente che quel campione non fosse un nuovo elemento ma Cromo allo stato molto impuro.

Del Rio accettò il giudizio dei colleghi e si persuase di aver commesso un errore. Fu così che l'elemento di numero atomico 23 venne riscoperto nel 1830 dal chimico svedese Nils Gabriel Sefström (1787-1845) che lo chiamò Vanadio (dal nome della divinità scandinava dell'amore: *Vanadis*) a causa della bellezza dei suoi composti multicolori.

Quello che lo Scacchi studiò, durante i suoi saggi chimici sulla vesbina, fu con molta probabilità  $\text{V}_2\text{O}_5$ .

Per molti anni non furono più condotti studi sulla vesbina a causa della sua rarità. Solo nel 1910 il chimico e mineralogista Ferruccio Zambonini (1880-1932)

<sup>4</sup> Il Gallio fu scoperto nel 1875, l'Ytterbio nel 1878. Lo Scandio, il Tulio e il Samario furono scoperti nel 1879; infine il Gadolinio nel 1880.

| <i>Elementi</i>                | <i>Anno</i> | <i>Avvenimenti Scientifici</i>   | <i>Avvenimenti nel Mondo</i>  | <i>Avvenimenti in Italia</i>  |
|--------------------------------|-------------|--|---|---|
| Vb (Vesbio)                    | 1878-79     | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Muore J. Maxwell (1879).</li> <li>• Nasce A. Einstein (1879).</li> <li>• Scoperta dell'Yb (1878); Tm, Ho, Sm, Sc (1879).</li> </ul>   | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Conferenza di Berlino (1878).</li> </ul>   | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Re Vittorio Emanuele II e papa Pio IX, muoiono. Gli succedono Umberto I e Leone XIII.</li> </ul>   |
| Fr (Florenzio)                 | 1924-42     | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Sviluppo della meccanica quantistica.</li> <li>• 1925 Scoperta del Renio.</li> <li>• 1926 Scoperta della Penicillina; Fleming (1881-1955).</li> <li>• 1929 Muore Auer von Welsbach.</li> <li>• 1932 Scoperta del Neutrone e del Deuterio; Chadwick (1891-1974) e Urey (1893-1981).</li> <li>• 1933 Radioattività artificiale; Frédéric (1900-1958) e Irène (1897-1956) Joliot-Curie.</li> <li>• 1939 M.lle M. Perey (1909-1975) scopre il Francio.</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>• 1925 Coolidge rieletto con lo slogan: «Keep cool with Coolidge».</li> <li>• 1927 Traversata dell'Atlantico senza scalo (Lindberg).</li> <li>• 1929 Hoover alla Casa Bianca con lo slogan: «La ricchezza è dietro l'angolo».</li> <li>• Sei mesi dopo crolla Wall Street.</li> <li>• 1933 Hitler al potere.</li> <li>• 1939 Seconda Guerra Mondiale.</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>• 1924 Delitto Matteotti.</li> <li>• 1926 Premio Nobel a G. Deledda (1871-1936).</li> <li>• 1934 L. Pirandello (1867-1936) laureato Nobel.</li> <li>• 1929 Concordato Stato-Chiesa.</li> </ul> |
| Ao - Es<br>(Ausonio - Esperio) | 1934-38     | <ul style="list-style-type: none"> <li>• 1934 Muore M.me Curie.</li> <li>• 1935 Muoiono Grignard e Brauner.</li> <li>• 1938 Muore Urbain. Scoperta della Fissione dell'Uranio; Hahn (1879-1968) e Strassmann (1904-1980).</li> </ul>   | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Patto di Monaco fine della Cecoslovacchia.</li> <li>• Chamberlain dichiara cnicamente «Peace for our time».</li> <li>• Annessione dell'Austria.</li> </ul>   | <ul style="list-style-type: none"> <li>• 1935-36 guerra d'Etiopia.</li> <li>• 1938 Leggi razziali.</li> <li>• Muore G. D'Annunzio.</li> </ul>   |
| Tc (Tecnezio)                  | 1937        | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Muoiono Guglielmo Marconi e Lord Rutherford.</li> </ul>   | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Guerra di Spagna.</li> <li>• «Purghe Staliniane».</li> </ul>   | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Amedeo d'Aosta (1898-1942) viceré d'Etiopia.</li> </ul>  |
| At (Astato)                    | 1940        | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Progetto Manhattan.</li> </ul>  | <ul style="list-style-type: none"> <li>• La Germania invade Danimarca, Norvegia, Olanda, Belgio e Francia.</li> </ul>   | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Dichiarazione di guerra alla Francia e alla Gran Bretagna.</li> </ul>  |



riuscì ad effettuare una completa analisi della vesbina dalla quale emerse che essa altro non era che un vanadato. Infine nel 1927 F. Zambonini e Guido Carobbi (1900-1983) condussero un esauriente studio spettroscopico sulla vesbina che rivelò la presenza di molti elementi della prima serie di transizione delle terre rare.

#### BIBLIOGRAFIA

- ROLLA L., «Un nuovo elemento: il Florenzio», *Atti Soc. It. Progresso Sci.*, discorso a classi riunite, riun. 15, 58 (1926).
- ROLLA L., FERNANDES L., *Z. Anorg. Allgem. Chem.*, 157, 571 (1926).
- ROLLA L., FERNANDES L., *Le Terre Rare*, Bologna, Ed. Zanichelli, 1929.
- ROLLA L., FERNANDES L., *Gazz. Chim. It.*, anno LVI, fasc. VII, 535 (1926).
- ROLLA L., FERNANDES L., *Gazz. Chim. It.*, anno LVII, fasc. IX, 704 (1927).
- HOPKINS B.S., HARRIS J.A., YNTEMA L.F., *J. Am. Chem. Soc.*, 48, 1585, 1594 (1926).
- TRIFONOV D.N., TRIFONOV V.D., *Chemical Elements, how they were discovered*, Moscow, MIR Publishers, 1982.
- SEGRÈ E.G., *Scientific Monthly*, 57, 12 (1943).
- MARINSKY J., GLENDENIN L.E., CORYELL Ch.D., *J. Am. Chem. Soc.*, vol. 69, 2781 (1947).
- GROSSE A. VON, *J. Am. Chem. Soc.*, 57, 440 (1935).
- SEGRÈ E.G., *Phys. Rev.*, 55, 1104 (1939).
- SEABORG G.T., SEGRÈ E.G., *Nature*, 159, 863 (1947).
- LAW H.B., POOL M.L., QUILL L.L., KURBATOV J.D., *Phys. Rev.*, 59, 936 (1941).
- POOL M.L., KURBATOV J.D., QUILL L.L., MACDONALD D.C., *Phys. Rev.*, 61, 106 (1942).
- AMALDI E., D'AGOSTINO O., FERMI E., RASETTI F., SEGRÈ E.G., *La Ricerca Scientifica*, 5, n. 1, 452 (1934).
- AMALDI E., D'AGOSTINO O., FERMI E., RASETTI F., SEGRÈ E.G., *La Ricerca Scientifica*, 5, n. 2, 21 (1934).
- AMALDI E., D'AGOSTINO O., FERMI E., RASETTI F., SEGRÈ E.G., *La Ricerca Scientifica*, 5, n. 2, 467 (1934).
- AMALDI E., D'AGOSTINO O., FERMI E., PONTECORVO B., RASETTI F., SEGRÈ E.G., *La Ricerca Scientifica*, 6, n. 1, 435 (1935).
- BOYD G., *J. Chem. Educ.*, 36, 3 (1959).
- CORSON D.R., MACKENZIE K.R., *Phys. Rev.*, 57, 459 (1940).
- CORSON D.R., MACKENZIE K.R., *Phys. Rev.*, 58, 672 (1940).
- SEABORG G.T., SEGRÈ E.G., *Nature*, 159, 863 (1947).
- PERRIER C., SEGRÈ E.G., *Rend. Acad. Lincei*, 25, serie 6, 723 (1937).
- PERRIER C., SEGRÈ E.G., *Rend. Acad. Lincei*, 27, serie 6, 579 (1937).
- PERRIER C., SEGRÈ E.G., *Journ. of Chem. Phys.*, 5, 712 (1937).
- PERRIER C., SEGRÈ E.G., *Journ. of Chem. Phys.*, 7, 155 (1939).
- SCACCHI A., *Atti Accad. Sci. Napoli*, 13 Dic. 1879.
- SCACCHI A., *Rendiconti Reale Accademia delle Scienze fisiche e matematiche di Napoli*, fascicolo 3°-4°, Marzo-Aprile, 1 (1880).
- ZAMBONINI F., *Mineralogia Vesuviana*, 315 (1910).
- ZAMBONINI F., CAROBBI G., *The American Mineralogist*, 12, n. 1, 1 (1927).

MATTEO LEONE \* - NADIA ROBOTTI \*

## Verso un nuovo atomo: le vie spettroscopiche di William Crookes e di Norman Lockyer \*\*

### Toward a new atom: the spectroscopic ways of William Crookes and Norman Lockyer.

**Summary** – In this paper the studies carried on by the chemistry William Crookes and the astrophysicist Norman Lockyer are analyzed and paralleled, in reference to their meaning for the subject of atom complexity and dissociability.

Following the Prout's suggestion (1816) that the atomic weights of all pure chemical elements were whole numbers, and the subsequent "confutations", like the Stas' one (1860), there were several attempts "to save" the "Prout's law", by suggesting a modified version of it, or by criticizing the experimental techniques for chemical purifications.

Another attempt made use of atomic spectroscopy, following the Kirchhoff's demonstration of equality between emission spectra and absorption spectra (1859). In particular, since 1873 Lockyer suggested, on the ground of experimental evidence, the existence inside the atoms of elementary forms of matter. In 1897 such hypothesis, suitably enriched and modified, put forth a new spectroscopic criterion for identifying the dissociated versions of the elements: the so-called "proto-elements".

In 1886, while studying the rare earths, Crookes stated of having spectroscopically demonstrated that "there are certainly five, and probably eight, constituents into which yttrium may be *split*": according to Crookes the elements were aggregations of "meta-elements" of different mass.

Both approaches ensued from an idea of superiority of spectral evidence over the traditional chemical methods. However, while meta-elements turned out to be due to impurities in the Crookes' samples, the proto-elements changed into ionized atoms (Bohr, 1913) and aided the transition from classical physics to modern physics.

\* Dipartimento di Fisica, Università di Genova.

\*\* Relazione presentata all'VIII Convegno Nazionale di «Storia e Fondamenti della Chimica» (Arezzo, 28-30 ottobre 1999).

## 1. PROUT E LA MATERIA PRIMA

Nel 1816 il chimico inglese William Prout annunciava pubblicamente di aver dimostrato, principalmente per via matematica, che i pesi atomici dei vari elementi sono multipli interi del peso atomico di una materia prima (πρώτη ὕλη), e che «possiamo quasi ritenere che il πρώτη ὕλη degli antichi sia realizzato nell'idrogeno».<sup>1</sup> «Un'opinione», aggiungeva Prout, «per nulla nuova». Speculazioni analoghe a quella di Prout erano infatti già state formulate da chimici quali Humphry Davy,<sup>2</sup> Thomas Thomson<sup>3</sup> e John Miers.<sup>4</sup> Come è già stato osservato,<sup>5</sup> l'ipotesi di Prout era in realtà costituita da due sottoipotesi: che i pesi atomici fossero multipli interi del peso atomico dell'idrogeno, e che l'idrogeno (o, comunque, uno o due altri elementi) rappresentasse la materia prima. Se dell'ipotesi che i pesi atomici fossero multipli interi del peso atomico dell'idrogeno può trovarsi una sorta di anticipazione in Davy,<sup>6</sup> l'ipotesi dell'elemento come materia prima può farsi risalire almeno ai filosofi presocratici. Talete individua tale componente fondamentale nell'acqua. Anassimandro la sostituisce con l'*apeiron*, un principio fisico indefinito in grado di apparire in diverse forme; Anassimene, a sua volta sostituisce tale principio con l'aria. Infine, Parmenide propone come principio primo, sulla base della logica e non dell'esperienza, l'Essere, dal quale, per la *reductio ad absurdum*, l'impossibilità del mutamento. Da Parmenide deriva che il mutamento nella materia può essere

<sup>1</sup> W. PROUT, *Correction of a mistake in the essay on the relation between the specific gravities of bodies*, «Annals of Philosophy», 7, 1816, pp. 111-13.

<sup>2</sup> Di particolare rilievo sono i suoi *Elements of Chemical Philosophy* pubblicati nel 1812. Davy scriveva, «La materia può in ultimo rivelarsi in essenza la stessa, differendo solo nella disposizione delle sue particelle; ovvero due o tre sostanze semplici possono produrre tutta la varietà di corpi composti». Si veda, H. DAVY, *The Collected Works of Sir Humphry Davy Bart.*, London, Smith Elder, 1839-40, 4° vol., pp. 42, 132.

<sup>3</sup> T. THOMSON, *System of Chemistry*, Edinburgh, J. Brown, 1802, 2 vols. Thomson scriveva che «il termine sostanza semplice in chimica non significa nulla di più di un corpo le cui componenti sono ignote (...) molti di quei corpi che attualmente consideriamo semplici saranno decomposti; e assai probabilmente un nuovo insieme di corpi semplici, di cui ora siamo ignari, verrà alla luce. Essi potranno essere a loro volta decomponibili, e saranno così scoperti nuovi corpi semplici; fino a quando (...) quelli realmente semplici ed elementari, dei quali tutte le sostanze sono in ultimo composte, verranno alla luce». Citato in *System of Chemistry*, 1° vol., p. 386.

<sup>4</sup> J. MIERS, *On the composition of azote*, «Annals of Philosophy», 3, 1814, pp. 364-72; 4, pp. 180, 260. Si chiedeva Miers: «perché non può essere che altri tipi di materia, attualmente ritenuti semplici, abbiano anche degli atomi dello stesso ordine, ma di membri differenti degli stessi due generi di atomi elementari [idrogeno e ossigeno]?», op. cit., p. 371.

<sup>5</sup> Su questo punto si veda W.H. BROCK, *From Protyle to Proton*, Bristol, Adam Hilger, 1985. In particolare, p. 92.

<sup>6</sup> «[Quelle] sostanze ora considerate come elementi primari devono essere considerati invece come secondari; ma i numeri che li rappresentano sarebbero i medesimi, ed essi probabilmente si rivelerebbero tutti prodotti da addizioni di alcuni numeri semplici o parti frazionali (...).» Si veda H. DAVY, *The Collected Works of Sir Humphry Davy Bart.*, 4° vol., p. 364.

«spiegato» invocando unioni e separazioni di un certo numero di unità primordiali (come fecero gli atomisti). È Aristotele il primo a mettere in discussione le spiegazioni corpuscolari del mutamento. Mentre i presocratici ammettono una materia fisica primordiale, Aristotele distingue nettamente 1) mutamenti di ogni specie, in cui il sostrato permane,<sup>7</sup> e 2) la generazione, in cui non permane un sostrato fisico identico a se stesso.<sup>8</sup>

Sebbene l'atomismo classico avesse come obiettivo la soluzione di problemi filosofici, mentre l'ipotesi di Prout mirasse a risolvere questioni di natura sperimentale, entrambe le posizioni si inserivano in una tradizione di ricerca volta a ridurre la molteplicità degli eventi naturali a pochi principi.<sup>9</sup>

Le difficoltà sperimentali nelle quali si imbatté l'ipotesi di Prout condussero, nei decenni successivi, alla conclusione che la legge, secondo cui il peso atomico degli elementi è multiplo intero del peso atomico dell'idrogeno, è in molte circostanze inadeguata.<sup>10</sup> Una conclusione che culminò con la «confutazione» operata dal chimico Jean Stas,<sup>11</sup> legata a misure sul peso atomico del cloro (35,5).

Nel corso di una *Graham Lecture* (presso la Hall of the Andersonian Institution, Glasgow, 16 marzo 1887), T.E. Thorpe<sup>12</sup> ricordò a questo proposito che «non molti anni fa'» il lavoro di Stas si era guadagnato la reputazione di aver «demolito per sempre la dottrina dell'*hylé* primordiale» e che, parallelamente, l'aforisma di Roger Bacon «barley is a horse by possibility, and wheat is a possible man, and man is possible wheat» veniva ritenuto «un ozioso modo di dire».<sup>13</sup>

<sup>7</sup> ARISTOTELE, *De Generazione et corruptione* I 4, 319b 10.

<sup>8</sup> ARISTOTELE, *ibid.*, 319b 15.

<sup>9</sup> Mendeleev individua nell'«*assenza di induzioni da esperimenti*» [corso nostro] e nel tentativo di «scoprire una qualche unità nell'immensa diversità delle individualità che ci circondano» l'origine dell'idea di un'unica materia prima. Cfr. D. MENDELEEV, *The Periodic Law of the Chemical Elements (Faraday Lecture)*, «Journal of the Chemical Society», 55, pp. 634-56; p. 644. Per un'attenta disamina dell'influenza che le ricerche di Crookes ebbero sul pensiero di Mendeleev si veda F. CALASCIBETTA (a cura di), *L'evoluzione delle idee di D. Mendeleev rispetto all'ipotesi di Prout (1869-1889)*, «Atti del IV Convegno Nazionale di Storia e Fondamenti della Chimica», Venezia, 7-9 novembre 1991, Roma, Accademia delle Scienze detta dei XL, 1992, pp. 301-312.

<sup>10</sup> Per una ricostruzione del dibattito sull'ipotesi di Prout, che non affronteremo in questa sede, si veda W.H. BROCK, op. cit., nota 5, pp. 143-78.

<sup>11</sup> J. STAS, *Researches on the mutual relations of atomic weights*, «Bull. Acad. R. Belg.», 10, 1860, pp. 208-336.

<sup>12</sup> T.E. THORPE, *On certain modern developments of Graham's ideas concerning the constitution of matter*, «Nature», 31 marzo 1887, pp. 522-524; 7 aprile 1887, pp. 547-549; p. 548.

<sup>13</sup> Opinione, questa, non priva di basi filosofiche. Nella *dottrina degli elementi* di Aristotele, quando *hylé* designa ciò da cui qualcosa ha origine, diviene un concetto astratto, relativo e mai reversibile. Come osserva Ingemar Düring, una delle massime autorità nel campo degli studi aristotelici, «la *proté hylé* è ciò da cui qualcosa ha avuto 'immediatamente' origine (per es. la statua dal bronzo). È facile comprendere quanto sia naturale generalizzare questo concetto di *hylé*, di guisa che, in tutti i casi in cui un X diventa un Y, si può dire che X è la *hylé* di Y». Tuttavia, «quando il vino si trasforma in aceto, Aristotele non considera *hylé* il vino; quando un animale muore, l'essere vivente non è la *hylé* del corpo morto. Il processo della generazione, in cui c'è

L'impressione in base alla quale numerosi pesi atomici apparivano comunque vicini a un numero intero (utilizzando come scala di misura il peso atomico dell'idrogeno), indusse diversi ricercatori a risolvere il conflitto tra fatti e teoria senza dover ricorrere all'abbandono completo dell'ipotesi di Prout.<sup>14</sup> In linea di principio erano possibili due alternative: a) formulazione di una versione emendata dell'ipotesi di Prout; b) messa in discussione dei fatti recalcitranti rispetto a tale ipotesi. Entrambe le strade furono percorse.

La prima alternativa prevedeva la modifica dell'ipotesi di Prout nel senso di una riduzione dell'unità elementare. I chimici francesi Marignac,<sup>15</sup> Maumené<sup>16</sup> e Pelouze<sup>17</sup> proposero come unità  $\frac{1}{2}$  del peso atomico dell'idrogeno. Dumas<sup>18</sup> suggerì come unità elementare una frazione, che può essere  $\frac{1}{4}$  o  $\frac{1}{2}$ , e analoga proposta venne dallo stesso Marignac.<sup>19</sup> Alcuni anni più tardi (1882) il chimico tedesco Zängerle<sup>20</sup> suggerì addirittura di scegliere una massa circa mille volte più piccola di quella dell'idrogeno.

La seconda alternativa per salvare l'ipotesi di Prout consisteva nel respingere le asserzioni fattuali confutanti, mediante la messa in discussione delle tecniche di purificazione chimica utilizzate. Marignac scelse di percorrere anche questa strada, allorché sostenne:

[non vi è alcuna prova] che le differenze osservate tra i suoi [di Stas] risultati e quelli richiesti dalla legge di Prout non possano essere spiegate dal carattere imperfetto dei metodi sperimentali.<sup>21</sup>

sempre un X come *hylé* che si trasforma in un Y, che è qualcosa d'altro, culmina nel *telos*, o nella *teleiósís*, cioè in un punto nel quale non è più possibile raggiungere uno stadio migliore o più compiuto. Qui comincia la *phthora*, la corruzione. L'irreversibilità del concetto di *hylé* ci mostra dunque molto chiaramente che si tratta di un concetto astratto». Si veda, I. DÜRING, *Aristoteles - Darstellung und Interpretation seines Denkens*, Carl Winter - Universitätsverlag, Heidelberg, 1966, (trad. it. *Aristotele*, Milano, Mursia, 1976, pp. 423-425).

<sup>14</sup> Si veda per esempio MALLET, *Revision of the Atomic Weight of Aluminum*, «Philosophical Transactions», 171, 1880, pp. 1003-35; p. 1033: «chiunque dia uno sguardo imparziale ai fatti può difficilmente ignorare la sensazione che vi sia una qualche ragione per la frequente ricorrenza di pesi atomici di poco differenti da un accordo coi numeri richiesti dalla supposta legge». Mallet calcola anche la probabilità che tali ricorrenze siano puramente accidentali, e trova il valore di 1 su 1097,8.

<sup>15</sup> J.C.G. MARIGNAC, *Analyses diverses destinées à la vérification de quelques équivalents chimiques*, «Bibl. Univ.», 46, 1843, pp. 350-77.

<sup>16</sup> E.J. MAUMENÉ, *Sur les équivalents chimiques*, «Annales de Chimie», 18, 1846, pp. 41-79.

<sup>17</sup> T.J. PELOUZE, *Mémoire sur les équivalents de plusieurs corps simples*, «Comptes Rendus Acad. Sci., Paris», 20, 1845, pp. 1047-55.

<sup>18</sup> J.B. DUMAS, *Mémoire sur les équivalents des corps simple*, «Annales de Chimie», 55, 1859, pp. 129-210.

<sup>19</sup> J.C.G. MARIGNAC, *Commentary on Stas' researches on the mutual relation of atomic weights*, «Bibl. Univ.», 9, 1860, pp. 97-107.

<sup>20</sup> M. ZÄNGERLE, *Über die Natur der Elemente und die Beziehungen der Atomgewichte derselben zu einander und zu den physikalischen und chemischen Eigenschaften*, Monaco, 1882.

<sup>21</sup> J.C.G. MARIGNAC, *Commentary on Stas' researches on the mutual relation of atomic weights*, op. cit., nota 19.

Mallet, in conclusione a un suo lavoro sul peso atomico dell'alluminio, scrisse:

Occorre ricordare che il meticoloso lavoro condotto da Stas e da altri prova esclusivamente, sulla base del marcato accordo dei risultati, che gli errori casuali sono stati ridotti entro limiti ristretti. Quello che tale lavoro non prova è che siano state eliminate tutte le sorgenti a errore costante, cosa, questa, che non potrà mai essere dimostrata in senso assoluto, poiché non potremo mai essere sicuri che la nostra conoscenza delle sostanze di cui ci occupiamo sia completa. Ovviamente, una chiara eccezione alla presunta legge potrebbe invalidarla, a patto che tale eccezione sia provata in modo completo; ma non è questo il caso.<sup>22</sup>

La medesima alternativa venne seguita, alcuni anni più tardi (1886), dal chimico inglese William Crookes, direttore della pubblicazione specializzata *Chemical News* e noto sostenitore dell'ipotesi di Prout:

non pochi chimici di riconosciuta eminenza ritengono che si abbia qui [nella legge di Prout] un'espressione della verità, mascherata da un qualche fenomeno residuo o collaterale che non siamo ancora stati in grado di eliminare.<sup>23</sup>

Vi era però un'altra possibilità di salvare l'ipotesi di Prout (o, meglio, una sua versione emendata) facendo leva sull'imperfezione delle tecniche di purificazione chimica: quella, per parafrasare Galileo, di ricercare un «senso superiore e più eccellente».<sup>24</sup>

Tale «senso superiore e più eccellente» si rivelò essere lo spettroscopio.

## 2. LA VIA SPETTROSCOPICA ALLA COMPLESSITÀ DELL'ATOMO

All'epoca delle prime ricerche spettroscopiche sulla complessità dell'atomo (a partire dagli anni '70 del secolo scorso) era noto già da diverso tempo che lo spettro ottenuto da vari sali differiva se venivano usati come stimolo fiamma, arco elettrico o scintilla: la fiamma dava luogo a uno spettro a bande, mentre l'arco elettrico e la scintilla generavano spettri a righe. Questo fenomeno era stato spiegato nel 1862 (da Mitscherlich<sup>25</sup> e, indipendentemente, da Roscoe e Clifton<sup>26</sup>), come dovuto alla dissociazione del sale nei suoi elementi costituenti, per via della maggiore temperatura prodotta da arco e scintilla. Gli spettri a bande erano perciò legati alla molecola, mentre quelli a righe erano evidentemente causati dalla dissociazione delle molecole in atomi a causa della maggiore temperatura utilizzata.

<sup>22</sup> MALLET, *Revision of the Atomic Weight of Aluminum*, op. cit., nota 14.

<sup>23</sup> W. CROOKES, *Presidential Address to the Chemistry Section of the British Association*, in *Report of British Association*, 1886, pp. 558-76, in particolare p. 562.

<sup>24</sup> GALILEO, *Dialogo sopra i due massimi sistemi*, Opere, Ed. Naz., vol. VII, pp. 355-56.

<sup>25</sup> A. MITSCHERLICH, *Beitrage zur Spectranalyse*, «Annalen der Physik», 116, 1862, pp. 499-507.

<sup>26</sup> H.E. ROSCOE e R.B. CLIFTON, *On the effect of increased temperature upon the nature of the light emitted by the vapour of certain metals or metallic compounds*, «Proceedings of the Literary and Philosophical Society of Manchester», 2, 1862, pp. 227-30; «Chemical News», 5, pp. 233-34.

### 2.1. *L'intervento di Lockyer (1873)*

Per analogia, l'astrofisico inglese Norman Lockyer suggerì nel 1873 che le nuove righe osservate nella transizione da sorgenti termiche di temperatura più bassa a sorgenti di temperatura più elevata (per esempio, nel passaggio da arco a scintilla), ovvero negli spettri stellari e solari, erano causate da una *dissociazione dell'atomo* indotta dalla temperatura:

Mi sono chiesto se tutti i fatti di cui sopra non possano essere raggruppati insieme in un'ipotesi di lavoro la quale assuma che negli strati di inversione del sole e delle stelle siano all'opera vari gradi di «dissociazione celeste», la quale prevenga la riunione degli atomi che, alle temperature presenti sulla terra e a tutte le altre temperature artificialmente raggiunte, compongono metalli, metalloidi e composti.<sup>27</sup>

L'insieme di risultati ottenuti dalle osservazioni degli spettri stellari furono interpretati alla luce delle cosiddette leggi di «continuità» e «uniformità» alle quali Lockyer faceva frequente ricorso. Secondo tali leggi, le stelle portano avanti la dissociazione degli elementi, che possiamo (parzialmente) osservare sulla terra solo alle elevate temperature prodotte dalla scintilla. Diversi anni dopo Lockyer si chiese: «Una temperatura maggiore di quelle applicate fino ad ora, agisce realmente nel medesimo modo di quelle effettivamente applicate? Oppure dovremmo aspettarci un'imprevista interruzione di uniformità dei processi naturali?»<sup>28</sup> Riguardo al principio di continuità, e all'associato principio di uniformità, «molti scienziati interpretarono tale principio diversamente da Lockyer».<sup>29</sup> Tuttavia vi fu una «sorprendentemente scarsa opposizione all'uso del principio di uniformità in astrochimica», uno stato di cose «indubbiamente dovuto alla sua familiarità metodologica».<sup>30</sup> Come osservato da Brock, «a partire dal 1860, la seconda regola di Newton del ragionamento filosofico<sup>31</sup> era diventata un assunto pacificamente accettato nel discorso scientifico».

Il problema delle «linee coincidenti», ovvero della presenza di righe spettrali aventi medesima lunghezza d'onda in spettri di metalli diversi, indusse Lockyer ad elaborare un'ipotesi sulla natura di tali coincidenze che, al contempo, tenesse in considerazione l'eventuale ruolo delle impurità.<sup>32</sup> In altre parole, come stabilire se

<sup>27</sup> N. LOCKYER, *Researches in spectrum-analysis in connection with the spectrum of the sun - No. III*, «Philosophical Transactions», 164, 1874, pp. 479-94; p. 491.

<sup>28</sup> N. LOCKYER, *Chemistry of the sun*, London, Macmillan, 1887. Lockyer riteneva chiaramente che la risposta all'ultima domanda dovesse essere negativa.

<sup>29</sup> A.J. MEADOWS, *Science and Controversy: A Biography of Sir Norman Lockyer*, London, Macmillan, 1970, p. 147.

<sup>30</sup> W.H. BROCK, *From Protyle to Proton*, op. cit., p. 184, nota 5.

<sup>31</sup> Secondo la seconda regola di Newton del ragionare: «Ideoque effectum naturalium ejusdem generis eadem sunt causae». Si veda Isaac NEWTON, *Philosophiae Naturalis Principia Mathematica*, (Londini, MDCLXXXVII).

<sup>32</sup> L'osservazione di linee coincidenti è precedente alle stesse ricerche di Lockyer. Si veda ad esempio, G. KIRCHHOFF, *Researches on the Solar Spectrum and the Spectra of Chemical Elements*, 2 vols., 1862-63, London; vol. 1, p. 10.

la presenza delle medesime righe spettrali sia il frutto della presenza di un medesimo elemento in entrambi i campioni (rispettivamente, come campione primario e come impurità), oppure dell'avvenuta dissociazione di un elemento in un altro? L'ipotesi dissociativa, che traeva la propria forza dalla teoria atomica-molecolare degli spettri — secondo la quale lo spettro di un elemento è direttamente legato alle masse costituenti l'atomo o la molecola<sup>33</sup> — aumentò di contenuto nel 1878-79, quando Lockyer formulò la sua teoria delle «*basic lines*». Lockyer affrontò in modo molto ingegnoso il problema delle impurità, da un punto di vista prettamente spettroscopico. Le osservazioni dello spettro metallico all'arco elettrico avevano evidenziato la presenza di righe spettrali «long» e «short». Mentre le righe «long» risultavano presenti in ogni punto dell'arco elettrico, le righe «short» si producevano solamente nei pressi del centro dell'arco (laddove la temperatura è maggiore) e non alle estremità (dove la temperatura è inferiore). Lockyer non era in grado di spiegare la differenza tra i due insiemi di righe, tuttavia sapeva che si verificava sistematicamente un fatto piuttosto chiaro: riducendo la corrente che passa nell'arco, le righe «short» sono le prime a scomparire. Ed è così che giunse ad elaborare un criterio di purificazione spettroscopica:

Quando, per esempio, si ricerca un'impurità di Mn in un campione di Fe, se la riga più lunga del Mn risulta assente, anche le righe «short» devono essere assenti nell'ipotesi che gli elementi siano elementari; se la riga più lunga, invece, risulta presente, allora l'impurità è responsabile di tutte le righe di Mn fino alla sua riga più corta presente.<sup>34</sup>

La sua idea era che vi fossero forme semplificate di materia comuni ai diversi elementi chimici, e che la presenza di righe coincidenti «short» (le «*basic lines*») in spettri diversi costituisse un'evidenza di tale forme semplificate. Inoltre, più calda la sorgente, più semplificato doveva essere lo spettro osservato, per via della presenza quasi esclusiva di tali righe comuni.<sup>35</sup> Secondo Lockyer vi erano due classi perfettamente distinte di righe coincidenti negli spettri metallici: 1) le righe comuni dovute a impurità, e 2) le righe comuni dovute agli elementi dissociati:

Da qui ne derivava che era lecito denominare le righe coincidenti di secondo ordine come «*basic lines*», dal momento che esse suggerivano l'esistenza di una base comune alle sostanze nei cui spettri si riscontrava la loro presenza.<sup>36</sup>

<sup>33</sup> Su questo punto, si veda l'ultimo paragrafo.

<sup>34</sup> N. LOCKYER, *Researches in Spectrum Analysis in connexion with the Spectrum of the Sun*. No. VII, «Proceedings of the Royal Society», 28, 1878, pp. 157-80; p. 157.

<sup>35</sup> N. LOCKYER, *Researches in Spectrum Analysis in connexion with the Spectrum of the Sun*. No. VII, op. cit., nota 34, p. 161. Per una discussione della «prima ipotesi di dissociazione» si veda W.H. BROCK, *Lockyer and the chemists: The first dissociation hypothesis*, «Ambix», 16, 1969, pp. 81-99. Si veda anche W. MCGUCKEN, *Nineteenth-Century Spectroscopy*, Baltimore and London, 1969, pp. 83-101.

<sup>36</sup> N. LOCKYER, *On the necessity for a new departure in spectrum analysis*, «Nature», 6 novembre 1879, pp. 5-8; p. 6.



L'ipotesi dissociativa di Lockyer ricevette pressoché subito l'entusiastico, e gradito, sostegno da parte dello stesso William Crookes:

Fino a quando un qualche fatto si dimostri inconciliabile con le opinioni del sig. Lockyer, dovremo considerarci perfettamente giustificati nel dare ad esse la nostra provvisoria adesione, e nel considerarle come ipotesi di lavoro da mettere costantemente alla prova in riferimento ai fenomeni osservati.<sup>37</sup>

L'ipotesi di Lockyer rimase in larga misura inalterata fino alla fine del 1896. Nel frattempo, tuttavia, si andò accumulando un'evidenza contraria all'accuratezza dei dati empirici sui quali l'idea si fondava. Le coincidenze tra righe presenti nei vari elementi (così come emerso nello spettro solare) si rivelò accidentale e dovuta alla scarsa risoluzione degli spettroscopi dell'epoca.<sup>38</sup> Un ruolo importante fu anche quello determinato dalle impurità presenti. Per esempio, nel 1880 G.D. Liveing e J. Dewar dimostrarono che i campioni di Lockyer non contenevano magnesio puro, ma un composto di magnesio e idrogeno.<sup>39</sup> Lockyer congetturava anche che ogni sostanza elementare potesse essere scomposta in tante sostanze semplici quante le righe dello spettro dell'elemento in questione. Questo significava, per esempio, che il ferro avrebbe dovuto avere una struttura «molecolare» così complessa da includere almeno 1200 differenti sostanze più semplici: un risultato che pareva inaccettabile.<sup>40</sup>

Verso la fine del 1896 l'ipotesi di Lockyer subiva una sostanziale modifica per via dell'elaborazione di un nuovo criterio di dissociazione. Mediante il confronto degli spettri metallici ad arco e di quelli a scintilla (prodotti a una temperatura maggiore), l'astrofisico inglese scopriva che in questi ultimi (a scintilla) erano presenti righe che risultavano assenti nello spettro ad arco. Altre righe, peraltro, apparivano «intensificate» («*enhanced*») nel passaggio da arco elettrico a scintilla.<sup>41</sup> Queste due classi di linee furono collettivamente definite da Lockyer «*enhanced lines*» (si veda la Fig. 1).

Il successo maggiore di questa seconda ipotesi di dissociazione stava nella sua capacità di rendere conto di numerose righe incognite osservate negli spettri stellari,<sup>42</sup>

<sup>37</sup> W. CROOKES, «*Chemical News*», 39, 1879, p. 65.

<sup>38</sup> C.A. YOUNG, *Spectroscopic notes, 1879-1880*, «*American Journal of Science*», 20, 1880, pp. 353-58; G.D. LIVEING e J. DEWAR, 1881, *On the identity of spectral lines of different elements*, «*Proceedings of the Royal Society*», 32, pp. 225-30.

<sup>39</sup> G.D. LIVEING e J. DEWAR, *On the spectrum of magnesium and lithium*, «*Proceedings of the Royal Society*», 30, 1880, pp. 93-9; *Investigations on the spectrum of magnesium*. N° 1, «*Proceedings of the Royal Society*», 32, 1881, pp. 189-203.

<sup>40</sup> W.N. HARTLEY, *On homologous spectra*, «*Journal of Chemical Society, London*», 43, 1883, pp. 390-400.

<sup>41</sup> N. LOCKYER, *On the iron lines present in the hottest stars. Preliminary note.*, «*Proceedings of the Royal Society*», 60, 1897, pp. 475-76

<sup>42</sup> Si veda, per esempio, N. LOCKYER, *On the Chemistry of the Hottest Stars*, «*Proceedings of the Royal Society*», 61, 1897, pp. 148-209.

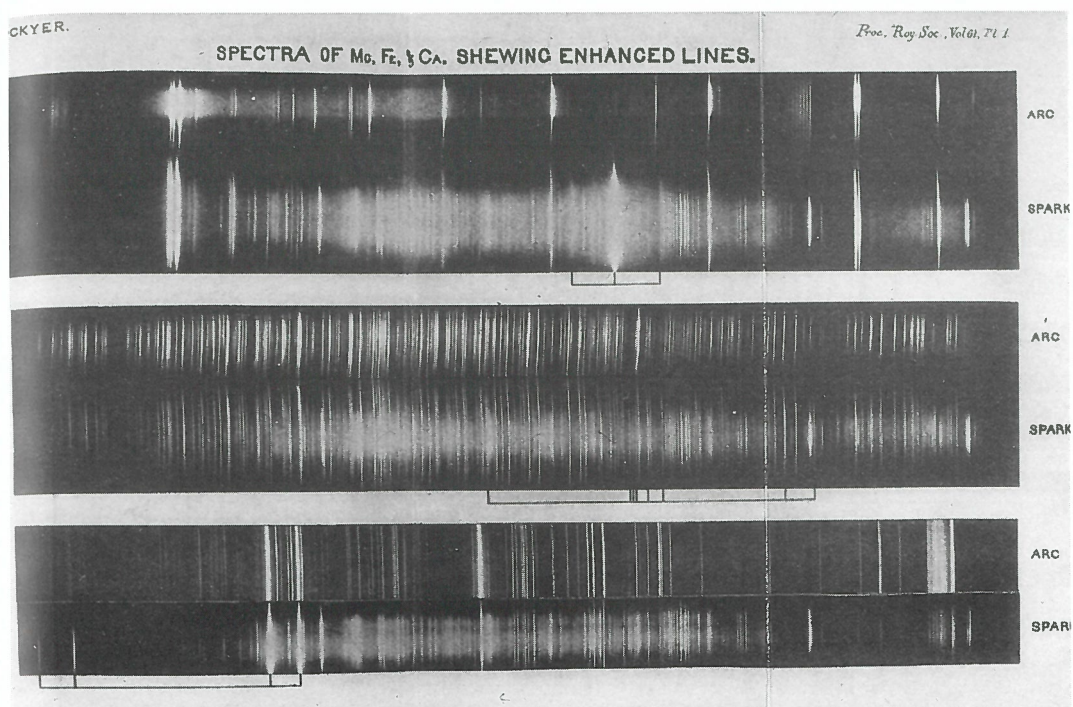


Fig. 1

e di dare un'interpretazione coerente delle differenze riscontrate tra spettro solare di Fraunhofer e spettro cromosferico.<sup>43</sup>

Questo risultato apporta una valida conferma della mia idea, secondo cui lo spettro ad arco degli elementi metallici è prodotto da molecole di diversa complessità, e indica inoltre che la temperatura delle stelle più calde è sufficiente a produrre semplificazioni che vanno al di là di quelle prodotte fino ad ora nei nostri laboratori.<sup>44</sup>

L'apparato teorico all'interno del quale si collocava il nuovo criterio di dissociazione rimaneva inalterato. L'«ente» responsabile dell'emissione delle «enhanced lines» diventava però il «proto-elemento»,<sup>45</sup> laddove l'«elemento» sarebbe ciò che

<sup>43</sup> N. LOCKYER, Captain CHISHOLM-BATTEN e A. PEDLER, *Total eclipse of the sun, January 22, 1898. - Observations at Vizjadrug.*, «Philosophical Transactions», 197, 1901, pp. 151-208. Cfr. anche J. EVERSLED, *Wavelength determinations and general results obtained from a detailed examination of spectra photographed at the solar eclipse of January 22, 1898.*, «Proceedings of the Royal Society», 68, 1901, pp. 6-9.

<sup>44</sup> N. LOCKYER, *On the Chemistry of the Hottest Stars*, op. cit., nota 42.

<sup>45</sup> Ibidem.

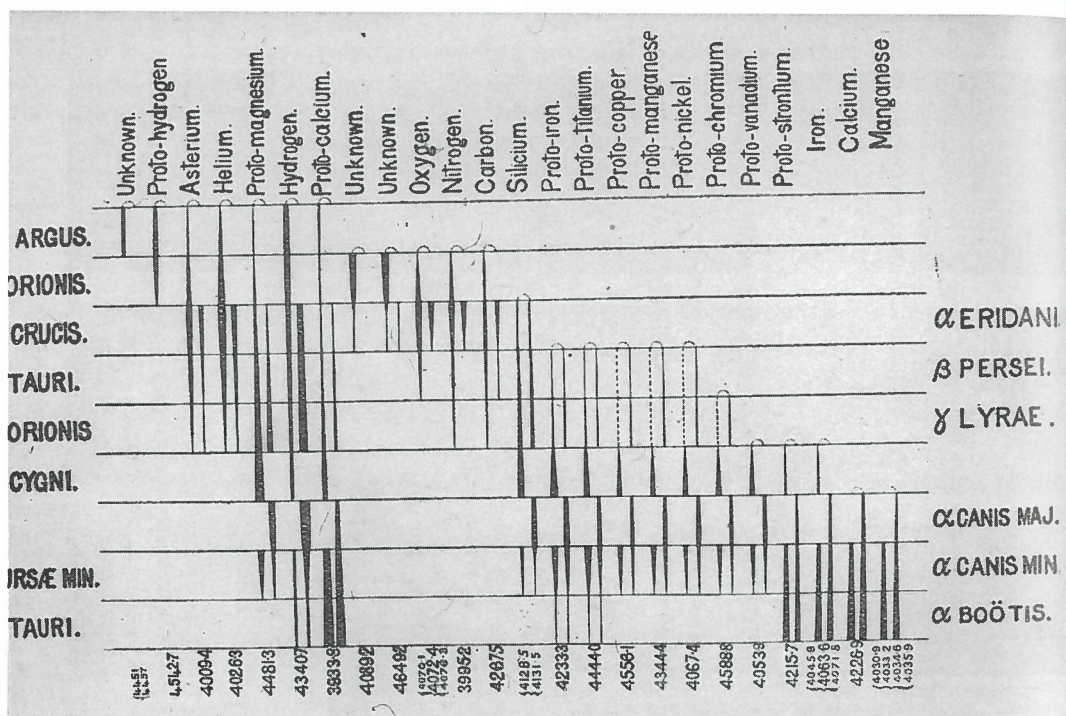


Fig. 2

dà luogo alle «arc lines» (righe spettrali caratteristiche dello spettro ad arco). Il proto-elemento costituiva l'anello intermedio di un'«*evoluzione inorganica*»,<sup>46</sup> che dai metalli (pesanti) portava ai gas, attraverso un processo di dissociazione di origine termica. A sostegno di tale schema concettuale Lockyer portava un grafico<sup>47</sup> dal quale era evidente che, costruendo una classificazione termometrica delle stelle, *mediante un criterio indipendente* quale quello dell'estensione ultravioletta dello spettro, nelle stelle a temperatura maggiore lo spettro era prevalentemente costituito da righe corrispondenti a gas (idrogeno, elio); nelle stelle a temperatura più

<sup>46</sup> *Inorganic Evolution* si chiamerà il libro scritto da Lockyer nel 1900 per presentare la propria nuova ipotesi di dissociazione. Lockyer non fu il primo a suggerire l'idea di un'evoluzione inorganica. L'idea era precedente a Darwin. Per un esempio di tale posizione si veda Robert CHAMBERS, *Vestiges of the Natural History of Creation*, 1844, (pubblicato anonimamente). In tale lavoro Chambers argomentava che il mondo organico fosse controllato dalla legge dello sviluppo, così come il mondo inorganico è controllato dalla gravitazione. Secondo Chambers il sistema solare si sviluppò da un «universal Fire Mist» fino alla sua presente configurazione.

<sup>47</sup> N. LOCKYER, *On the order of appearance of chemical substances at different stellar temperatures*, «Proceedings of the Royal Society», 64, 1899, pp. 396-401.

bassa si osservava il consueto spettro metallico; nelle stelle a temperatura intermedia risultavano invece particolarmente rilevanti le «enhanced lines» (si veda Fig. 2).

Sulla base della propria teoria atomico-molecolare degli spettri Lockyer concludeva, abbastanza coerentemente, che l'ente originante le righe enhanced doveva essere una struttura simile all'elemento (da un punto di vista spettrale), ma di massa intermedia tra quella del metallo in questione e i gas leggeri: una struttura che l'astrofisico definiva, appunto, proto-elemento.

## 2.2. *L'intervento di Crookes (1883)*

A perseguire con convinzione una via spettroscopica alla complessità dell'atomo fu anche il chimico inglese William Crookes. Scopritore dell'elemento Tallio e fondatore della pubblicazione specializzata *Chemical News* (che spesso pubblicava aggiornamenti sulle ricerche di Lockyer), Crookes è noto soprattutto per le sue osservazioni spettroscopiche e per i suoi studi sulla scarica elettrica nei gas rarefatti. Studi che lo condussero all'osservazione del «dark space» che porta il suo nome, e allo sviluppo dell'idea di «materia radiante». Meno note sono invece le sue ricerche sul cosiddetto «frazionamento chimico».

Tali ricerche si focalizzavano sull'analisi dello spettro fosforescente delle terre rare e miravano all'individuazione di un metodo per la ricerca di tracce nei campioni esaminati e per la scoperta di nuovi elementi chimici.<sup>48</sup> Gli spettri discontinui delle terre rare apparivano estremamente complicati, e i loro dettagli sembravano variare in maniera enigmatica. Per molti anni Crookes cercò di venire a capo del sistema di righe e bande spettrali che gli si presentavano di fronte.

Era impossibile distogliermi dalla convinzione che stessi osservando una serie di iscrizioni autografe dal mondo molecolare, di evidente intenso interesse, scritte però in una lingua strana ed enigmatica. Tutti i tentativi di decifrare i misteriosi segni risultarono tuttavia, per lungo tempo, infruttuosi. Avevo bisogno di una stele di Rosetta.<sup>49</sup>

Fu così che lo studioso inglese si imbatté in un fenomeno inaspettato.

Effettuando la reazione *incompleta* di una terra rara (ossido di Ittrio) con ammoniaca *molto diluita*, Crookes osservava che precipitava solo una frazione della base presente, dando luogo a una soluzione e ad un precipitato:

Nel filtrare, facciamo sì che le terre si dividano in due parti, e possiamo facilmente immaginare che vi sia ora una leggera differenza nel valore basico delle due porzioni di terra; essendo quella in soluzione più basica, di una quantità quasi impercettibile, rispetto a quella precipitata dall'ammoniaca.<sup>50</sup> [Si veda Fig. 3]

<sup>48</sup> W. CROOKES, *On Radiant Matter Spectroscopy: A New Method of Spectrum Analysis*, «Proceedings of the Royal Society», 35, 1883, pp. 262-71.

<sup>49</sup> W. CROOKES, *On the nature and origin of the so-called elements*, «Report of British Association», 1886, pp. 558-76; p. 569-70.

<sup>50</sup> W. CROOKES, *On the Method of Chemical Fractionation*, «Report of the British Association», 1886, pp. 583-86; p. 584.

NUMBERS OF THE BOTTLES.

| -6 | -5 | -4 | -3  | -2  | -1  | 0    | 1   | 2   | 3   | 4  | 5  | 6  |
|----|----|----|-----|-----|-----|------|-----|-----|-----|----|----|----|
|    |    |    |     |     |     | 1000 |     |     |     |    |    |    |
|    |    |    |     |     | 500 | 1000 | 500 |     |     |    |    |    |
|    |    |    |     | 250 | 500 | 500  | 500 | 250 |     |    |    |    |
|    |    |    | 125 | 250 | 375 | 500  | 375 | 250 | 125 |    |    |    |
|    |    | 63 | 125 | 250 | 375 | 375  | 375 | 250 | 125 | 63 |    |    |
|    | 31 | 63 | 156 | 250 | 312 | 375  | 312 | 250 | 156 | 63 | 31 |    |
| 15 | 31 | 94 | 156 | 234 | 312 | 312  | 312 | 234 | 156 | 94 | 31 | 15 |

Fig. 3

La strategia del chimico inglese consisteva nell'utilizzare proprio l'incompletezza del processo di precipitazione frazionata come meccanismo di selezione chimica. La procedura descritta veniva infatti iterata più volte, poiché

Ripetendo questa operazione (...) molte centinaia di volte, quegli atomi manifestanti una tendenza a precipitare si muovono in una determinata strada, mentre quelli che tendono a rimanere in soluzione seguono un'altra strada (...) è come se educassimo gli atomi, non aggiungendo loro proprietà nuove, bensì estraendo e liberando proprietà che già esistevano, ma che erano precedentemente mascherate.<sup>51</sup>

La procedura dava luogo a una piramide di campioni diversi derivanti dalla precipitazione frazionata dell'ittrio. Ponendo la serie di terre ottenute alla base della piramide in un tubo a vuoto, nel quale veniva prodotta una scarica elettrica (il cosiddetto «radiant matter tube»), si aveva l'emissione di luce fosforescente. Il

<sup>51</sup> W. CROOKES, *Elements and Metaelements*, «Journal of Chemical Society», 53, 1888, pp. 487-504; p. 493.

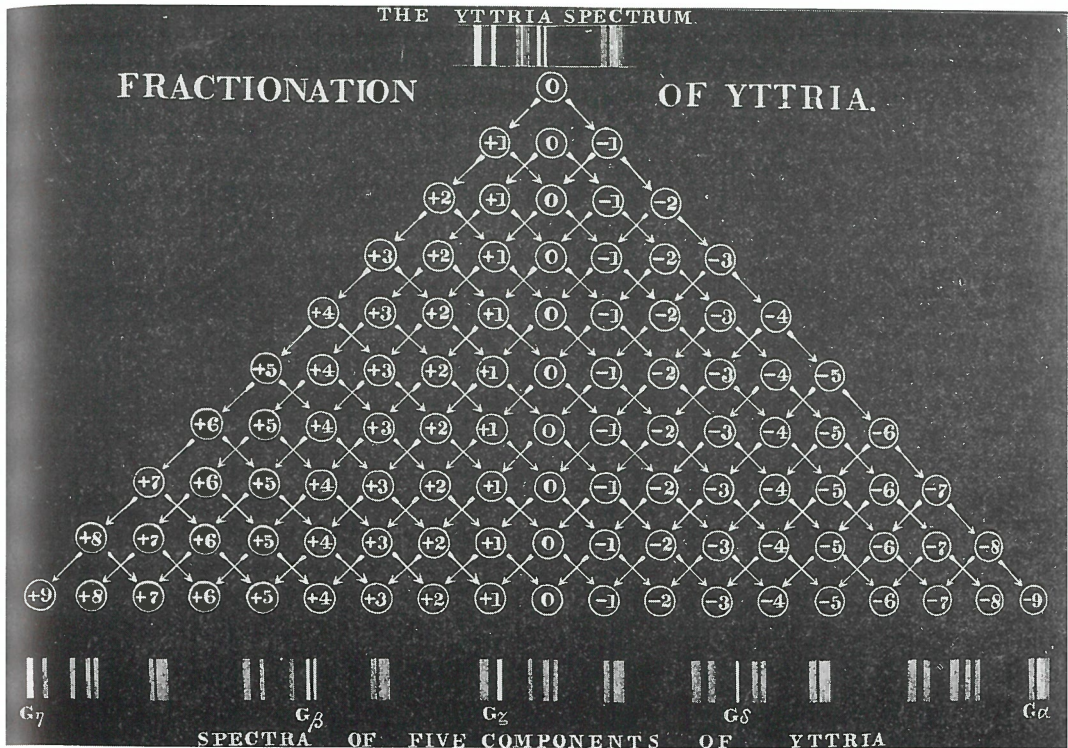


Fig. 4

risultato nel caso dell'ittrio evidenziò la presenza di molteplici spettri differenti sia sotto il profilo della posizione di righe e bande, sia sotto quello della loro intensità relativa. Crookes, coerentemente con la teoria atomica-molecolare degli spettri, interpretava tale risultato come evidenza di una separazione dell'ittrio nelle sue componenti prime:

Il risultato finale al quale sono giunto è che vi sono certamente cinque, e probabilmente otto, costituenti nei quali l'ittrio può essere separato.<sup>52</sup> [Si veda Fig. 4]

Per spiegare questa evidenza empirica Crookes proponeva di superare l'idea tradizionale di elemento chimico introducendo il concetto di «*meta-elemento*». Ogni elemento chimico — derivato per progressivo «raffreddamento» da un

<sup>52</sup> W. CROOKES, *On the Fractionation of Yttria*, «Report of the British Association», 1886, pp. 586-90; p. 588.

«*protyle*» elementare<sup>53</sup> — non sarebbe stato altro che la risultante della somma di diversi meta-elementi caratterizzati da piccole variazioni di peso atomico.<sup>54</sup> Tale modello consentiva, da un lato di «salvare» l'ipotesi di Prout e la prossimità di molti pesi atomici a numeri interi (poiché il peso atomico dell'elemento non diventava altro che una media ponderata dei pesi atomici dei singoli meta-elementi), e dall'altro di spiegare molto economicamente l'evidenza empirica spettrale derivante dal frazionamento chimico. Infatti:

Un'altra importante inferenza che possiamo ricavare da questi fatti è che gli atomi dei quali l'ittrio consiste, sebbene differenti, non differiscano in modo continuo, ma per *saltum*. Abbiamo evidenza di ciò nel fatto che le bande spettroscopiche caratteristiche di ciascun gruppo sono distinte da quelle degli altri gruppi, senza che vi sia una transizione graduale.<sup>55</sup>

### 3. IL DESTINO DI META-ELEMENTI E PROTO-ELEMENTI

Gli approcci di Crookes e Lockyer alla complessità e dissociabilità dell'atomo discendevano da una medesima teoria di formazione degli spettri (atomico-molecolare), siano essi a scintilla o fosforescenti. Comune a entrambi era anche la convinzione che la spettroscopia potesse corroborare il concetto di materia prima (sotto forma di una versione emendata dell'ipotesi di Prout), per via di una superiore raffinatezza del mezzo spettroscopico rispetto ai metodi dell'analisi chimica «tradizionale» («*How I wish we could get a bit of your hottest star in a bottle!*» commenterà Crookes in una lettera a Lockyer; si veda Fig. 5).

In tal senso lo spettroscopio assumeva ai loro occhi, e agli occhi di molti dei loro contemporanei,<sup>56</sup> il ruolo di un galileiano «senso superiore ed eccellente». Come suggerì Lockyer, un senso in grado di spalancarci le porte del «vero» atomo:

[Lo spettroscopio] ha in larga misura corroborato la teoria sostenuta dal Professor Maxwell. La domanda è, ci ha portati più avanti? Forse non ancora, ma ritengo che si scoprirà che quello che i chimici si rappresentano come atomo, contraddistinto da ciò che essi pesano, e quello che i fisici si rappresentano come molecola, è il particolare atomo, molecola, o qualsiasi

<sup>53</sup> W. CROOKES, *On the nature and origin of the so-called elements*, op. cit., p. 568. Nel suo rapporto l'A. riferisce esplicitamente di essersi ispirato, per la scelta del vocabolo, a Roger Bacon, il quale nel suo *De Arte Chymix*, scrisse: «Gli elementi sono fatti di  $\psi\lambda\eta$ , e ogni elemento è convertito nella natura di un altro elemento.»

<sup>54</sup> Nel 1915 Crookes rivendicherà di aver anticipato, con i meta-elementi, il concetto di isotopo. Lo stesso Soddy aveva citato il chimico inglese come sostegno storico alla propria concezione. Su questo punto si veda R.K. DEKOSKY, *Spectroscopy and the elements in the late 19th century. The work of Sir William Crookes*, «British Journal for History of Science», 6, pp. 400-23.

<sup>55</sup> W. CROOKES, *On the nature and origin of the so-called elements*, op. cit., p. 571.

<sup>56</sup> D'altronde, come osserva Mendeleev, «non appena l'analisi spettrale appare come una nuova e potente arma per la chimica, l'idea di una materia prima vi si aggancia immediatamente». Cfr. D. MENDELEEV, *The Periodic Law of the Chemical Elements (Faraday Lecture)*, op. cit., p. 643.

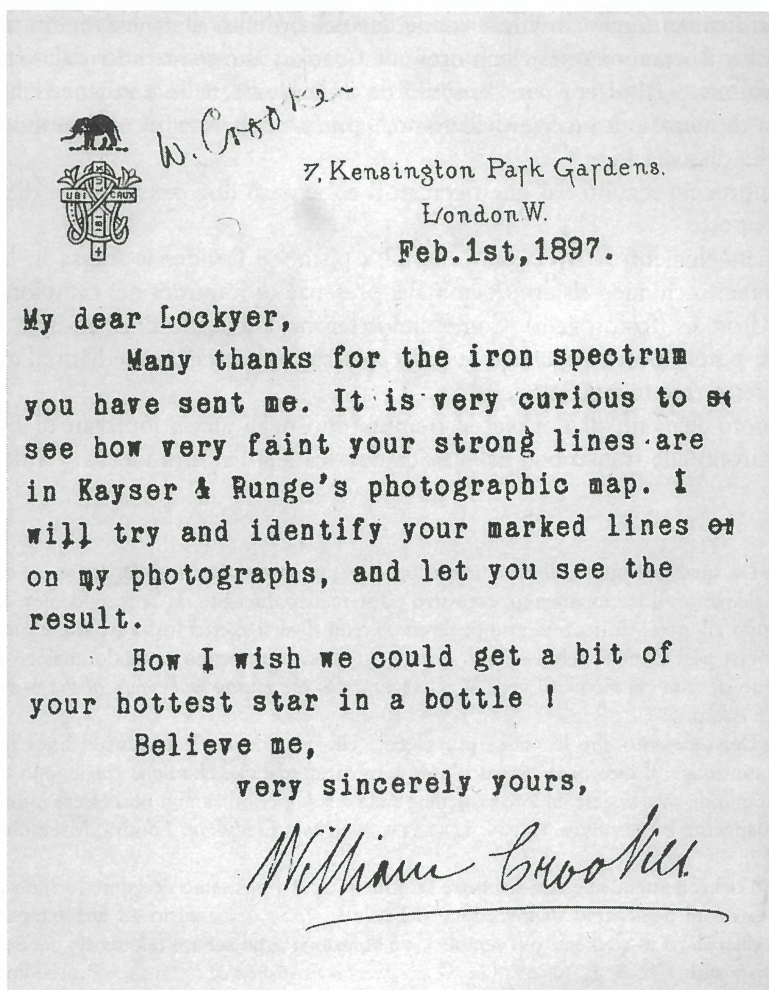


Fig. 5

nome scegliate per chiamarlo, col quale l'elettricità di alta tensione da luogo a uno spettro a righe. Se ricordate, io dissi che in molti dei metalli monade questo spettro veniva ottenuto nel primo stadio di temperatura, mentre nei casi di diadi e metalloidi erano necessari stadi di temperatura più elevati. Se il *vero atomo* è quello che da luogo a uno spettro a righe, molte anomalie scompariranno (...) Se ammettete che nello spettro a righe sia in azione l'atomo, mentre negli spettri a bande e continui siano in azione aggregazioni molecolari, vi accorgete subito che il Professor Maxwell e gli altri come lui saranno in grado di *dare una definizione assai più netta dell'atomo e della molecola* di quella che essi danno ora.[corsivo nostro]<sup>57</sup>

<sup>57</sup> N. LOCKYER, *Atoms and molecules spectroscopically considered*, «Nature», 10, 1874, pp. 69-71, 89-90; p. 70.



Uno strumento che, a differenza dei metodi ordinari di analisi, era in grado di evidenziare il «demone selezionatore» di Crookes messo in atto dal «frazionamento chimico»,<sup>58</sup> ed era così sensibile da individuare nelle «enhanced lines» la presenza di masse più piccole dell'atomo,<sup>59</sup> pur in mancanza di una conferma chimica della dissociazione.<sup>60</sup>

L'approccio seguito dai due ricercatori ebbe però due conseguenze diametralmente opposte.

I meta-elementi si rivelarono una falsa pista<sup>61</sup> e l'evidenza messa in luce dal frazionamento chimico risultò dovuta alla presenza di impurità nei campioni utilizzati da Crookes (fosforogeni). Come dimostrarono Lecoq de Boisbaudran, Urbain e altri, si poteva avere l'alterazione dello spettro fosforescente mediante l'aggiunta di altre terre rare in traccia.<sup>62</sup>

I proto-elementi di Lockyer si tramutarono negli atomi ionizzati di Bohr<sup>63</sup> e contribuirono alla transizione dalla fisica classica alla fisica moderna.<sup>64</sup> Tuttavia, la

<sup>58</sup> «Da qualsiasi punto di vista chimico, il gruppo molecolare stabile, Ittrio, si comporta come un elemento. Il frazionamento, eccessivo e sistematico, ha agito da 'sorting demon' chimico, distribuendo gli atomi di Ittrio in gruppi diversi, aventi diversi spettri fosforescenti, e presumibilmente diversi pesi atomici, sebbene tutti questi gruppi si comportino in modo analogo dal consueto punto di vista chimico». Si veda W. CROOKES, *On the nature and origin of the so-called elements*, op. cit., p. 571.

<sup>59</sup> «Dal momento che le masse più piccole che producono le enhanced lines non sono ancora state isolate, il loro peso 'atomico' e le loro caratteristiche chimiche rimangono da determinarsi, e quindi, ovviamente, la loro posizione sulla tavola periodica non può essere indicata, così come attualmente è costruita». Cfr. N. LOCKYER, *Inorganic Evolution*, Londra, Macmillan, 1900, pp. 176-77.

<sup>60</sup> «Lockyer ritiene che con le nostre scintille più forti possiamo eccedere lo stato di dissociazione esistente negli strati di inversione del sole (...). Se il mercurio ad alta temperatura si rifiuta di dissociarsi in elementi più semplici, un'obiezione assai seria a tale teoria necessiterebbe di avere risposta». Cfr. A. SCHUSTER, *On the chemical constitution of the stars*, «Proceedings of the Royal Society», 61, 1897, pp. 209-13; p. 209.

<sup>61</sup> Secondo Imre Lakatos, i meta-elementi, non avendo anticipato alcun fatto nuovo, finirono per essere «eliminati dalla storia della scienza (razionalmente ricostruita)». Alla radice di tale insuccesso vi sarebbe stato un assunto nascosto errato: la convinzione «che due elementi puri dovessero essere separabili tramite metodi chimici». Si veda *Falsificationism and the Methodology of Scientific Research Programmes*, in I. LAKATOS, A. MUSGRAVE (eds.), *Criticism and the Growth of Knowledge*, Cambridge, 1970, pp. 138-40.

<sup>62</sup> Si veda ad esempio G. URBAIN, *La nature de qq. Éléments and méta-éléments phosphorescents de Sir W. Crookes*, «Comptes Rendus, Académie de Sciences, Paris», 145, 1907.

<sup>63</sup> N. BOHR, *On the constitution of atoms and molecules*, «Philosophical Magazine», 26, 1913, pp. 1-25, 476-502, 857-75.

<sup>64</sup> La connessione tra enhanced lines, proto-elementi e teoria di Bohr dello spettro dell'atomo di idrogeno e degli idrogenoidi, si deve ad Alfred Fowler, già assistente presso il laboratorio di Lockyer. Cfr. A. FOWLER, *Bakerian Lecture - Series lines in spark spectrum*, «Philosophical Transactions», 214, 1914, pp. 225-66.

dissociazione evidenziata dalle «enhanced lines» non andava più interpretata «alla Lockyer» come il risultato di una suddivisione dell'atomo in masse tra loro confrontabili, bensì come l'effetto della sottrazione di una particella carica dotata di massa trascurabile rispetto al peso atomico: il «corpuscolo» di Thomson.<sup>65</sup>

<sup>65</sup> Sulla scoperta dell'elettrone si veda, N. ROBOTTI, *The Discovery of the Electron 1*, «European Journal of Physics», 17, 1997, pp. 133-38. Sull'influenza delle ricerche di Lockyer sul lavoro di Thomson, cfr. M. LEONE e N. ROBOTTI, *Stellar, solar and laboratory spectra: the history of Lockyer's proto-elements*, «Annals of Science» (in corso di stampa).

LUIGI CERRUTI \*

### *Free Electrons*

## Lo sviluppo della chimica organica fisica, 1900-1940 \*\*

**Summary** – The historical study of the origin and development of physical organic chemistry is rewarding because the research field of this discipline, the reactivity of organic molecules, is at the core of chemical epistemology. The historical literature on the topic is extensive, however the role of the great physicist J.J. Thomson, *after* the 1904 famous atomic model, is almost completely neglected, and also the theoretical relevance of G.N. Lewis' model (1916) deserves a closer analysis. The well-known debate between R. Robinson and A. Lapworth on one side, and C.K. Ingold on the other side, is considered from the point of view of the liberal use of several, different models of atom and chemical bond in the same context (and sometime in the same text). To a careful analysis it is clear that it was thanks to Robinson that it was established the theory of electron mobility in organic molecules; also Robinson proposed the corresponding symbolic apparatus of straight and bent arrows. In the present paper, the enduring, petty attempt by Ingold of effacing Robinson's contribute is contrasted with the wide scope, and the great success of Ingold's school in the study of reaction mechanisms; it is also emphasised the contribution of E.D. Hughes. Lastly, L.P. Hammett's *Physical Organic Chemistry* is analysed, in order to demonstrate that the development of physical organic chemistry as a discipline was not only a British affair. The conclusion considers two points. In the first one, the patterns of theoretical debate and the relationship between theory and experiment are examined; in the second one, the historiographic simile between Ingold and Lavoisier (proposed by M.J. Nye) is considered, in particular on the ground of the ethics of communication. As to the future activity by the Gruppo Nazionale di Fondamenti e Storia della Chimica, the present lecture is intended to be a plea for a greater attention toward the history of XX century (the last century!).

\* Dipartimento di Chimica Generale ed Organica Applicata, Università di Torino.

\*\* Relazione presentata all'VIII Convegno Nazionale di «Storia e Fondamenti della Chimica» (Arezzo, 28-30 ottobre 1999).

## 1. INTRODUZIONE

### 1.1. *Oggetto e limiti di questa ricerca*

La chimica organica fisica si presenta come un insieme ben strutturato di tecniche sperimentali e di teorie volte principalmente a chiarire i molteplici aspetti della reattività delle molecole organiche. Il suo campo di ricerca tematizza due aspetti cruciali della chimica. Il primo, la reattività, è addirittura il tratto definitorio della chimica stessa come scienza che studia la trasformazione delle sostanze; il secondo rinvia a quella parte della chimica che dalla metà dell'Ottocento ai giorni nostri, con una continua evoluzione delle procedure conoscitive, ha conseguito e mantenuto uno status privilegiato per la ricchezza di implicazioni conoscitive, interdisciplinari, economiche. *La reattività delle molecole organiche* è uno dei luoghi più intimi dell'epistemologia chimica, impegnata nel permanente sforzo di comprensione/controllo del mondo microscopico. Di qui, data la rilevanza conoscitiva della chimica organica fisica, nasce la possibilità di un racconto storico non banale.<sup>1</sup>

Le linee di ricerca che portarono alla formazione di questa disciplina ebbero origine all'inizio nel Novecento nell'ambito della chimica organica, sollecitata ad un approfondimento delle proprie procedure conoscitive da un contesto scientifico ricco di grandi novità. La determinazione sperimentale dell'esistenza dell'elettrone, i primi modelli atomici basati su questo inedito 'corpuscolo' sub-atomico, gli sviluppi dell'elettrochimica sono da annoverare tra gli stimoli più rilevanti. Le figure di Thomson e di Lewis vengono immediatamente in primo piano, e cercherò di tratteggiarne i contributi essenziali. Seguirò poi la formazione delle procedure conoscitive della chimica organica fisica fra il 1920 e il 1940, privilegiando gli aspetti teorici, e però tentando di non ignorare completamente i diversi, successivi contesti sperimentali.

Il lettore di questo saggio dovrà superare la noia in più di un passaggio, specie quando incontrerà puntigliose analisi della bibliografia citata negli scritti degli scienziati. Come *excusatio non petita* ricordo che, al di là delle immediate finalità argomentative o retoriche dell'Autore, l'analisi delle citazioni è importante da diversi punti di vista. L'analisi sociologica, pur nella sua ovvietà, permette (in parte) di collocare l'Autore nel contesto della comunità di appartenenza, mentre quella storica, se vi sono informazioni sufficienti, situa la particolare ricerca in una specifica linea genetica della disciplina. Ma il mio interesse alle citazioni è alimentato

<sup>1</sup> Parte del materiale della presente relazione è stato presentato in una conferenza dal titolo «*Powerful agents of attack. Uomini e idee della chimica organica fisica. 1900-1950*». La conferenza fu tenuta all'Università di Padova, il 10 giugno 1997, in occasione dei festeggiamenti in onore di Giorgio Modena.

soprattutto dall'analisi linguistica che vede nelle citazioni principalmente l'aspetto intertestuale, la chiamata in causa dialogica di testimoni, alleati, avversari. L'aspetto dialogico rende un articolo simile ad una continua conversazione, proprio all'opposto di quanto afferma Habermas sul discorso scientifico come monologo.

### 1.2. *Sull'opportunità della storia della chimica contemporanea*

L'irrilevanza storiografica della fine sul nostro calendario del XX secolo è scontata; è un non-evento, ancorato ad una delle tante religioni dell'umanità, esteso ad una dimensione globale da secoli di 'lavoro' di un imperialismo universalistico e feroce. Tuttavia, fra un paio di mesi a Torino, nella consuetudine delle mie lezioni di Storia della chimica, non potrò più dire «nel secolo scorso...» riferendomi all'Ottocento. Quando gli Atti di questo nostro Congresso saranno stampati il 'secolo scorso' sarà il Novecento. Un secolo termina e l'analisi storiografica di questo periodo è appena agli esordi, quasi che si sia voluto aspettare di togliere il calendario dalla parete. In realtà vi sono almeno tre ordini di motivi per spostare decisamente la ricerca di storia della chimica verso i tempi più vicini a noi. Le prime due argomentazioni sono particolarmente pertinenti a comunità di specialisti come il nostro Gruppo Nazionale di Fondamenti e Storia della Chimica (GNFSC), la terza è di carattere più generale.

Il GNFSC mantiene dalle sue origini una caratteristica che nel confronto internazionale risulta singolare, e cioè l'adesione di studiosi appartenenti alle due culture, la scientifica e l'umanistica. Questa partecipazione, fruttuosa e stimolante, non deve far dimenticare che i risultati delle nostre ricerche sono contributi alla storia della chimica, una storia che in molti casi può essere letta solo da un pubblico tecnicamente competente, ossia in grado di padroneggiare i contenuti disciplinari moderni. Mi pare quindi che — in primo luogo — il pubblico di riferimento sia quello della comunità dei chimici, siano essi impegnati nella ricerca universitaria, nella didattica della scuola secondaria, o appartenenti al mondo dell'industria. La nostra attenzione a questo pubblico è andata attenuandosi, come è dimostrato dall'allontanamento dal nostro Gruppo di alcuni degli studiosi più impegnati nella ricerca sui fondamenti. In sintesi: se vogliamo suscitare nuove 'vocazioni' verso la ricerca storico-critica è alla comunità dei chimici che dobbiamo rivolgerci.

Ho già richiamato, implicitamente, nella ricerca sui fondamenti il secondo ordine di motivi per concentrare la nostra indagine nel Novecento. Infatti, a partire dagli anni 1920 i mutamenti nelle procedure conoscitive dei chimici sono state tali da imporre una ri-definizione della chimica. *In nuce*: la chimica classica studia le trasformazioni delle sostanze utilizzando principalmente altre sostanze, la chimica moderna aggiunge a questo tipo di procedure conoscitive un nuovo e diverso ambito: lo studio delle sostanze mediante la loro interazione con campi elettromagnetici (leggi: le innumerevoli spettroscopie, la strutturalistica con i raggi X, etc.).

Nello stesso contesto — dell'uso dei campi — si sono acuiti i problemi gemelli dell'autonomia epistemologica dalla fisica quantistica e delle gerarchie accademiche. Queste ultime, per altro, sono state messe in forse anche dall'atteggiamento estremamente aggressivo della biologia molecolare, che ha prodotto un effetto inaspettato: il tentativo di annettere la biochimica alle scienze della vita. Mi pare che non manchino le motivazioni culturali per cercare di capire su quali fondamenti si basi ora la chimica.

Per quanto riguarda il terzo ordine di ragioni per coltivare la storia della chimica contemporanea vorrei richiamare una questione storiografica generale. Non dovrebbe essere possibile scrivere una storia sociale ed economica dei nostri tempi senza tener conto dell'impatto vertiginoso che la chimica ha avuto sia sulla produzione materiale sia sulla riproduzione/moltiplicazione dell'umanità stessa. Il punto triplo fra scienza, industria e mercato è stato praticamente ignorato, e per quanto riguarda l'Italia l'unico studio importante è quello di Nicoletta Nicolini.<sup>2</sup>

A conclusione di questa sezione non posso non rilevare che lo studio della chimica contemporanea pone notevoli difficoltà metodologiche, prima fra tutte il fatto che si deve mettere in discussione la *propria* cultura chimica. Mi iscrissi a chimica nel 1959, e ho fatto ricerca ed insegnato ininterrottamente dal 1964, ma attraverso i miei insegnanti e i miei colleghi più anziani il mio coinvolgimento con la chimica del passato va predatato di almeno dieci anni. Rinvio il lettore a un diverso contributo<sup>3</sup> per approfondire questo problema specifico, ed altri aspetti critici della storiografia della scienza contemporanea. Qui sottolineo che, almeno per quanto riguarda l'appartenenza ad una specifica tradizione culturale, i colleghi storici di provenienza 'umanistica' sono certamente avvantaggiati nel poter considerare in modo meno coinvolgente la storia della scienza contemporanea.

Tornando ora al tema della mia relazione va notato che — quasi a contrasto con quanto ho appena detto — lo sviluppo della chimica organica fisica nel periodo che va dal 1900 al 1940 è stato studiato dagli storici più volte e più volte, da diversi punti di vista, compreso quello biografico<sup>4,5</sup> e tematico.<sup>6</sup> Ho scelto per questa con-

<sup>2</sup> N. NICOLINI, *Il pane attossicato. Storia dell'industria dei fiammiferi in Italia, 1860-1910*, Roma: Documentazione Scientifica Editrice, 1997.

<sup>3</sup> F. TURCO, L. CERRUTI, «Charles J. Pedersen e le origini della chimica supramolecolare», *Nuncius*, XV, 2000 (in via di pubblicazione).

<sup>4</sup> (a) M. SALTZMAN, «James Bryant Conant and the Development of Physical Organic Chemistry», *J. Chem. Ed.*, 49, pp. 411-412 (1972); (b) ID., «Arthur Lapworth. The genesis of reaction mechanism», *ib.*, 49, pp. 750-752 (1972); (c) ID., «J.J. Thomson and the Modern Revival of Dualism», *ib.*, 50, pp. 59-61 (1973); (d) ID., «Benzene and the Triumph of the Octet Theory», *ib.*, 51, pp. 498-502 (1974); (e) ID., «The Robinson-Ingold Controversy. Precedence in the electronic theory of organic reactions», *ib.*, 57, 484-488 (1980); (f) ID., «The Bonds of Conformity. W.A. Noyes and the Initial Failure of the Lewis Theory in America», *ib.*, 61, pp. 119-123 (1984); (g) ID., «Sir Robert Robinson - a centennial tribute», *Chemistry in Britain*, June 1986, pp. 543-548; (h) ID., «The development of Physical Organic Chemistry in the United States and the United

ferenza questo argomento così 'sfruttato' anche per una certa insoddisfazione, su cui tornerò, a proposito di tentativi di analisi<sup>7</sup> e di sintesi<sup>8</sup> storiografica.

Prima di iniziare il racconto vero e proprio vorrei ancora avvertire il lettore che la stessa estensione temporale e conoscitiva del tema mi ha imposto di ridurre a livello stenografico le annotazioni biografiche, anche nel caso di scienziati di grande rilievo storico come Thomson, Lewis, Robinson e Ingold. Ho preferito non annullare completamente questo tipo di informazioni per poter suggerire (in stile minimalista) la contestualità di scelte, orientamenti, intenzioni.

## 2. MODELLI E INTERAZIONI

### 2.1. I contributi di J.J. Thomson e di G.N. Lewis

J.J. Thomson (1856-1940) deve la sua duratura fama di grande fisico essenzialmente alla 'scoperta' dell'elettrone del 1897, al modello atomico del 1904, e alle ricerche sui raggi positivi culminate nel 1912 con la determinazione dei primi spettri di frammentazione di molecole organiche.<sup>9</sup> L'interesse degli storici della fisica per Thomson si esaurisce con la discussione di questi 'ultimi' risultati, quasi che il fisico inglese fosse andato in pensione anticipata.<sup>10</sup> In realtà, la 'scoperta' dell'elettrone continuò anche negli anni successivi, attraverso l'esplorazione, prima nelle grandi linee e poi addirittura minuta,<sup>11</sup> che Thomson fece del comportamento degli elettroni nella formazione del legame chimico, e dell'influenza di questo comportamento sulle proprietà molecolari.<sup>12</sup> Nella presente ricerca sulle origini della chimica

Kingdom: 1919-1939, Parallels and Contrasts», *ib.*, 63, pp. 588-593 (1986). Ho preferito raccogliere in un'unica nota tutti i riferimenti ai lavori di Saltzman.

<sup>5</sup> M. CALVIN, «Gilbert Newton Lewis. His Influence on Physical-Organic Chemistry at Berkeley», *J. Chem. Ed.*, 61, pp. 14-18 (1984). Numerosi articoli riguardanti Lewis sono stati pubblicati sul *Journal of Chemical Education* nei quattro fascicoli dal dicembre 1983 al marzo 1984.

<sup>6</sup> (a) G.V. BYKOV, «Historical Sketch of the Electron Theories of Organic Chemistry», *Chymia*, 10, pp. 199-253 (1965); (b) L. GORTLER, «The Physical Organic Community in the United States, 1925-50. An Emerging Network», *J. Chem. Ed.*, 62, pp. 753-757 (1985); S. KIKUCHI, «A History of the Structural Theory of Benzene - The Aromatic Sextet Rule and Hückel's Rule», (c) *ib.*, 74, pp. 194-201 (1997).

<sup>7</sup> M.J. NYE, *From Chemical Philosophy to Theoretical Chemistry. Dynamics of Matter and Dynamics of Disciplines, 1800-1950*, Berkeley: University of California Press, 1993; capp. 7-9.

<sup>8</sup> W.H. BROCK, *The Fontana History of Chemistry*, London: Fontana, 1992, cap. COMPL.

<sup>9</sup> J.J. THOMSON, «Further Experiments on Positive Rays», *Phil. Mag.*, (6) 24, 209-253 (1912).

<sup>10</sup> Si veda a questo proposito un testo esemplare: E.A. DAVIS, I.J. FALCONER, *J.J. Thomson and the Discovery of the Electron*, London: Taylor & Francis, 1997.

<sup>11</sup> J.J. THOMSON, *The Electron in Chemistry, Being Five Lectures Delivered at the Franklin Institute, Philadelphia*, London: Chapman & Hall, 1923.

<sup>12</sup> Di grande importanza fu l'articolo in cui il grande fisico entrava nel merito delle reazioni di sostituzione sull'anello benzenico, e in cui avanzava l'ipotesi che i momenti di dipolo dei sostit-

organica fisica ho deciso di ignorare i primi, tenaci, infruttuosi tentativi dei chimici americani di utilizzare i vari modelli elettronici di atomo proposti da Thomson. Così, per apprezzare la notevole influenza del grande fisico sul pensiero teorico dei chimici, ho seguito la via della sua massima efficacia, aperta in un articolo pubblicato quasi alla vigilia della Grande Guerra.

Il fascicolo del *Philosophical Magazine* del maggio 1914 presentava come articolo d'apertura un ampio saggio di Thomson, le cui primissime parole lasciavano intravedere tutto lo scetticismo dell'autore rispetto ad un rigoroso, definitivo, impegno ontologico sulla costituzione degli atomi: «Se l'atomo è una mistura (*mixture*) di corpuscoli elettrificati negativamente e di elettricità positiva, esso produrrà nelle sue vicinanze un campo di forza elettrica».<sup>13</sup> Questo perché anche quando un atomo contiene quantità eguali di cariche opposte gli effetti non sono perfettamente bilanciati, dato che le cariche risiedono in parti diverse dell'atomo. Le forze agiranno quindi anche su atomi appartenenti ad altre molecole, e anche se qui Thomson sembra totalmente trascurare la questione della reattività chimica (che implica l'azione reciproca fra molecole) la sua conclusione è recisa: «La considerazione della mutua azione fra atomi è forse la parte più importante di qualsiasi teoria atomica, perché da essa dipende la spiegazione della maggioranza dei fenomeni chimici e di quelli fisici».<sup>14</sup>

Nell'articolo vi sono diversi punti che indicano come Thomson si sia inoltrato con decisione nell'universo di discorso dei chimici, pur mantenendo una forte autonomia rispetto a certi canoni accettati del pensiero chimico. Un aspetto di significato generale è l'insistenza dell'Autore sulla necessaria presenza negli atomi di 'doppietti' (noi diremmo dipoli), e sul fatto che la misurazione delle 'capacità induttive specifiche' (noi diremmo costanti dielettriche) permette la classificazione delle sostanze gassose in due categorie, a seconda della presenza o meno all'interno della molecola di cariche separate:

in composti di elementi in violento contrasto (*violently contrasted elements*) alcuni atomi della molecola sarebbero carichi di elettricità positiva, altri di elettricità negativa. [...] chiamerò ioniche le molecole di questo tipo [...] chiamerò ionizzazione intra-molecolare il processo mediante il quale gli atomi diventano carichi.<sup>15</sup>

Questa insistenza sul comportamento come dielettrici delle sostanze troverà una precisa eco oltre atlantico, nella trattazione del modello atomico di Lewis (*vide*

tuenti fossero grandezze additive; cfr.: J.J. THOMSON, «Studies in the Electron Theory of Chemistry. On the changes in chemical properties produced by the substitution of one element or radical by another, with applications to benzene substitutions», *Phil. Mag.*, (6) 46, 497-514 (1923).

<sup>13</sup> J.J. THOMSON, «The Forces between Atoms and Chemical Affinity», *Phil. Mag.*, (6) 27, 757-789 (1914). Si noti che la *positive electricity* non ha un substrato ontologico definito; verso il termine dell'articolo, discutendo un modello di legame chimico Thomson attribuirà agli atomi un *positive core*; ib. p. 782.

<sup>14</sup> Ib., p. 757.

<sup>15</sup> Ib., p. 761.



*infra*), e più tardi in Inghilterra, nel linguaggio stesso adottato da Lowry.<sup>16</sup> Qui Thomson giunge a suddividere le sostanze gassose a seconda che rispettino o meno la relazione Maxwelliana fra costante dielettrica e quadrato dell'indice di rifrazione; troviamo così le molecole di metano e di benzene fra quelle in cui non c'è ionizzazione intramolecolare (molecole apolari); acqua e cloroformio fra quelle in cui c'è separazione di cariche (molecole polari).<sup>17</sup>

Le ultime dieci pagine di questo lungo saggio sono dedicate ad una indagine «sulle condizioni per l'esistenza di un composto chimico e sulla valenza». All'inizio di questa parte Thomson discute la dipendenza dalla temperatura della stabilità delle molecole, affermando che «la questione se una sostanza è 'saturata' o meno dipende essenzialmente dalla temperatura».<sup>18</sup> Per quanto riguarda gli atomi la transizione del modello di Thomson verso un atomo statico è quasi completa: «possiamo considerare un atomo in cui tutti i corpuscoli sono fissati (*fixed*) come incapace di esercitare una grande attrazione su altri atomi intorno [...] un atomo in questo stato è ciò che i chimici chiamano saturo»:

Consideriamo i corpuscoli elettrificati negativamente disposti in un atomo in una serie di strati consecutivi; supponiamo quelli negli strati interni fermamente fissati [...]. Vi può essere, tuttavia, vicino alla superficie un anello di corpuscoli che sono mobili e che debbono essere fissati se l'atomo ha da essere saturato. Supponiamo, inoltre, che il numero di corpuscoli di questo tipo possa variare da 0 a 8, ma che quando il numero raggiunge 8 l'anello sia così stabile che i corpuscoli non siano più mobili e che l'atomo sia per così dire auto-saturato.<sup>19</sup>

A questo punto Thomson collega il numero di «corpuscoli mobili» alla posizione dell'elemento nel sistema periodico, così che gli atomi dei metalli alcalini ne hanno uno, gli alcalino-terrosi due, e così via fino agli alogenuri che ne hanno sette; «elio e neon non hanno corpuscoli liberi». Quando esistono corpuscoli mobili essi non possono essere fissati all'interno dell'atomo cui appartengono, perché «in questo caso il tubo di forza che parte da un corpuscolo dell'atomo ritorna su una carica positiva nello stesso atomo e possiede mobilità considerevole, poiché il corpuscolo al termine di esso può muoversi liberamente nell'atomo». Per essere fissato il tubo di forza deve essere ancorato (*anchored*) a qualcosa che non sia nell'atomo stesso, ovvero «deve terminare su un altro atomo». Thomson giunge così ad un modello di legame chimico tale che «se vi sono n corpuscoli liberi nell'atomo, per fissarli, e quindi per saturare l'atomo, gli n tubi di forza che partono dagli n corpuscoli devono tutti terminare su altri atomi»; quando poi «gli atomi sono elettri-

<sup>16</sup> Vedi più oltre nel testo corrispondente alle note 61 e 65.

<sup>17</sup> Rif. 13, p. 764; sono tabulate venti sostanze. Nel 1912 Peter Debye aveva già sviluppata una *Dipoltheorie*, in riferimento alle differenze fra rifrazione e polarizzazione di molti composti; cfr. S. NEUFELDT, *Chronologie Chemie, 1800-1980*, Weinheim: VCH, 1977, p. 127.

<sup>18</sup> *Ib.*, p. 780.

<sup>19</sup> *Ib.*, p. 781.

camente neutri [...] per ciascun tubo di forza che esce da un atomo un altro deve rientrarvi» proveniendo da un atomo diverso.<sup>20</sup>

Con questo modello descrittivo Thomson si avvicina al concetto (fondamentale) che il legame chimico è dato da un doppietto di elettroni, e tuttavia lo 'manca', arrivando a pronosticare la stabilità della molecola  $H_3$  (un suo *desideratum*), mentre «nell'usuale teoria della valenza  $H_3$  non è possibile». Ma accanto a ciò che poteva suonare ad un orecchio chimico come sciocchezza o svista,<sup>21</sup> si trovava un gioiello, e cioè una formula del benzene tale che «l'anello benzenico [era] completamente simmetrico» e che il legame fra gli atomi di carbonio aveva caratteristiche diverse dai legami nell'etano, nell'etilene e nell'acetilene, in quanto tre elettroni partecipavano a ciascuno dei sei legami dell'anello.<sup>22</sup>

L'articolo di Thomson ebbe sulla comunità dei chimici britannici un impatto 'ritardato', ovvero mediato attraverso l'interesse per la teoria di Lewis. La vicenda è rilevante dal punto di vista della storia delle idee scientifiche, e ne darò un cenno nella prossima sezione. Per quanto riguarda l'aspetto specifico dei modelli atomici, le proposte del fisico inglese sono per noi rilevanti perché spinsero il chimico fisico americano ad approfondire e pubblicare le sue concezioni sull'efficacia di un certo suo modello elettronico per spiegare i fenomeni atomico-molecolari.

Gilbert Newton Lewis (1875-1946) è stato una delle personalità scientifiche più influenti nella chimica del Novecento. Studiò a Harvard con T.W. Richards (1868-1928), senza dubbio il miglior chimico americano del tempo, conseguendo il *Master* nel 1898 e il PhD nel 1899; fece quindi quel viaggio in Europa che (fino al 1939) completava l'educazione scientifica dei giovani ricercatori statunitensi, e lavorò nei laboratori di W. Nernst (1864-1941) e W. Ostwald (1853-1932). Di ritorno negli Stati Uniti fu a Harvard, al M.I.T. e dal 1912 alla Università di California. Nel 1923, un anno importante nel nostro racconto, apparvero due testi di Lewis di grande rilevanza. Con Merle Randal diede alle stampe la *Thermodynamics and the Free Energy of Chemical Substances*, un'opera fondamentale per generazioni di chimico-fisici, e come unico Autore pubblicò un libro sulla teoria elettronica in chimica, *Valence and the Structure of Atoms and Molecules*, che ampliava e argomentava in forma sistematica quanto già proposto in numerosi articoli. È al più importante di questi contributi, pubblicato nel 1916, che limiterò la mia analisi.

L'analisi sarà limitata in un duplice senso, di concentrare l'attenzione su un singolo articolo, per ragioni di spazio, e di ridurre al minimo le mie considerazioni,

<sup>20</sup> *Ib.*, p. 782.

<sup>21</sup> Thomson richiama in vita composti del tipo  $AgCl_n$  (p. 784) in cui sarebbero presenti quelle catene di atomi di cloro che fin dal 1893 Alfred Werner aveva dimostrato essere pura finzione; a questo proposito si potrebbe vedere: L. CERRUTI, «Werner's *Beitrag*, 1893: A Linguistic and Epistemological Analysis», in: G.B. KAUFFMAN (Ed.), *Coordination Chemistry. A Century of Progress*, Washington, DC: ACS, 1994, pp. 43-56.

<sup>22</sup> *Rif.* 13, p. 784.

sempre per le medesime ragioni. Il secondo sacrificio è grave quanto il primo, perché le 23 pagine di «The Atom and the Molecule» sono affascinanti tanto per la ricchezza di idee quanto per la profondità epistemologica.<sup>23</sup> Infatti in tutto il testo si mantiene costantemente uno stile di scrittura piuttosto complesso, di volta in volta espositivo, propositivo, metodologico, autoriflessivo. Per quanto riguarda l'aspetto tematico è stato l'Autore stesso ad orientare il lettore, dividendo il testo in cinque sezioni, non numerate, di cui la prima è senza titolo; un semplice conteggio delle righe ci consente di apprezzare l'ampiezza dell'esposizione dei singoli temi. I dati essenziali della macrostruttura del testo sono riportati in Tabella 1.

Nell'introduzione Lewis sottolinea «la grande importanza di sostituire alla classificazione convenzionale delle sostanze chimiche in inorganiche o organiche la classificazione più generale fra sostanze polari e non polari». Poiché «in un esame più dettagliato della natura di una simile distinzione è indispensabile una qualche teoria della struttura atomica», l'Autore ritiene opportuno «presentare brevemente» una sua teoria che già da anni ha impiegato «nell'interpretazione dei fenomeni chimici». Nelle 26 righe di introduzione Lewis afferma di essere stato stimolato a scrivere il suo contributo dalla lettura dell'articolo di Thomson del 1914 (che ho appena finito di commentare).<sup>24</sup> Si tratta della scelta di un interlocutore privilegiato, e infatti Thomson, unico fra gli autori citati, sarà richiamato altre quattro volte nel testo.

Tutta la prima sezione (20% del testo totale) ha lo scopo di delineare il campo di applicabilità di un modello atomico che privilegi innanzi tutto la mobilità elettronica; elenca così in una tabella undici proprietà che per il diverso grado distinguono le due classi in discussione. La strategia adottata da Lewis per discutere le proprietà elencate nella tabella non segue l'ordine con cui sono elencate.<sup>25</sup> Il nuovo ordine retorico è epistemologicamente molto più stringente, con una evidente scansione epistemologica, infatti l'argomentazione si mantiene in equilibrio fra proprietà delle molecole e proprietà delle sostanze (v. Tabella 2).

Alcuni dei termini usati da Lewis facevano parte di un suo gergo personale, altri hanno conservato il loro senso 'pubblico' da allora fino ai nostri giorni. In ogni caso la retorica dell'Autore è piuttosto sonora: «fra i due tipi [...] le differenze sono tutte dovute ad un'unica causa. Ancora prima di fare qualsiasi ipotesi speciale

<sup>23</sup> G.N. LEWIS, «The Atom and the Molecule», *J. Am. Chem. Soc.*, 38, pp. 762-785 (1916). Da molti anni ho nei cassetti un'analisi completa (meglio: adeguata) del saggio di Lewis; essa fu presentata in parte all'IRRSAE Piemonte, il 6 maggio 1987, con il titolo «Il modello atomico-molecolare di Lewis, 1916. Un'analisi epistemologica».

<sup>24</sup> Rif. 13.

<sup>25</sup> Questa tabella era già stata pubblicata da Lewis nel 1913; ritenne opportuno di inserirla nel nuovo contesto sia per correggere un errore di stampa della precedente versione, sia per far vedere — a Thomson in particolare — che fin da allora aveva ragionato i termini simili a quelli che si stava avviando a presentare al lettore. Cfr: G.N. LEWIS, «Valence and Tautomerism», *J. Am. Chem. Soc.*, 35, 1448-1455 (1913).

Tabella 1 - G.N. Lewis, «*The Atom and the Molecule*», 1916. Macrostruttura.

| <i>Sezione</i> | <i>Righe di testo</i> | <i>Titolo</i>                   | <i>Descrizione</i>  |
|----------------|-----------------------|---------------------------------|---|
| 0              | 26                    | [Introduzione]                  | È posto un problema di classificazione  |
| 1              | 158                   | Polar and Nonpolar Types        | È descritto il dominio di fenomeni in cui è rilevante la mobilità degli elettroni |
| 2              | 324                   | The Cubical Atom                | Sono proposti e discussi sei postulati sulla struttura atomica                    |
| 3              | 353                   | Molecular Structure             | Deduzioni sulla struttura e sulla reattività molecolare, ampliamento del modello  |
| 4              | 86                    | The Color of Chemical Compounds | Applicazione del modello agli spettri infrarossi, nel visibile e ultra-violetti   |

Tabella 2 - G.N. Lewis, «*The Atom and the Molecule*», 1916. Le proprietà dei tipi polare e non polare.

| <i>Livello ontologico</i>           | <i>Proprietà</i>         | <i>Termini descrittivi di Lewis</i>                                      | <i>Iconografia</i> |
|-------------------------------------|--------------------------|--|--------------------|
| Microscopico (Subatomico)           | Proprietà elettronica    | <b>mobile</b>  |                    |
| Microscopico                        | Proprietà molecolari     | <b>reactive</b>  |                    |
|                                     |                          | <b>tautomerism</b>   |                    |
|                                     |                          | <b>association</b> → <b>abnormal liquids</b><br>[proprietà macroscopica] |                    |
|                                     |                          | <b>molecular complexes</b>   |                    |
| Interazione fra molecola e ambiente |                          | →  | Fig. 1             |
| Macroscopico                        | Proprietà delle sostanze | <b>electrophiles</b>   |                    |
|                                     |                          | <b>dielectric constant</b>   |                    |
|                                     |                          | <b>ionized</b>   |                    |
|                                     |                          | <b>ionizing</b>  |                    |

possiamo assumere tranquillamente (*very safely*) che la differenza essenziale fra la molecola polare e quella non polare è che, nella prima, uno o più elettroni sono tenuti da vincoli abbastanza deboli». <sup>26</sup> Ed è appunto da una proprietà degli elettroni che Lewis inizia la sua disamina: «nella molecola polare gli elettroni, essendo mobili, si muovono in modo da suddividere la molecola in parti positive e negative». Poi l'Autore tratta quattro proprietà molecolari, ma da quella dell'associazione fra molecole si sposta per porsi sul livello macroscopico dei «liquidi anormali» (rispetto a calore di vaporizzazione, viscosità, etc.). A questo punto vi è come una pausa nel ragionamento, e il discorso viene esteso al rapporto fra molecola e polarità dell'ambiente; viene anche inserita una figura, meramente qualitativa, ma efficace per sottolineare la relatività del concetto di molecola non polare. Nella Figura 1 è riportato «il grado di polarità di una sostanza come ordinata, e la forza dell'ambiente polare in ascissa». <sup>27</sup> Il rinvio a questa figura rappresenta uno scarto retorico (segnalato nella mia Tabella 1), importante perché sposta l'attenzione del lettore sui sistemi reali e sulla dipendenza della fenomenologia elettronica della singola molecola dal suo *habitat*.

Lewis giunge così alla seconda fase del suo ragionamento, in cui parla «delle proprietà elettriche che distinguono le *sostanze* polari dalle non polari». <sup>28</sup> La sezione si conclude con un'affermazione molto decisa: «osservando l'intero campo dei fenomeni chimici siamo, io credo, forzati a concludere che la distinzione fra i tipi più estremi, polare e non polare, è solo [questione] di grado». <sup>29</sup> Un aspetto conoscitivo per noi rilevante di questa parte dell'articolo risiede nella progressione dal livello microscopico a quello macroscopico, il tutto programmaticamente ricondotto ad un'*unica causa* che agisce nel livello più profondo — l'elettronico. <sup>30</sup>

L'articolo che stiamo discutendo è tra i più noti nella storia della chimica del Novecento perché propose il *Cubical Atom*, modello famosissimo e utilissimo. Ho ripreso dal testo originale la Figura 2, che presenta con estrema nitidezza il 'funzionamento' del modello atomico dell'Autore, e ho sintetizzato in Tabella 3 il signi-

<sup>26</sup> Rif. 23, p. 764; sottolineatura mia.

<sup>27</sup> *Ib.*, p. 765.

<sup>28</sup> *Ib.*, p. 766; sottolineatura mia.

<sup>29</sup> *Ib.*, p. 767.

<sup>30</sup> Si noti che il termine *electrophiles* in Tabella 2 è un sostantivo plurale, come *complexes*. L'Autore fin dal 1906, in un lavoro sulla conducibilità di soluzioni in iodio liquido, aveva definito le proprietà di un 'elettrofilo', una sostanza appartenente ad una classe particolare, come un 'acido' o un 'elettrolita': «una sostanza (*Substanz*) composta di due parti: fortemente negativa e positiva»; cfr. G.N. LEWIS, P. WHEELER, «Die elektrische Leitfähigkeit von Lösungen im flüssigen Jod», *Z. phys. Chem.*, 56, pp. 179-211 (1906), alla p. 189. Nel testo del 1906, la frase continuava «... nel senso di Abegg and Bodländer»; Lewis rinviava ad un importante articolo del 1899 dei due chimico-fisici tedeschi, che a meno di due anni dalla scoperta dell'elettrone avevano elaborato una prima teoria elettronica dell'elettroaffinità; cfr. R. ABEKG, G. BODLÄNDER, «Die Elektroaffinität, ein neues Prinzip der chemischen Systematik», *Z. anorg. Chem.*, 20, 453-499 (1899).

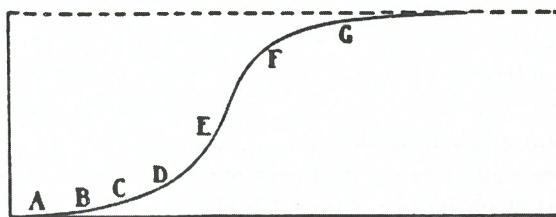


Figura 1

ficato dei sei postulati su cui Lewis fonda il *Cubical Atom*. Riporto qui integralmente il testo del terzo postulato, il più famoso:

3. L'atomo tende a mantenere un numero pari di elettroni nel guscio (*shell*), e in particolare a mantenere otto elettroni che sono di solito disposti simmetricamente, agli otto vertici di un cubo.<sup>31</sup>

Ovviamente è proprio la stessa articolazione di questi postulati che evidenzia l'*alto livello teorico* del contributo del chimico-fisico americano.

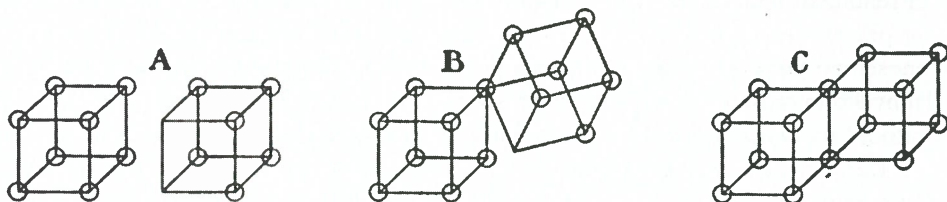


Figura 2

Per quanto riguarda il legame chimico esso è presentato appunto in Figura 2, dove da sinistra a destra 'vediamo' il processo di formazione di una molecola  $I_2$  a partire dagli ioni  $I^-$  e  $I^+$ . Qui sono evidenti le origini elettrochimiche del pensiero di Lewis, ma nello stesso tempo risulta chiarissimo che il legame nella molecola  $I_2$  è dovuto ai «due elettroni comuni».<sup>32</sup> Il concetto fondamentale della coppia di elettroni condivisi è ripreso più volte nel testo, insieme alla possibilità che — comunque — si abbia una distribuzione ineguale di cariche:

Per esprimere questa idea di unione chimica in simboli suggerirei di usare due punti [...] per rappresentare i due elettroni che agiscono come collegamento fra i due atomi. Così possiamo scrivere  $Cl_2$  come  $Cl : Cl$ . Se in certi casi desideriamo mostrare che un atomo della

<sup>31</sup> Rif. 23, p. 768.

<sup>32</sup> Ib., p. 775.

molecola è *in media* caricato negativamente possiamo spostare i due punti più vicino all'elemento negativo. Così possiamo scrivere Na :I, e I :Cl.<sup>33</sup>

Lewis vuole essere certo di essere stato ben compreso e insiste:

È evidente che il tipo di unione che ho descritto finora, sebbene coinvolga due elettroni tenuti in comune da due atomi, ciò non di meno corrisponde al legame singolo come è usato comunemente nelle formule grafiche.<sup>34</sup>

Il ricordo che Lewis cerca tenacemente con la tradizione chimica non è solo strumentale rispetto alla comprensione del testo da parte dei chimici non impegnati nella ricerca teorica, esso ha per il chimico fisico americano un valore conoscitivo *per se*. Infatti, se il legame semplice e doppio sono facilmente interpretati nei termini di uno spigolo o di una faccia messi in comune, di fronte al problema di spiegare il legame triplo Lewis ricorre ad un espediente modellistico che, nello stesso momento in cui viene realizzato, collega l'Autore con il ricco passato della chimica classica e lo 'proietta' nel futuro dell'accoppiamento di spin — una proprietà ancora da scoprire.

Tabella 3 - I sei postulati di Lewis, 1916.

|     | Tema del Postulato    |                                       |                           |                         | Intenzioni conoscitive di Lewis                    |
|-----|-----------------------|---------------------------------------|---------------------------|-------------------------|--|
|     | Struttura elettronica | Proprietà della struttura elettronica | Proprietà degli elettroni | Le forze                |  |
| <1> | <b>Nocciolo</b>       | Inalterabile nel nocciolo             |                           |                         | Spiegano il mutamento chimico                      |
| <2> | <b>Guscio</b>         | Variabile nel guscio                  |                           |                         |  |
| <3> |                       |                                       | <b>Parità</b>             |                         | Spiegano le proprietà degli atomi e delle molecole |
| <4> |                       | <b>Compenetrabilità</b>               |                           |                         |  |
| <5> |                       |                                       | <b>Mobilità</b>           |                         |  |
| <6> |                       |                                       |                           | <b>Forze modificate</b> | Costituisce lo scarto epistemologico               |

<sup>33</sup> Ib., pp. 776-777; corsivo aggiunto.

<sup>34</sup> Loc. cit.

Il chimico fisico americano afferma (retoricamente) di farsi guidare solo dalla fenomenologia chimica, e che la «loro interpretazione migliore in termini di struttura atomica» lo ha portato a considerare «una disposizione piuttosto diversa del gruppo di otto elettroni», almeno nel caso delle «sostanze maggiormente non polari». Lewis invita il lettore a considerare la Figura 3, in cui gli spigoli in neretto rappresentano la posizione iniziale delle quattro coppie di elettroni condivise da un atomo di carbonio saturo e quattro altri atomi con cui è legato (con una geometria tetraedrica). A questo punto, con un'operazione concettuale magistrale l'Autore scrive:

se ora assumiamo [...] che ciascuna coppia di elettroni abbia una tendenza ad avvicinarsi, forse per una forza magnetica[, andando] ad occupare le posizioni indicate dai cerchi punteggiati, allora noi abbiamo un MODELLO che è meravigliosamente adatto a rappresentare tutte le caratteristiche dell'atomo di carbonio.<sup>35</sup>

Con l'esito straordinario di questo 'movimento' Lewis non solo riesce a spiegare «il fenomeno della libera mobilità attorno un legame singolo», ma propone un'interpretazione elettronica integrale della tradizione di chimica organica, la più ricca di successi, sperimentali e teorici:

il gruppo di otto elettroni in cui le *coppie (pairs)* sono disposte simmetricamente attorno al centro dà identicamente il MODELLO dell'atomo di carbonio tetraedrico che è stato di così notevole utilità attraverso l'intera chimica organica.<sup>36</sup>

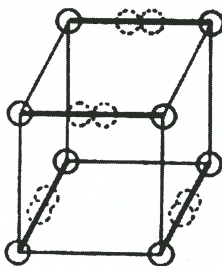


Figura 3

L'aspetto autoriflessivo dello stile di Lewis è evidente in parecchi punti dell'articolo, diventa estremamente significativo al termine della terza sezione, quando l'Autore si presenta in prima persona, e valuta il significato epistemologico della propria proposta:

<sup>35</sup> Ib., p. 780; ho aggiunto il maiuscolo.

<sup>36</sup> Loc. cit.; corsivo di Lewis, maiuscolo mio.



questo breve resoconto della TEORIA della struttura atomica e molecolare potrebbe essere esteso quasi indefinitamente [...] ma credo che si sia detto abbastanza per mostrare come, mediante IPOTESI semplici, possiamo spiegare i più diversi tipi di unione chimica e come possiamo costruire MODELLI che illustrano la transizione continua fra le sostanze più polari e quelle più non-polari.<sup>37</sup>

Dicevo all'inizio di questa parte dedicata a Lewis che il suo stile di scrittura era molto complesso, pur rimanendo chiaro, comprensibile, efficace. Nella prossima sezione vedremo in qual modo le sue proposte furono reinterpretate dai chimici organici inglesi.

## 2.2. Un'amicizia: R. Robinson e A. Lapworth

La figura di Robert Robinson (1886-1975)<sup>38</sup> è indubbiamente fra le più interessanti della chimica contemporanea, sia per i contributi decisivi dati alla nascita della chimica organica fisica, sia per quegli studi sui composti organici naturali che gli valsero il premio Nobel per la chimica nel 1947. Robinson si iscrisse nel 1902 all'Università di Manchester per seguire gli studi di chimica, trovando subito un forte incentivo nelle splendide lezioni di W.H. Perkin (1860-1929). Lavora nel laboratorio diretto da Chaim Weizmann (1874-1952), con cui si lega in rapporti di amicizia; in questo stesso laboratorio incontra Gertrude Walsh, assistente di Weizmann, che diventerà poi sua moglie. Ottiene il diploma nel 1905, e diventa *lecturer* nel 1909, lo stesso anno in cui Arthur Lapworth (1872-1941), a Manchester fin dal 1904, diventa *senior lecturer*.<sup>39</sup> Fra i due scienziati nasce un reciproco interesse professionale, rinsaldato da un comune amore per Mozart,<sup>40</sup> ma è Robinson ad essere particolarmente incuriosito dallo speciale intuito che Lapworth sembra possedere per prevedere l'andamento delle reazioni. Così Robinson viene introdotto dal nuovo — e più anziano — collega ad un modo di considerare la reattività organica basato sulla presenza nelle strutture di polarità alternate latenti, dovute alla diversa elettronegatività degli atomi costituenti le molecole. Era una concezione che in parte si rifaceva alla teoria delle affinità latenti di Thiele, e che malgrado il carattere puramente qualitativo sembrava avere una certa efficacia predittiva.

Nella nostra ricerca non è utile seguire i due scienziati nella loro carriera professionale. Ci basta ricordare che Robinson nel 1912 sposa Gertrude Walsh e ottiene la sua prima cattedra a Sidney, mentre nel 1913 Lapworth succede a Perkin sulla cattedra di chimica organica di Manchester. Robinson fu a lungo accademicamente inquieto, occupando non meno di cinque diverse cattedre in 17 anni;<sup>41</sup> mal-

<sup>37</sup> *Ib.*, pp. 782-783; maiuscoletto mio.

<sup>38</sup> *Rif.* 4 (e), (g).

<sup>39</sup> *Rif.* 4 (b); *Rif.* 7, p. 176.

<sup>40</sup> Robinson era un ottimo pianista e Lapworth suonava il violino. *Rif.* 7, p. 177.

<sup>41</sup> *Rif.* 38.

grado questo girovagare, nel periodo più intenso dei suoi interessi teorici il grande chimico inglese fu ancora a Manchester, dal 1922 al 1928, proprio sulla cattedra di chimica organica, lasciata da Lapworth che era divenuto professore di Chimica fisica e inorganica, nonché direttore del Dipartimento. In seguito allo 'sbarco' in Inghilterra della teoria elettronica di Lewis, questi anni si dimostreranno cruciali per la nascita della chimica organica fisica, ma prima di giungere ad essi conviene fermarsi almeno su un paio di lavori precedenti di Robinson, in modo da avere un riferimento sulle possibilità interpretative di un 'pensiero parallelo' a quello del chimico fisico americano.

In collaborazione con Ellice Hamilton, nel 1916, Robinson pubblicò un articolo sulla costituzione di certi sali organici, come parte di una serie riguardante la teoria delle reazioni di addizione a sistemi insaturi coniugati. Nel corso della ricerca gli Autori si erano convinti che certe trasformazioni nella struttura delle molecole diventavano più comprensibili se si ammetteva la formazione preliminare di anelli mediante l'intervento di valenze parziali. Hamilton e Robinson riferivano le «valenze parziali» a ciò «che può essere chiamato l'insaturazione del legame semplice». La trasposizione pinacolonica poteva essere assunta come modello. Ho ripreso in Figura 4 la rappresentazione grafica e il testo (inseparabile!) con cui gli Autori hanno argomentato la loro congettura. Commentando l'ultimo 'stadio' della trasposizione essi affermano: «la medesima condizione può ovviamente essere raggiunta con tre altri percorsi simili. L'ultimo stadio (*stage*) ha già lo stesso arrangiamento della pinacolona, che è ottenuto mediante un movimento di elettroni». <sup>42</sup> Le formule di Hamilton e Robinson rappresentano bene la dinamica di questo movimento di elettroni, assumendo che vi sia una preliminare disponibilità di valenze parziali, palesemente qui aggiuntive <sup>43</sup> rispetto al legame semplice e di esso più 'mobili'.

Sulla mobilità degli elettroni, adesso connessa con una polarità dei legami, Robinson tornò nel 1920, in una memoria letta alla Società letteraria e filosofica di Manchester, e poi pubblicata sui *Memoirs* della Società con il titolo «La coniugazione delle valenze parziali». Qui l'Autore sosteneva che il prerequisito di ogni mutamento chimico era «l'attivazione di una o più molecole», e che questo avveniva «mediante la coesione e il riarrangiamento delle valenze, molto probabilmente un sinonimo dei cambiamenti nella posizione di elettroni». Robinson affermava che «la rappresentazione del fenomeno di coniugazione e di addizione ai sistemi coniugati è molto semplificata dall'uso della teoria della valenza divisibile e polare», e

<sup>42</sup> E.E.P. HAMILTON, R. ROBINSON, «An Extension of the Theory of Addition to Conjugated Unsaturated Systems. Part I. Note on the Constitution of the salts of 1-Benzylidene-2-methyl-1:2:3:4-tetrahydroisoquinoline», *J. Chem. Soc.*, pp. 1029-1038 (1916). Nella lettura dell'articolo la presenza della guerra in corso si sente subito, nella prima pagina: «L'indagine su questa sostanza è stata inevitabilmente interrotta, ma sarà ripresa non appena sarà possibile».

<sup>43</sup> Saltzman sostiene invece che per Robinson le valenze parziali derivavano da quelle normali, e non erano ad esse aggiuntive; cfr. Rif. 4 (e).

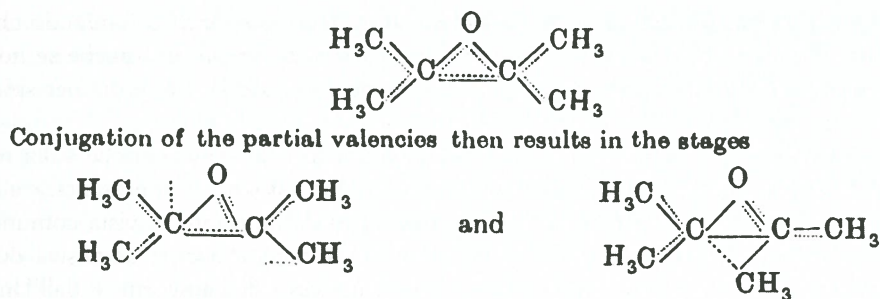


Figura 4

concludeva che assumendo la suddivisione della valenza le reazioni potevano essere rappresentate come se «fossero quasi continue e con molte fasi intermedie». <sup>44</sup> Si sente qui come i ragionamenti sugli 'stadi' delle reazioni, descritti esemplarmente in Figura 4, siano approdati ad una descrizione della reazione come un processo continuo. Per questa *representation* Robinson non utilizza ancora nessun modello atomico definito, e gli elettroni sono chiamati in causa come referenti ontologici generici, enti sub-atomici portatori di cariche. Essi assumeranno un significato molto più preciso l'anno successivo, quando Langmuir terrà a Edimburgo una conferenza che si rivelerà di grande impatto sulla comunità dei chimici britannici.

### 2.3. Da Edimburgo a Cambridge, 1921-1923

In Europa e negli stessi Stati Uniti molti chimici vennero a conoscenza dell'esistenza del modello atomico di Lewis attraverso il lavoro di applicazione, estensione e divulgazione di Irving Langmuir (1881-1957). L'attività pubblicitaria intensa e le numerose conferenze del chimico americano attrassero l'attenzione della comunità sulla teoria di Lewis, di certo a vantaggio della diffusione del modello, ma con modalità che misero decisamente in ombra il contributo del suo creatore. In ogni modo fu proprio attraverso questa attività divulgativa che la comunità britannica prese contatto con l'euristica di Lewis: un atomo 'cubico', con una configurazione stabile di otto elettroni, e il *legame chimico* normalmente costituito da una coppia di elettroni. Langmuir infatti fu invitato dalla British Association for the Advancement of Science a tenere una conferenza plenaria davanti alle sezioni di chimica e di fisica della Associazione, riunite in seduta congiunta. Lapworth ebbe anche occasione di interagire direttamente con il chimico americano, e gli espose la propria teoria delle polarità alternate; non senza ironia sulle pretese 'onnivore' di

<sup>44</sup> Cit. in Rif. 4 (e), e in Rif. 7, pp. 185-186.

Langmuir Lapworth mise al corrente Robinson di questo contatto, affermando che Langmuir era sicuro di poterci lavorare sopra (*is sure to be 'on' it*) «anche se non ha la più pallida idea (*a ghost of an idea*) di come applicare la sua teoria per spiegare i 'principi'». <sup>45</sup>

Sull'onda di un simile rinnovato interesse per le riflessioni teoriche sulla reattività organica i due amici decisero di unire i loro sforzi, e di presentare alla Chemical Society due contributi separati, ma scritti da un punto di vista comune. L'11 gennaio 1922 la redazione del *Journal of the Chemical Society* acquisiva due manoscritti inviati formalmente da Manchester, nel caso di Lapworth, e dall'Università scozzese di St. Andrews, nel caso di Robinson. Uno degli aspetti più evidenti del coordinamento dei due articoli è la presenza di ampie introduzioni, corredate da dettagliate bibliografie, e atte a fare il punto sulle proposte precedenti a proposito di «una teoria definita della valenza» e dell'«applicazione delle concezioni elettriche alle reazioni dei composti del carbonio», <sup>46</sup> nonché sulle molte notazioni grafiche in uso e sulla «base fisica comune» finora mancante in tutte le teorie connesse alle notazioni stesse. <sup>47</sup> Le indicazioni bibliografiche sono per noi importanti (come lo erano per il lettore di allora) perché chiariscono quali fossero i riferimenti essenziali dei nostri due Autori. L'articolo di Lapworth inizia attribuendo i grandi, recenti progressi teorici a tre ricercatori: Thomson, Lewis e Langmuir — nell'ordine — e prosegue citando i numerosi chimici che in vario modo hanno utilizzato teorie 'elettriche'. Robinson insiste in particolare sul rapporto strettissimo fra notazione e teoria, e al termine di una precisa disamina indica l'obiettivo che si è dato, e i referenti che si è scelto:

Mentre tutte queste teorie e i loro corrispondenti strumenti (*devices*) di simbolizzazione si sono dimostrati utilizzabili (*serviceable*) come ipotesi di lavoro, manca un legame che le connetta nella forma di una base fisica comune, ed è scopo della presente comunicazione suggerire che un simile legame può essere trovato nella teoria di Thomson e di Lewis-Langmuir. <sup>48</sup>

Questa lunga citazione riprende un passo cruciale nel testo di Robinson. In effetti l'Autore offre al suo lettore due diversi percorsi teorici che pure confluiscono nel suo tentativo di comprensione. Il primo percorso è nel testo, connotato da una connessione con la teoria delle valenze parziali, e presenta questa successione di

<sup>45</sup> Lettera di Lewis a Robinson, 17 giugno 1922; cit. in Rif. 7, p. 186; i 'principi' a cui Lapworth si riferisce sono quelli espressi nella già ricordata comunicazione alla Manchester Philosophical Society, primo fra tutti il «principio delle polarità alternate indotte».

<sup>46</sup> A. LAPWORTH, «A Theoretical Derivation of the Principle of Induced Alternate Polarities», *J. Chem. Soc.*, 121, pp. 416-427 (1922), alla p. 416.

<sup>47</sup> W.O. KERMACK, R. ROBINSON, «An Explanation of the Property of Induced Polarity of Atoms and an Interpretation of the Theory of Partial Valencies on an Electronic Basis», *J. Chem. Soc.*, 121, pp. 427-440 (1922), pp. 427-428.

<sup>48</sup> *Ib.*, p. 428.

autori: Thiele, Flürscheim, Vorländer, Michael, Lapworth, Werner, dopo i quali, in un paragrafo successivo, si legge il testo che ho riportato, e che contiene i nomi di Thomson, Lewis, e Langmuir.<sup>49</sup> Questa linea argomentativa non contiene indicazioni bibliografiche precise. Il secondo percorso è in una nota — questa sì bibliografica — posta al termine del passo citato. Qui i riferimenti sono precisi, e indicano un'attenzione rigorosa alle proposte originali di chimici e fisici; così incontriamo Abegg e Bodländer (1899), Abegg (1904), Thomson (1903, 1904, 1906, 1921), Ramsay (1908), Lodge (1904), Lewis (1916), Langmuir (1919, 1920),<sup>50</sup> Kossel (1920). L'apprezzamento del contributo di Thomson è particolarmente caloroso:

nello sviluppo del moderno punto di vista elettronico della natura della valenza il ricercatore (*worker*) di maggior influenza è stato Sir Joseph Thomson, la cui teoria sulla natura del legame chimico comprende tutti gli aspetti che sono effettivamente essenziali per l'interpretazione dei simboli impiegati dai chimici organici.<sup>51</sup>

Ma, al di là del riconoscimento all'opera rilevante di uno scienziato di fama, non ci deve sfuggire in questa citazione un tratto di estrema rilevanza epistemologica: Robinson si propone un'*interpretazione dei simboli* già in uso nel dialetto scientifico dei chimici organici, evidenziando così una *precedenza epistemica della rappresentazione rispetto all'interpretazione*. Per quanto riguarda i contenuti degli articoli di Lapworth e Robinson dobbiamo limitarci ad un minimo di sintetiche indicazioni.

Se Lapworth parla di «interpretazioni della valenza basate sui moderni punti di vista elettronici», nel suo caso si tratta anche di riformulare il *proprio* punto di vista: «L'autore, nel compilare tutti i precedenti articoli, aveva in mente il più vecchio punto di vista che legami e valenze denotassero qualcosa della natura dei tubi di forza», ora si può mantenere una simile concezione anche «quando la combinazione chimica sta per essere generalmente accettata come associata con la condivisione di elettroni da parte degli atomi».<sup>52</sup> Qui, come altrove, l'Autore richiama con una certa indifferenza modellistica entrambe le proposte, di Thomson e Lewis. Un altro punto rilevante è il tentativo di Lapworth di collegare il suo concetto di 'atomi chiave', gli iniziatori delle polarità alternate nelle strutture molecolari, con «l'ordine dell'affinità degli elementi [...] per gli elettroni nei loro strati esterni ('ottetti')».<sup>53</sup>

<sup>49</sup> In realtà i due chimici inglesi indicano percorsi teorici diversi, come si vede anche dalla semplice successione degli Autori citati. La sequenza di Lapworth è: Thomson, Lewis, Langmuir, Fry, Robinson, Conant, Prins, Vorländer. Una discussione anche minimale di queste genealogie ci porterebbe troppo lontani. Per Bernard Flürscheim (1874-1955), una figura comunque rilevante nel mio racconto, rinvio al Rif. 8, pp. 518-519.

<sup>50</sup> Robinson indica quattro lavori di Langmuir, due per ciascuno degli anni indicati. La verbosità di Langmuir prevale sul rigore di Lewis.

<sup>51</sup> Rif. 47, p. 428.

<sup>52</sup> Rif. 46, p. 422.

<sup>53</sup> *Ib.*, p. 425; si sente qui un'eco precisa della proposta di Abegg e Bodländer citata al Rif. 30.

Anche Robinson discute la polarità delle molecole in termini di elettronegatività: «la presenza di O, N, Cl, in qualsiasi posizione in una molecola accresce il potere di trattenere elettroni da parte dell'intera composizione (*assemblage*)»; così pure utilizza contestualmente i tubi di forza di Thomson e gli ottetti di Lewis e Langmuir. Ma vi sono nel suo contributo diversi altri punti più importanti per il successivo sviluppo della chimica organica fisica. In primo luogo è chiaramente indicata la possibilità che certe strutture molecolari abbiano una distribuzione di cariche oscillante fra distribuzioni diverse; in questi casi «il sistema è probabilmente oscillante, con gli atomi di carbonio terminali che diventano a turno debolmente elettropositivi e elettronegativi».<sup>54</sup> Questa oscillazione si basa sulla concezione di una mobilità degli elettroni che assume un ruolo cruciale nel caso della struttura elettronica del benzene. Le due formule di Kekulé sono re-interpretate con legami carbonio-carbonio costituiti alternativamente da una e due coppie di elettroni, ma esse sono derivate a loro volta da una terza in cui tutti i legami sono identici fra di loro e sono dati da tre elettroni condivisi da ciascuna coppia di atomi di carbonio contigui («sesquivalenze»). Il testo che illustra le strutture elettroniche di Figura 5 è il seguente: «si vede che la relazione di XI con la formula di Kekulé XII è notevolmente stretta, e che coinvolge il movimento di elettroni, non da atomo ad atomo, ma semplicemente verso nuove posizioni in tre ottetti».<sup>55</sup>

Strutture elettroniche analoghe sono discusse anche nel caso del naftalene e dell'antracene; qui l'Autore parla esplicitamente di «fasi più stabili o medie» nella «configurazione (*arrangement*) degli ottetti».<sup>56</sup> Un altro punto dell'argomentazione di Robinson — di grande importanza — riguarda l'attribuzione a *two salt-forming electrons* della formazione di sali da parte delle ammine. La funzione di questi *free electrons*<sup>57</sup> è discussa dall'Autore in diversi parti dell'articolo; così viene indicato chiaramente il loro coinvolgimento nei sistemi insaturi: «la relativa, normale, instabilità degli elettroni liberi dell'atomo di azoto rende conto della facilità con cui entrano nei sistemi coniugati».<sup>58</sup> Di questi elettroni liberi Robinson dà anche una «notazione convenzionale», che è opportuno riportare nella forma originale (vedi Figura 6), in quanto dovremo riferirci ad essa anche nella prossima sezione, dedicata alla polemica fra Robinson e Ingold. Nell'esposizione originale del nostro Autore le formule di Figura 6 sono presentate in una nota a piè di pagina, richiamata dall'asterisco posto accanto alla struttura XI di Figura 5. In questa notazione «un elettrone singolo» è rappresentato da un punto, «due elettroni da un legame

<sup>54</sup> Rif. 47, p. 433.

<sup>55</sup> Ib., p. 437. A p. 428 Robinson aveva scritto: «La formula del benzene data a p. 437 è già stata proposta da Thomson».

<sup>56</sup> Ib., p. 438; in più punti dell'articolo specifiche «costituzioni elettroniche» sono definite come «fasi», più o meno stabili.

<sup>57</sup> È da questo contesto che ho ricavato il titolo della presente relazione.

<sup>58</sup> Rif. 47, p. 434.

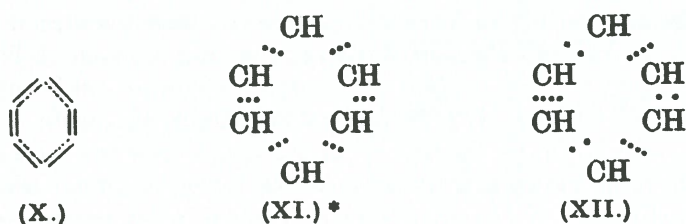


Figura 5

ordinario»; le formule di Figura 6 rappresentano rispettivamente le «costituzioni elettroniche di chetene, acido propioloico, carbilamina, formonitrile, nitrosodimetilammina, cloruro di benzenediazonio». <sup>59</sup> Si vede chiaramente che coppie di elettroni mobili sono presenti sugli atomi di carbonio, azoto, ossigeno e cloro.

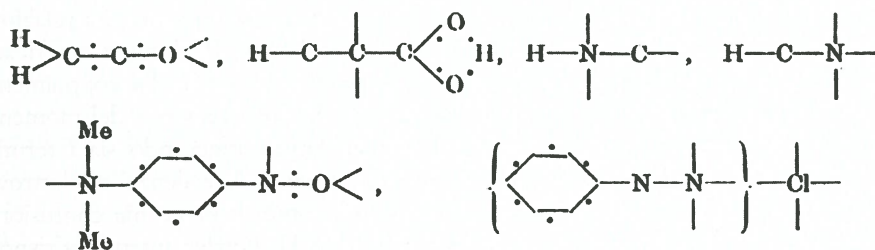


Figura 6

Ovviamente Lapworth e Robinson non furono gli unici esploratori del vasto territorio conoscitivo aperto nella chimica organica dai modelli elettronici di Thomson e Lewis. Nel 1920 Thomas Martin Lowry (1876-1938) era stato chiamato a ricoprire la prima cattedra di chimica fisica istituita a Cambridge; <sup>60</sup> nel 1923 pubblicò un notevole articolo sulla polarità dei doppi legami, le cui parole iniziali stabilivano la tesi dell'intero contributo: «Scopo di questo articolo è di suggerire che, mentre un legame singolo può essere o una covalenza o un'elettrovalenza, un doppio legame in chimica organica di solito reagisce come se contenesse (*contained*) una covalenza e un'elettrovalenza». <sup>61</sup> La reattività dei doppi legami era ricondotta ad una polarizzazione, in cui un paio di elettroni in un doppio legame

<sup>59</sup> *Ib.*, p. 437.

<sup>60</sup> *Rif.* 4 (h).

<sup>61</sup> T.M. LOWRY, «Studies of Electrovalency. Part I. The Polarity of Double Bond», *J. Chem. Soc.*, 123, pp. 822-831 (1923); il primo riferimento bibliografico di questa nota è all'articolo di Lewis del 1916.

diventano 'proprietà' di un solo atomo di carbonio.<sup>62</sup> È questo tipo di 'proprietà' che era stata descritta da Robinson tre anni prima nelle formule di Figura 6, ma senza l'indicazione di cariche. Nello stesso anno la congettura di Lowry fu 'corroborata' dai dati sperimentali raccolti da un suo allievo, impegnato nel conseguimento del PhD — con qualche ritardo per aver partecipato alla guerra come ufficiale di artiglieria. Si trattava di Ronald G.W. Norrish (1897-1978),<sup>63</sup> che aveva studiato la cinetica della reazione di addizione all'etilene del bromo in fase vapore; la reazione era stata condotta in un recipiente di vetro con le pareti ricoperte di acido stearico, nude, o ancora spalmate con alcool cetilico, cera paraffinica. Il giovane ricercatore aveva così dimostrato che la velocità di reazione diminuiva in modo drammatico nell'ordine indicato dalle sostanze citate, in funzione della diminuzione della 'polarità' delle pareti con cui entravano in contatto i reagenti.<sup>64</sup>

Il 1923 fu un anno particolare per Lowry e per la comunità scientifica inglese. Per celebrare il venticinquesimo anniversario della scoperta dell'elettrone, Lowry e la Faraday Society organizzarono una *Discussion*, che si tenne a Cambridge il 13 e 14 luglio 1923. L'incontro fu dedicato alla «Teoria elettronica della valenza», e la sede fu il Dipartimento di Chimica Fisica di cui Lowry era Direttore. La relazione introduttiva fu tenuta da un invitato d'eccezione, Lewis. Il chimico americano sostenne che «il più fondamentale fenomeno della chimica» era «l'accoppiamento di due orbite elettroniche, con la neutralizzazione del loro campo e del momento magnetico»; si rivolse poi ai problemi di nomenclatura attaccando sia i termini 'polare' e 'non polare' per indicare i legami, sia le parole 'covalenza' e 'elettrovalenza', che gli sembravano un ritorno al passato e fonte di parecchia confusione. Seguirono due altri contributi generali; il primo, di R.H. Fowler, intendeva rispondere ad una serie di questioni sull'atomo di Bohr in relazione al problema della covalenza, questioni poste dall'ospite della *Discussion*, Lowry; il secondo, di N.V. Sidgwick, concerneva la natura del legame non polare. Lowry approfittò decisamente della sua posizione, e fece mettere nei *proceedings* ben tre comunicazioni: una, generale, sull'applicazione della teoria elettronica della valenza alla chimica organica, le altre due sulla ionizzazione intramolecolare nei composti organici<sup>65</sup> e sul trasferimento di affinità chimica attraverso legami semplici.<sup>66</sup> La posizione di Lowry a proposito dei «doppi legami misti», che sarebbero stati costituiti da un legame semplice covalente e da un legame elettrovalente, fu duramente attaccata in una comunicazione congiunta, redatta da Lapworth e Robinson.<sup>67</sup> Per parte sua

<sup>62</sup> *Ib.*, p. 828.

<sup>63</sup> Norrish avrà il premio Nobel per la chimica nel 1967.

<sup>64</sup> Cfr. *Rif.* 151, pp. 99-100.

<sup>65</sup> Qui Lowry esponeva la tesi espressa anche in *Rif.* 61.

<sup>66</sup> Riassunti letti in *Chemisches Zentralblatt*, 1924, vol. II, pp. 417-419.

<sup>67</sup> Alla luce di questo attacco di Robinson a Lowry sembra piuttosto fuorviante quanto ha scritto Saltzman: «Le difficoltà di Robinson con il doppio legame furono alleviate da un suggerimento fatto da Lowry nel 1923»; il 'suggerimento' è quello di *Rif.* 61, espressamente respinto da Robinson e Lewis; la tesi di Saltzman è in *Rif.* 4 (d), p. 501.



Robinson presentò anche un contributo proprio, in cui riprendeva le posizioni già espresse nell'articolo scritto in comune con Kermack,<sup>68</sup> l'articolo fondamentale che ho già commentato a lungo.<sup>69</sup>

Nulla di nuovo emerse dall'incontro di Cambridge, anzi. Tutte le tensioni conoscitive e accademiche esistenti furono semplicemente riaffermate, come gli attacchi di Lewis alla nomenclatura proposta da Langmuir, quelli di Lapworth e Robinson a Lowry o ancora quelli di Jocelyn Thorpe a Robinson: «la teoria della polarità spiega tutto e predice nulla».<sup>70</sup> Nella prossima sezione vedremo alcune fasi di un duro scontro fra Robinson e un più giovane avversario, allievo di Thorpe, uno scontro combattuto sul terreno teorico come su quello sperimentale, alla luce del quale la frase di Thorpe suona come un grido di sfida.

#### 2.4. Polemiche velenose, tensioni fruttuose

Siamo così giunti all'inizio della furibonda controversia che vide come personaggi principali Lapworth e Robinson da una parte e Ingold dall'altra. Si tratta di una sequenza di eventi celebre, se non addirittura leggendaria nella tradizione interna della disciplina,<sup>71</sup> studiata e ripercorsa più volte dagli storici;<sup>72,73</sup> però prima di considerare gli aspetti principali della polemica va introdotta la figura di Christopher Kelk Ingold (1893-1970). Ingold studiò in una sede periferica, lo Hartley University College di Southampto, ma come più tardi Hughes (*vide infra*) ebbe un insegnante eccellente nella persona di D.R. Boyd (1872-1955). Nel 1913, già *postgraduated*, entra nel laboratorio di J.F. Thorpe (1872-1940) all'Imperial College di Londra. Thorpe introduce il giovane allievo nei campi da lui prediletti in chimica organica, i fenomeni di tautomeria e gli *spiro* composti eterociclici. Presto la collaborazione fra i due ricercatori si svolge su un piano di parità scientifica, e si mantiene attiva anche durante la permanenza di Ingold nei laboratori della Cassel Cyanide Company, fra il 1918 e il 1920. Nominato *lecturer* di chimica organica, Ingold si dimostra scienziato di estrema fertilità, e fra il 1920 e il 1924 'completa' il suo primo centinaio di lavori, indulgendo a indagini di estremo dettaglio, come negli otto articoli dedicati all'acido metanotriacetico. Era questo un composto alquanto esotico, sintetizzato da Ingold su richiesta del suo maestro, che ne vedeva la connessione con gli *spiro* composti.<sup>74</sup> In tutta questa massa di lavori Ingold non

<sup>68</sup> Riassunti letti in *Chemisches Zentralblatt*, 1924, vol. II, pp. 573-574.

<sup>69</sup> Rif. 47.

<sup>70</sup> La citazione di Thorpe è tratta dal Rif. 7, p. 190; su Thorpe *vide infra*.

<sup>71</sup> Cfr. Rif. 8, p. 546.

<sup>72</sup> Rif. 4, (e), (g); Rif. 7, pp. 187-193; Rif. 8, 521-531.

<sup>73</sup> D.A. DAVENPORT, «On the comparative unimportance of the invective effect», *Chemtech*, pp. 526-531 (1987).

<sup>74</sup> C.W. SHOPPEE, «Christopher Kelk Ingold», *Biographical Memoirs of the Royal Society*, 18, pp. 349-371 (1972).

dimostrò il minimo interesse per la teoria elettronica della valenza, mentre numerosissimi lavori preparativi erano orientati a corroborare un'ipotesi di Thorpe e Ingold sulla possibile 'deflessione' (*deflection*) delle valenze.<sup>75</sup>

Dato l'orientamento teorico di Ingold, e il suo amore per la più classica delle discipline chimiche, l'organica preparativa, la riunione della Faraday Society del 1923, celebrativa della scoperta dell'elettrone non doveva attrarlo in nessun modo. La presenza di Ingold alla *Discussion* di Cambridge è infatti molto dubbia, in quanto non compare nessun suo intervento nei *proceedings*; solo Nye ne suggerisce la partecipazione, sulla base di una testimonianza (a mio parere) piuttosto incerta, mentre Brock ha scritto con una certa enfasi: «egli [Ingold] si fece notare per l'assenza all'importante discussione della Faraday Society sulla teoria elettronica della valenza».<sup>76</sup> Fu il 1924 ad essere un anno cruciale per Ingold, in quanto fu eletto membro della Royal Society e scelto per la cattedra di chimica all'Università di Leeds. Il 1924 fu per lui anche un anno molto particolare, in un certo senso fatale, perché negli ultimi mesi il trentunenne astro della chimica organica preparativa decise di esordire da protagonista nel campo della chimica organica teorica, utilizzando a questo scopo la tribuna più prestigiosa della chimica britannica, quella della Chemical Society alla Burlington House di Londra. Molti degli articoli pubblicati sul *Journal* venivano prima presentati oralmente in una seduta della Società, e spesso seguivano dibattiti con un'accesa partecipazione del pubblico. Così era già stato nel 1923, quando, a proposito di una certa reazione prototropica Lowry aveva instancabilmente attaccato Ingold, fino al momento di lasciar la sala per prendere l'ultimo treno per Cambridge.<sup>77</sup>

Questo sfondo societario era vivace, e per alcuni aspetti pittoresco, era quindi inevitabile che vi fossero interferenze anche con un ricercatore del rilievo di Robinson. Il 15 agosto 1924 Ingold consegnò una nota su una possibile tautomeria del gruppo ossidrilico, in cui rispondeva con una serie di esperimenti negativi ad una ipotesi sulla mutarotazione degli zuccheri avanzata da Robinson.<sup>78</sup> Nel dicembre 1924 Ingold iniziò il suo attacco alle posizioni teoriche di Lapworth e Robinson, posizioni che malgrado le notevoli differenze egli ritenne sempre simili. La sfida

<sup>75</sup> Shoppee afferma che 25 anni più tardi «molta dell'evidenza prima avanzata in favore dell'ipotesi della deflessione della valenza potè essere spiegata in modo coerente nei termini dell'impedimento sterico»; *ib.*, p. 352.

<sup>76</sup> Per Nye, *Rif.* 7, p. 190; per Brock, *Rif.* 8, p. 508; anche Davenport (*Rif.* 73, p. 528) nota l'assenza di Ingold.

<sup>77</sup> L'aneddoto del treno è raccontato in *Rif.* 74, p. 352; cfr.: J.W. BAKER, C.K. INGOLD, J.F. THORPE, «Ring-chain Tautomerism. Part IX. The Mutarotation of the Sugars», *J. Chem. Soc.*, 125, pp. 268-291 (1924). L'articolo fu consegnato al *Journal* una prima volta il 21 giugno 1923, e una seconda volta, rivisto, il 12 novembre successivo. Nella forma finale la comunicazione contiene una parte matematica di un certo rilievo, dovuta certamente a Ingold.

<sup>78</sup> M.D. FARROW, C.K. INGOLD, «Tautomerism Depending on the Mobility of a Hydroxyl Group. Part I. Open-chain Triad Systems», *J. Chem. Soc.*, 125, pp. 2543-2553 (1924).

consisteva nel predisporre un particolare esperimento di ulteriore sostituzione su un benzene già sostituito, tale che fossero differenti le previsioni dedotte dai modelli che Ingold metteva in opposizione: l'ipotesi di Flürscheim, e un'ipotesi detta di Fry, Lapworth e Robinson.<sup>79</sup> L'articolo fu consegnato alla redazione del *Journal* l'11 dicembre 1924; l'Autore gli aveva impresso, fin dalle prime parole del testo, il carattere di 'manifesto' in favore di una (improbabile) primazia teorica di Flürscheim:

L'ipotesi, avanzata per primo da Flürscheim,<sup>\*</sup> che l'introduzione di un sostituito può dare origine a un effetto che si alterna attraverso un'intera catena di atomi ha incontrato un tale successo nell'interpretazione dei dati della chimica organica<sup>†</sup> che ora nessuno dubita dell'esistenza nelle catene di carbonio di qualche proprietà capace di alternarsi da atomo ad atomo.<sup>80</sup>

Due note punteggiavano questo primo paragrafo dell'articolo. La prima attenuava il primato di Flürscheim («È molto difficile rintracciare i reali inizi di simili idee»), ricordando anche una «regola» proposta da Lapworth nel lontano 1898. La seconda citava cinque articoli di Flürscheim, e un testo di Harold S. Fry (1878-1949), un chimico americano seguace della prima ora del modello di legame polare propugnato da Thomson fino all'articolo del 1914 (*vide supra*). Fry discuteva le proprietà molecolari in termini di distribuzione di elettroni e di cariche atomiche; il nesso suggerito da Ingold con l'ipotesi di Flürscheim era inesistente. Ma Ingold insiste nel costruire una gerarchia epistemologica inconsistente, e afferma subito dopo:

La teoria, tuttavia, è stata avanzata in due forme distinte. Secondo l'ipotesi originale di Flürscheim, è la forza dell'affinità chimica che si alterna. Secondo l'ipotesi delle polarità alternanti, sono le cariche elettriche (reali o latenti) sugli atomi (Fry, Lapworth, Robinson e altri).<sup>81</sup>

Per qualunque lettore che non conoscesse le fonti originali, sulla base dell'indubbia autorità di chi scriveva, Fry e tutti gli altri avevano dato solo un'interpretazione diversa alla teoria di Flürscheim. Tanto più — aggiungeva l'Autore — che «le due ipotesi non necessariamente sono mutualmente esclusive». <sup>82</sup> In ogni caso Ingold aveva individuato nelle reazioni di sostituzione del nitrosobenzene un esperimento che le discriminava, e sulla base dei dati ottenuti poteva affermare che «i risultati favoriscono in modo evidente l'opinione che gli effetti nella sostituzione aromatica dipendono da un'alternanza di quantità di affinità chimica, piuttosto che di qualità elettropolare». <sup>83</sup> Al di là dell'esito ritenuto sfavorevole a Lapworth e Robinson, non ci deve sfuggire il senso della vittoria che Ingold si attribuisce: gli

<sup>79</sup> C.K. INGOLD, «The Nature of the Alternating Effect in Carbon Chains. Part I. The Directive Influence of the Nitroso-group in Aromatic Substitution», *J. Chem. Soc.*, 127, pp. 513-518 (1925).

<sup>80</sup> *Ib.*, p. 513.

<sup>81</sup> *Loc. cit.*

<sup>82</sup> *Ib.*, p. 514. Il gioco delle 'interpretazioni' durerà a lungo. Una versione interessante del gioco sarà analizzata più avanti (v. Tabella 6).

<sup>83</sup> *Ib.*, p. 515.

esperimenti dimostrano *an alternation of quantity, rather than of electropolar quality, of chemical affinity*. In questa frase l'Autore realizza un interessante 'capovolgimento' ontologico: l'affinità chimica è *quantitativa*, mentre sono *qualitative* le diverse cariche nucleari dovute a spostamento di elettroni.

La replica di Robinson al contributo di Ingold fu immediata. Nel numero del 24 dicembre 1924 di un altro giornale societario dei chimici britannici, *Chemistry & Industry*, apparve nella corrispondenza una prima risposta, che dava una spiegazione della sostituzione portata come contro-esempio da Ingold. Era sufficiente ammettere la partecipazione al sistema elettronico dell'anello benzenico del 'paio solitario' (*lone-pair*) di elettroni posseduto dall'atomo di azoto. Un discorso più ampio, che riprendeva questo notevole richiamo all'attività del *lone-pair*, fu pubblicato ancora nel numero del 1° maggio 1925 di *Chemistry & Industry*.<sup>84</sup>

Va (quasi) da sé che la risposta fu ritenuta indeguata da Ingold e contestata con ulteriori esperimenti, questa volta di addizione fra nitrosobenzene e composti insaturi. Fu ora Lapworth a sferrare un contrattacco assai efficace, dimostrando che Ingold, abilissimo preparatore, aveva qui sbagliato nell'identificare i composti di addizione.<sup>85</sup> Ingold però non era uomo da arrendersi facilmente, e riprese il tentativo di 'falsificare' la procedura teorica di Lapworth e Robinson, cercando di sintetizzare composti che costituissero controesempi irrefutabili. In una nota depositata al *Journal of the Chemical Society* l'11 febbraio 1925, Ingold e la moglie (anch'essa chimico di vaglia) trattarono i derivati dell' $\alpha$ -metossivinilbenzene,<sup>86</sup> ma ancora una volta gli avversari riuscirono a giustificare i risultati sperimentali con le loro 'polarità'. La sfida ritenuta definitiva fu lanciata da Holmes e Ingold con un lungo articolo, pesante nei contenuti e nei giudizi, lasciato al *Journal* il 2 maggio 1925. L'antagonista principale era ora Robinson, e l'oggetto più rilevante della ricerca sperimentale era un sale terziario della benzilammina e la benzilammina stessa: per il primo composto la teoria di Flürscheim prevedeva una nitratura in orto e para, per il secondo una nitratura in meta, mentre la teoria di Robinson avrebbe inequivocabilmente previsto il contrario. Gli Autori concludevano la discussione teorica con tono esultante:

Ci sembra che ci sia una sola spiegazione coerente di questi fatti [...]. È stata data prova che l'efficienza degli atomi-chiave «negativi» sta non nell'ordine delle loro affinità elettroniche, ma nell'ordine della loro insaturazione; ci sembra giusto quindi concludere che la proprietà trasmessa è l'insaturazione. Questa è l'essenza della forma di Flürscheim della teoria dell'alternanza.<sup>87</sup>

<sup>84</sup> R. ROBINSON, «Polarization of nitrosobenzene», *Chem. Ind.*, 44, pp. 456-458 (1925).

<sup>85</sup> Rif. 8, p. 527.

<sup>86</sup> C.K. INGOLD, E.H. INGOLD, «The Nature of the Alternating Effect in Carbon Chains. Part II. The Directing Influence of the  $\alpha$ -Methoxyvinyl Group in Aromatic Substitution», *J. Chem. Soc.*, 127, pp. 870-875 (1925).

<sup>87</sup> E.L. HOLMES, C.K. INGOLD, «The Nature of the Alternating Effect in Carbon Chains. Part III. A Comparative Study the Directive Efficiencies of Oxygen and Nitrogen Atoms in Aromatic Substitution», *J. Chem. Soc.*, 127, pp. 1800-1821 (1925); cit. alla p. 1809.

Robinson ammise che i risultati non erano spiegabili, sia sulla base del proprio modello, sia sulla base di quello di Lapworth; tuttavia fu questo il momento in cui sulle colonne di *Chemistry & Industry* si accese un dibattito virulento, punteggiato di insulti (accademici), che durò dal 15 maggio al 9 ottobre 1925.<sup>88</sup> Tralascero ora i dettagli della polemica per mettere in evidenza il carattere di stimolo profondo che essa ebbe sulla riflessione teorica di Robinson. In due articoli, consegnati al *Journal of the Chemical Society* il 6 aprile e il 13 maggio 1925, Robinson offriva alla comunità scientifica diversi contributi fondamentali, destinati a rimanere nel patrimonio chimico di teorie e di notazioni fino ai giorni nostri. Nella prima di queste due memorie, firmata anche da J.W. Armit, discusse la particolare stabilità di gruppi di elettroni («il paio o doppietto, l'ottetto») e sostenne che «il possesso di simili gruppi conferisce stabilità chimica, come è dimostrata ad esempio, da una insaturazione ridotta e da una tendenza a mantenere il tipo [chimico]». Qui giungeva ad una conclusione importante:

Naturalmente queste sono le caratteristiche principali dei sistemi benzenoidi, e qui la spiegazione è ovviamente che sei elettroni sono capaci di formare un gruppo che si oppone alla disgregazione, e che può essere chiamato *sestetto aromatico*.<sup>89</sup>

Il corsivo è nel testo originale, a indicare che gli Autori si rendono perfettamente conto della novità e dell'importanza della proposta. Per meglio orientare il lettore essi inserirono nel testo alcune formule, che ho ripreso in Figura 7 e in Figura 8 dalle pagine del *Journal*. Robinson sottolinea che «l'esistenza del sestetto non coinvolge un cambiamento nella covalenza totale esercitata dagli atomi di carbonio dell'anello, né la teoria [...] richiede qualsiasi particolare assunzione rispetto alla posizione degli elettroni o alle loro orbite nello spazio». Quindi i simboli di Figura 7 rappresentano aspetti particolari del problema e non sono fra di loro inconsistenti: «La prima espressione suggerisce una distribuzione simmetrica degli elettroni nell'anello, e la seconda espressione va considerata un'interpretazione in rapporto alle covalenze».

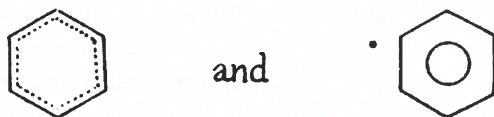


Figura 7

<sup>88</sup> Rif. 73, p. 529.

<sup>89</sup> J.W. ARMIT, R. ROBINSON, «Polynuclear Heterocyclic Aromatic Types. Part II. Some Anydronium Bases», *J. Chem. Soc.*, 127, pp. 1604-1618 (1925); alle pp. 1604-1605.

L'associazione stabile di sei elettroni nel benzene rende conto anche del «carattere *aromatico* della sostanza». <sup>90</sup> Ora diventa necessario per gli Autori generalizzare agli altri idrocarburi aromatici quanto detto sul benzene, e in riferimento al naftalene e all'antracene inseriscono le formule di Figura 8, che così commentano: «l'annullamento dei legami centrali è più apparente che reale, perché questi collegamenti avvengono mediante le covalenze che coinvolgono solo gli elettroni dei sestetti». <sup>91</sup>

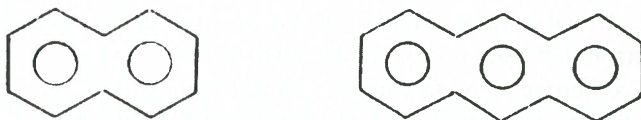


Figura 8

Un ultimo punto dell'articolo di Armit e Robinson merita di essere riportato per la 'modernità' del linguaggio:

Il carattere aromatico del tiofene e del pirrolo richiede che l'etero-elemento contribuisca qualcuno dei suoi elettroni liberi, capaci di formare sali, allo scopo di formare un sestetto, con l'ovvio risultato che il carattere basico di queste sostanze è stato soppresso o diminuito in larga parte. Nelle piridina, tuttavia, il sestetto può essere ottenuto senza il concorso del *doppietto solitario (lone pair)* sull'atomo d'azoto. <sup>92</sup>

Anche qui il corsivo *nel testo originale* sottolinea la rilevanza dell'osservazione. Ma il lettore di quel fascicolo del *Journal* doveva trovare importanti notazioni teoriche anche nel successivo articolo, dovuto sempre a Robinson e ad un suo altro collaboratore, Jnanendra Nath Rây. Qui il discorso è concentrato sugli elettroni non impegnati in legami covalenti formali posseduti da atomi di ossigeno o di azoto, elettroni che fin dal 1922 Robinson chiamava 'liberi'. <sup>93</sup> Da questa mobilità, e a proposito del comportamento degli elettroni nelle molecole organiche, Rây e Robinson trassero due conseguenze che entreranno a far parte del pensiero teorico dei chimici. Come nell'articolo precedente formule 'elettroniche' sono inserite direttamente nel testo, alcune delle quali sono riportate in Figura 9 e Figura 10. La prima osservazione di rilievo, «espressa nei termini della teoria elettronica», è che

ossigeno bivalente e azoto trivalente tendono ad aumentare la covalenza sui loro legami semplici, specialmente quando attaccati a sistemi insaturi, mentre vi è una tendenza a ridurre la

<sup>90</sup> Corsivo nel testo originale.

<sup>91</sup> Rif. 89, p. 1605.

<sup>92</sup> Loc. cit.

<sup>93</sup> Cfr. Rif. 47.

covalenza di ossigeno o azoto con doppi legami. Gli elettroni liberi sull'ossigeno e sull'azoto diminuiscono di numero nel primo caso ed aumentano nel secondo.<sup>94</sup>

Gli schemi di Figura 9 sono così commentati: «L'ossigeno diventa carico nel primo caso positivamente e nel secondo negativamente».<sup>95</sup>

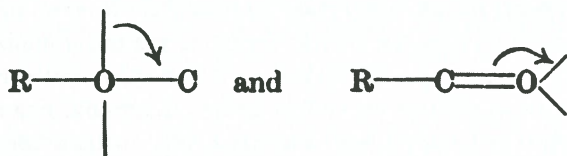


Figura 9

Una volta stabilita la *duplice mobilità* degli elettroni, dagli atomi ai legami semplici e dai legami doppi agli atomi, gli Autori possono descrivere interi 'percorsi' elettronici nelle molecole di sostanze aromatiche, come quello di Figura 10, che è accompagnato da queste parole: «possiamo quindi comprendere bene la parziale neutralizzazione del potere direttivo del metossile da parte di un nitrossile situato nella posizione para».<sup>96</sup>

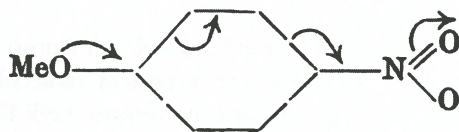


Figura 10

Da quanto abbiamo visto negli ultimi due articoli citati la tensione polemica agevolò il pensiero di Robinson, che ora parlava a pieno titolo di «teoria elettronica», ma la sfida sperimentale di Ingold, che sembrava vincente, lo portò a sondare ulteriormente la propria comprensione del comportamento degli elettroni nelle molecole organiche. Il 18 giugno 1925,<sup>97</sup> a poco più di un mese dalla consegna dell'articolo sulla mobilità dei doppietti solitari, propose davanti alla Chemical

<sup>94</sup> J.N. RAY, R. ROBINSON, «The Nitration of m-Meconine», *J. Chem. Soc.*, 127, pp. 1618-1623 (1925), alle pp. 1618-1619.

<sup>95</sup> Per il lettore interessato ricordo che gli Autori ricavano subito argomentazioni utili a spiegare il comportamento chimico di esteri e ammidi.

<sup>96</sup> Rif. 94, p. 1619.

<sup>97</sup> Rif. 8, p. 528; è anche la data in cui risulta depositato l'articolo alla redazione del *Journal*.

Society una *summa* della propria teoria. Nell'esposizione di Robinson vi furono ancora due novità. La prima riguarda la notazione grafica, dove in alcuni casi compaiono i segni delle cariche sui diversi atomi interessati al trasferimento di elettroni; le cariche comunque non vanno intese con valori 'interi': «l'ossigeno acquista una carica negativa minore o una carica effettiva negativa».<sup>98</sup> La seconda innovazione è cardinale, infatti introduce nell'ambito della teoria elettronica un «effetto polare generale». Esso è dovuto a «[s]postamenti elettronici che non coinvolgono cambiamenti di covalenza [...] possono essere continui ma in diminuzione lungo una catena [...] e saranno propagati da induzione (*induction*) elettrostatica».<sup>99</sup> Manca solo l'aggettivo *inductive* e avremmo avuto anche il battesimo linguistico, oltre che quello scientifico, dell'*effetto induttivo*, uno strumento interpretativo fondamentale della mobilità elettronica, che si aggiunge agli altri ben definiti da Robinson, oltre allo spostamento di elettroni lungo doppi legami e la partecipazione dei *lone-pairs* a questi spostamenti.

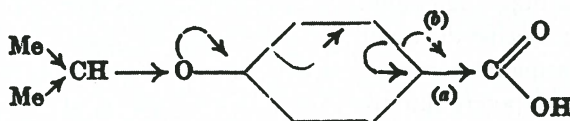


Figura 11

Nell'articolo che stiamo considerando non solo gli Autori definiscono l'«effetto generale», ma lo utilizzano per descrivere proprietà molecolari, e gli assegnano come notazione una *freccia* lungo il legame interessato (vedi Figura 11). Il simbolo apparterrà da allora in poi alla comunicazione iconica dei chimici; qui è opportuno riprendere i termini con cui dell'articolo si parla del «funzionamento» dell'effetto polare generale: «Se si confrontano  $R \rightarrow \text{COOH}$  e  $R' \leftarrow \text{COOH}$  è chiaro che il gruppo R nel respingere elettroni compete con OH [...] mentre è vero l'opposto con un gruppo R' che attrae elettroni».<sup>100</sup> La Figura 10 e la Figura 11 sono separate da qualche settimana di riflessione; la maggiore «completezza» della seconda è evidente, come è evidente l'effetto (induttivo) attribuito ai gruppi metilici.

Con questo si conclude la fase creativa di Robinson nel campo delle teorie elettroniche, e con essa si chiude anche l'aspetto positivo, costruttivo della disputa sulla sostituzione benzenica. Si apre invece una pagina oscura, che peserà non poco, e da

<sup>98</sup> J. ALLAN, A.E. OXFORD, R. ROBINSON, J.C. SMITH, «The Relative Powers of Groups of the Forms RO and RR'N in Aromatic Substitution. Part IV. A Discussion of the Observations Recorded in parts I, II, and III», *J. Chem. Soc.*, 128, pp. 401-411 (1926); alle pp. 402-403.

<sup>99</sup> *Ib.*, p. 405; il primo articolo citato a questo proposito è quello di Lewis del 1916.

<sup>100</sup> *Ib.*, p. 406.



molti punti di vista sul futuro dell'antagonista di Robinson. Ingold assistette alla presentazione della teoria elettronica nella seduta del 18 giugno alla Burlington House, e si complimentò con Robinson per la plausibilità dei suoi ragionamenti.<sup>101</sup> Tra i due contendenti si stabilì un armistizio. Che pace non fosse si vide nel gennaio del 1926,<sup>102</sup> quando Robinson comunicò trionfante alla Chemical Society che i dati sulla nitratura delle benzilammine su cui Ingold aveva basato il suo ultimo attacco erano — semplicemente — sbagliati: ciò che Holmes e Ingold avevano sintetizzato era un para-derivato e non un meta-derivato!<sup>103</sup> La data di questo 'trionfo' è importante, perché il 10 febbraio successivo Ingold fece pervenire al *Journal of the Chemical Society* un articolo in cui *faceva propria* l'intera teoria di Robinson. La 'conversione' fu completa, coperta appena da un esile velo: «questa teoria [di Robinson] porta pressappoco alla stessa serie di efficienza-chiave di Flürscheim, se l'affinità residua si interpreta come un'indicazione della presenza di elettroni attivi, tenuti in modo lasso».<sup>104</sup> Forse più che di una conversione sarebbe meglio parlare di un'«annessione», perché da allora in poi Ingold fu il principale alfiere della teoria elettronica in chimica organica, ed iniziò un'opera continua e accurata per cancellare ogni traccia delle origini 'Robinsoniane' della teoria stessa.

Quando la polemica si chiuse nei suoi aspetti più pubblici, i due contendenti principali seguirono vocazioni di ricerca e destini accademici assai diversi. Robinson intervenne ancora più volte nel campo delle teorie elettroniche in chimica organica, ma in modo discontinuo e senza portare nuovi contributi di rilievo. Continuò invece nelle ricerche sulle sostanze organiche naturali, un campo in cui fin dal 1917 aveva colto un successo di particolare significato conoscitivo, la sintesi della tropina, in condizioni così blande da poter essere definite come 'fisiologiche'.<sup>105</sup> Fama e risultati si accumularono nel tempo, e nel 1947 Robinson fu insignito del premio Nobel per la chimica. Il premio gli fu assegnato specificatamente per le ricerche su sostanze vegetali di importanza biologica, ma per Robinson stesso la sua maggiore impresa conoscitiva rimase sempre l'interpretazione elettronica della reattività orga-

<sup>101</sup> Rif. 8, pp. 528-529.

<sup>102</sup> *Ib.*, p. 527.

<sup>103</sup> H.R. ING, R. ROBINSON, «The Orienting Influence of Free and Bound Ionic Charges on Attached Simple or Conjugated Unsaturated Systems. Part I. The Nitration of Some Derivatives of Benzylamine», *J. Chem. Soc.*, 128, pp. 1655-1668 (1926); alla p. 1661.

<sup>104</sup> C.K. INGOLD, E.H. INGOLD, «The Nature of the Alternating Effect in Carbon Chains. Part V. A Discussion of Aromatic Substitution with Special Reference to the Respective Rôle of Polar and Non-polar Dissociation; and a further Study of the Relative Directive Efficiencies of Oxygen and Nitrogen», *J. Chem. Soc.*, 127, pp. 1310-1328 (1926); per qualche motivo freudiano, Nye inverte l'ordine degli Autori questo articolo mettendo per prima la moglie di Ingold, Edith Hilda; cfr. Rif. 7, p. 298.

<sup>105</sup> Paul Walden, chimico e storico fuori del comune, affermò che con questa sintesi Robinson fu il primo a sottolineare che le sintesi in laboratorio nulla avevano a che fare con le condizioni e i processi esistenti nelle piante; cfr. P. WALDEN, *Geschichte der organische Chemie*, Berlin: Springer, 1941, pp. 894-895.

nica. Poco prima di morire, fornì alla Mondadori una breve autobiografia da inserire in *Scienziati e tecnologi contemporanei*; in essa, riferendosi a se stesso in terza persona, scriveva: «Il più importante contributo scientifico di Robinson fu l'intuizione di una teoria elettronica qualitativa in chimica organica».<sup>106</sup> A livello storiografico, l'abbandono di una riflessione veramente approfondita sui temi che pure aveva così brillantemente messo a fuoco ci permette di tralasciare ogni ulteriore riferimento a Robinson, per seguire invece più da vicino il suo poco corretto avversario, che negli anni successivi diede contributi di grandissima importanza al costituirsi della chimica organica fisica come disciplina autonoma.

### 3. LA NASCITA DI UNA DISCIPLINA

#### 3.1. Coprire e svelare

Abbiamo già visto che Ingold fu un uomo di tale spregiudicatezza che le stava alla pari solo l'ambizione di dominare — incontrastato — la chimica organica teorica. Per quanto gli fu possibile egli piegò alle proprie necessità anche gli organi di comunicazione scientifica della sua comunità, in primo luogo gli *Annual Reports on The Progress of Chemistry*. Questi volumi annuali, iniziati nel 1904, erano (e sono) uno strumento importante per i chimici che vogliono tenersi al corrente degli sviluppi principali nei diversi campi disciplinari della chimica. Fra gli specialisti di fama a cui i *Reports* erano affidati non ci stupiamo di incontrare, per gli anni che ci interessano, il nostro informatissimo chimico. Nel volume per 1926 Ingold scrive un *review* di chimica organica, in cui dedica 15 fitte pagine (su 21) agli effetti di orientamento nelle sostituzioni benzeniche;<sup>107</sup> il 'rapporto' diventa così un'ampia esposizione della nascente teoria elettronica dell'Autore, con la genealogia della teoria letteralmente falsificata. Nell'anagrafe di Ingold i padri sono Flürscheim e Vorländer,<sup>108</sup> e la proposta di Flürscheim in particolare richiede solo di essere 'tradotta' nel linguaggio degli elettroni. Riferendosi alle strutture riportate in Figura 12 Ingold scrive:

La formula (I) dell'affinità alternante per la sostituzione in orto e para, *interpretata* nei termini della teoria elettronica della valenza, significa che, relativamente all'idrogeno, l'atomo X permette ai suoi elettroni di venire maggiormente sotto l'influenza del nucleo atomico positivo di C<sub>α</sub> [...] Nella formula (II), la posizione para è raggiunta dal reciproco accomodante aggiustamento (*mutually accomodating adjustments*) di elettroni dai due doppi legami.<sup>109</sup>

<sup>106</sup> R. ROBINSON, «Robinson, Robert», *Scienziati e tecnologi contemporanei*, vol. II, Milano: Mondadori, 1974, pp. 425-426.

<sup>107</sup> C.K. INGOLD, «Organic Chemistry. II. Homocyclic Division», *Ann. Rep.*, 23, pp. 128-149 (1926); la sezione «Orienting Effects in Benzene Substitution» occupa le pp. 129-143.

<sup>108</sup> Fra le prime otto citazioni di questa sezione sei sono dedicate a lavori di Daniel Vorländer (1867-1941).

<sup>109</sup> Rif. 107, p. 133; corsivo aggiunto.

Nelle quindici pagine di testo l'unico rinvio ai contributi di Robinson è dato nel seguente contesto, 'arricchito' da quattro richiami a note bibliografiche: «Le diverse serie di articoli in cui opinioni di questo tipo sono state espresse recentemente<sup>82, 83, 87, 90</sup> differiscono nei dettagli, e il compito di presentare un resoconto coerente (*connected account*) non è privo di difficoltà»; come si può immaginare il nome di Robinson anche qui rimane sommerso,<sup>110</sup> e nelle altre pagine del *review* non sarà più richiamato.

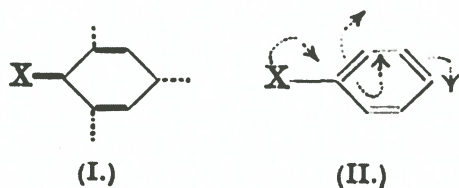


Figura 12

Anche se talvolta negli anni successivi Ingold assunse un atteggiamento più rilassato nei confronti di Robinson,<sup>111</sup> la pratica di coprire l'importanza storica del suo antico avversario non fu dismessa, con un atteggiamento che, pur rimanendo grave, risultò sempre più superfluo, dato il suo crescente ruolo di fondatore. Questo ruolo primario si espresse compiutamente nel 1934, con la pubblicazione dei *Principles of an Electronic Theory of Organic Reactions*, un classico della letteratura chimica.

Il lungo saggio di Ingold occupava quasi esattamente 50 pagine del quindicesimo volume dei *Chemical Reviews*, un altro giornale societario britannico che riportava le 'messe a punto' di specialisti in campi nuovi o comunque avanzati della chimica. Un'analisi linguistica ed epistemologica dei *Principles* richiederebbe l'estensione di un nuovo saggio storico-critico, e dovrebbe essere sostenuta da un'indagine sulla reale efficacia di questo scritto nella comunità scientifica. Qui mi limiterò a metterne in evidenza alcuni elementi, utili a meglio comprendere lo stadio di sviluppo della chimica organica fisica nel 1934, nonché le intenzioni conoscitive, e accademiche, dell'Autore.

La struttura argomentativa del saggio di Ingold è data in Tabella 4, dove si nota subito una distribuzione assai ineguale del rilievo dato ai diversi argomenti,

<sup>110</sup> *Ib.*, p. 134. Le quattro note bibliografiche di Ingold (82, 83, 87, 90) citano nell'ordine: Ing e Robinson; Goss, Ingold, e Wilson; Baker e Ingold; Lapworth; Allan, Oxford, Robinson e Smith; Francis; Lucas; Ingold e Ingold; Ingold e Marshall.

<sup>111</sup> C.K. INGOLD, «Organic Chemistry. II. Homocyclic Division», *Ann. Rep.*, 24, pp. 106-158 (1927), alla p. 149.

con un peso cospicuo in pagine (tre quarti del totale) e sezioni (esattamente la metà) dato ai problemi della classificazione. L'introduzione è brevissima e si riduce a 13 righe, che comunque contengono due affermazioni importanti. Ingold utilizza subito un termine che gli è caro: «sembra desiderabile dare un'esposizione coerente (*connected*) dei principi [della teoria elettronica delle reazioni organiche]», dato che fino ad ora «questi principi sono emersi pezzo per pezzo (*piece-meal*) in connessione con diverse, separate applicazioni della teoria». <sup>112</sup> Quindi, obiettivo dell'Autore è di proporre un insieme sistematico di conoscenze, coerente al suo interno e — aggiunge — «consistente con altre teorie e con l'evidenza fisica (*physical evidence*)». <sup>113</sup>

Tabella 4 - C.K. Ingold, «Principles of an Electronic Theory of Organic Reactions», 1934. Macrostruttura.

| Parte           | Titolo  | n. sezioni | n. pagine | pagine/<br>sezioni |
|-----------------|---|------------|-----------|--------------------|
| I               | Introduction: scope of the paper                  | 1          | 0,5       | 0,5                |
| II              | Polarization and polarizability                   | 4          | 4         | 1                  |
| III             | Electron displacement                             | 7          | 6         | 0,9                |
| IV              | Polar classification of atomic groups and systems | 9          | 29,5      | 3,3                |
| V               | Polar classification of reagents                  | 4          | 8         | 2                  |
| Totali          |   | 25         | 48        |                    |
| Media           |   |            |           | 1,9                |
| Introd. + Bibl. |   |            | 2         |                    |

L'argomentazione vera e propria di Ingold inizia con il tema messo in evidenza da Lewis (qui non citato) nei suoi articoli del 1913 e del 1916, e cioè la distinzione fra «polarizzazione» e «polarizzabilità», riferendosi la prima alla posizione delle cariche nella molecola e la seconda alla loro mobilità: «La principale grandezza,

<sup>112</sup> C.K. INGOLD, «Principles of an Electronic Theory of Organic Reactions», *Chem. Rev.*, 15, pp. 225-274 (1934); p. 225.

<sup>113</sup> *Ib.*, p. 226.

che descrive la polarizzazione intrinseca lorda (*gross*) della molecola, è il momento di dipolo  $\mu$ , e la più importante delle quantità che misurano la polarizzabilità è il coefficiente medio di polarizzabilità  $\alpha$ .<sup>114</sup> Con questa precisazione l'Autore 'aggancia' fin dall'esordio il proprio discorso a grandezze fisiche — come d'altra parte aveva appena finito di promettere.

La terza parte dei *Principles* considera gli effetti che riguardano lo spostamento di elettroni. Qui, se viene data una certa evidenza ai contributi di Lewis, sono taciuti quelli fondamentali di Robinson. In compenso sono strettamente connessi, come atto di battesimo, all'effetto induttivo l'articolo sugli *Annual Reports* per il 1926,<sup>115</sup> e all'effetto elettromerico l'articolo della 'conversione', pubblicato con la moglie nel 1926.<sup>116</sup> In effetti la 'copertura' dei lavori di Robinson prosegue per tutto il saggio; forse c'è persino uno sberleffo nelle uniche due citazioni all'antagonista di un tempo. La più importante comunicazione di Robinson, quella che collegava i due effetti e li faceva 'funzionare' nel contesto molecolare organico, è richiamata in questo modo: «Più elaborate combinazioni di effetti polari furono assunte nel 1926 da R. Robinson e collaboratori (36) e da C.K. Ingold e E.H. Ingold (16)». <sup>117</sup> Anche la seconda citazione di Robinson riguarda l'articolo del 1926, ed è 'annegata' così: «Le principali conclusioni che concernono queste considerazioni sono riassunte nella tavola 7 [sulle polarizzabilità elettromeriche] (11, 14, 16, 17, 36)». <sup>118</sup> Le cinque note inserite dall'Autore rinviano ad articoli rispettivamente di Ingold, Ingold, Ingold, Ingold, Robinson.

Tutto questo lavoro sotterraneo, eco di acidi dissapori non neutralizzati, rimaneva probabilmente nascosto alla maggior parte dei lettori di allora,<sup>119</sup> mentre ciò che — giustamente — poteva essere apprezzato era il nitore che Ingold riuscì ad imprimere alla sua trattazione. D'altra parte, pur cedendo ogni tanto alle proprie ambizioni fiscaliste, l'Autore rimane sempre un ottimo chimico organico, e in quanto tale si mantiene saldamente sui fondamenti disciplinari. Proprio all'inizio della trattazione Ingold discute l'additività molecolare dei momenti di dipolo dovuti a diversi gruppi atomici, una congettura avanzata per primo da Thomson.<sup>120</sup> Il ragionamento di Ingold è esemplare.

I dati sperimentali hanno dimostrato che «tutti i tentativi di stabilire una rela-

<sup>114</sup> Loc. cit.

<sup>115</sup> Cfr. Rif. 107.

<sup>116</sup> Cfr. Rif. 104.

<sup>117</sup> Rif. 112, p. 234; l'indicazione bibliografica (36) di Ingold rinvia al nostro Rif. 98, la (16) rinvia al nostro Rif. 104. Il contributo di Lowry è trattato con minore cortesia, ed è relegato fra le «teorie pre-elettroniche», insieme a Flürscheim; cfr. Rif. 112, p. 235.

<sup>118</sup> Rif. 112, p. 265.

<sup>119</sup> Apparentemente anche gli storici di adesso non hanno dato alcun peso a questo gioco funereo, di seppellire uno scienziato da vivo; nelle conclusioni di questo saggio cercherò di giustificare il mio interesse autoptico.

<sup>120</sup> Cfr. Rif. 12.

zione per i momenti di dipolo *accuratamente* additiva sono falliti». Ma ciò è comprensibile perché è sempre presente «un'interazione elettrica intramolecolare», e «una simile interazione è non solo una proprietà necessaria del modello molecolare, ma è anche un meccanismo indispensabile nella teoria delle reazioni inorganiche». Così:

le molte tavole pubblicate di momenti atomici e di gruppo non necessariamente sono fuorvianti se ci si accorda di attribuire prima ai gruppi momenti caratteristici, e di trattare poi l'interazione intramolecolare come un effetto sovrapposto.<sup>121</sup>

Come ho detto il ragionamento è esemplare perché, fin dai suoi esordi, l'epistemologia chimica ha collegato le proprietà delle sostanze operando su un duplice contestuale livello di eguaglianza e differenza, *eguaglianza di proprietà e differenza di espressione della proprietà*. I lettori del tempo erano quindi 'a casa loro', almeno in una parte del discorso di Ingold. Per il resto, il tentativo di chiarezza e di sistemazione concettuale dell'Autore ebbe un notevole successo. La tavola che mette in relazione i due «meccanismi elettronici», l'induttivo e il tautomerico, con la polarizzazione e la polarizzabilità<sup>122</sup> è stata ripresa nei decenni successivi dalla didattica universitaria di tutti chimici organici (in Italia dopo 25 anni). Rispetto alla dinamica qualitativa del 'movimento' degli elettroni nelle molecole organiche l'analisi di Ingold fa costante riferimento ai momenti di dipolo, ma la base sperimentale presa in considerazione viene ulteriormente estesa alla spettroscopia infrarossa (parte IV, sezione F) e alla termochimica (parte IV, sezione G). È in questo contesto che Ingold dedica un'intera ampia sezione a ciò che chiama «Sorgente dell'energia del mesomerismo (degenerazione della valenza)». Quasi cinque pagine,<sup>123</sup> con un'ampiezza ben superiore alla media, sono impegnate per questo argomento, che l'Autore discute nei termini di «una parziale o completa degenerazione quanto meccanica». Ingold aggiunge che si tratta di ciò che «Pauling descrive sotto il nome di "risonanza", che [...] è basata sull'analogia matematica fra la risonanza meccanica e il comportamento delle funzioni d'onda nei fenomeni di scambio quanto meccanici». Nel confronto con il chimico teorico americano Ingold sfoggia una certa prosopopea: «La teoria della degenerazione elettronica nei sistemi coniugati è stata sviluppata indipendentemente da L. Pauling».<sup>124</sup> È evidente come l'Autore voglia porre sullo stesso livello conoscitivo considerazioni qualitative e calcoli quantistici. Immediatamente dopo Ingold chiarisce il proprio impegno ontologico. Mentre alcuni ritengono che «le strutture imperturbate siano tutto ciò che realmente esiste», e che esse passino l'una nell'altra come tautomeri, ma molto più rapidamente, l'Autore afferma che «le strutture imperturbate, in cui le frequenze di risonanza sono assunte

<sup>121</sup> Rif. 112, p. 227; corsivo nel testo.

<sup>122</sup> *Ib.*, p. 233.

<sup>123</sup> *Ib.*, pp. 249-253.

<sup>124</sup> *Ib.*, pp. 250-251.

come assenti, hanno solo la natura di impalcatura intellettuale (*intellectual scaffolding*), e che lo stato effettivo (*actual*) è lo stato mesomerico». <sup>125</sup>

Non insisterò oltre sulla questione della 'mesomeria'. Da un punto di vista storico-critico tutta la lunga, complessa vicenda della 'risonanza' non fu altro che un interminabile equivoco, a riprova del quale posso qui riprendere solo le parole — autocritiche — di Pauling, scritte nel 1956, una ventina di anni dopo:

la teoria della risonanza in chimica è andata molto al di là dell'ambito di applicazione in cui sono stati fatti dei calcoli precisi di meccanica quantistica [...] La teoria della risonanza in chimica è una teoria essenzialmente qualitativa, che, come la teoria della struttura classica, dipende per essere applicata con successo da una sensibilità (*feeling*) chimica che si sviluppa attraverso la pratica. [...] La teoria della risonanza è una parte della teoria della struttura chimica, che ha una base essenzialmente empirica (induttiva); non è proprio una parte della meccanica quantistica. <sup>126</sup>

A conclusione di questa breve analisi dei *Principles* va detto che il saggio di Ingold raggiunse il suo obiettivo di fornire alla comunità dei chimici una visione *connected* della nascente chimica organica fisica. Il campo in cui Ingold e la sua scuola eccelsero, lo studio dei meccanismi di reazione, è trattato brevemente e solo nell'aspetto della natura nucleofila o elettrofila dei reagenti. <sup>127</sup> È a questo campo di ricerca illimitato che Ingold stava già rivolgendo la massima attenzione.

### 3.2. *Le ricerche di Ingold, Hughes et al.*

La figura di Ingold campeggia, dominante, nella storia della chimica organica fisica, sia per il contributo scientifico relevantissimo, sia per la diuturna attività di sorveglianza e di punizione sui confini dell'amplissimo campo di ricerca che aveva avvocato a sé e ai suoi alleati accademici. Il senso di questo dominio di Ingold nella tradizione disciplinare, e nella storiografia, sarà analizzato con un certo scrupolo al termine di questo saggio; in questa sezione e nella successiva amplierò l'angolo visuale secondo cui considerare persone e temi di ricerca, articoli e manuali. Il primo passo di questa ricognizione deve essere mosso proprio verso il laboratorio diretto da Ingold, al University College di Londra, dove si incontra immediatamente un'altra figura di grande rilievo, quella di Edward D. Hughes (1906-1963). Nato nel Galles da famiglia operaia, Hughes studiò in una Università geograficamente periferica e scientificamente centrale. Nel modesto University College di Bangor, sotto la direzione di K.J.P. Orton (1872-1930), negli anni 1920 si era costituito un piccolo gruppo di ricerca che indagava le cinetiche di certi riarrangiamenti

<sup>125</sup> Ib. pp. 251-252.

<sup>126</sup> L. PAULING, «The Nature of the Theory of Resonance», in: A. TODD (ed.), *Perspectives in Organic Chemistry*, New York: Interscience, 1956, pp. 1-7, cit. alla p. 7.

<sup>127</sup> Rif. 112, pp. 266-270.

molecolari per individuare i percorsi di reazione. Il gruppo includeva un ricercatore di vaglia, H.B. Watson (1894-1975), che ritroveremo ancora in questa stessa sezione della mia relazione. Per conseguire il dottorato Hughes lavorò nel campo, allora inusuale, delle cinetiche di reazione, e per proseguire nel *curriculum studiorum* nel 1930 andò con un incarico di post-dottorato nel più prestigioso University College di Londra.<sup>128</sup> Proprio in quell'anno Ingold aveva lasciato la cattedra di chimica organica di Leeds per trasferirsi nella capitale imperiale, alla cattedra di Chimica dello University College. La collaborazione fra l'affermato chimico organico e il giovane ricercatore gallese si dimostrò subito proficua e di alto profilo scientifico, in quanto le tecniche cinetiche 'importate' da Hughes erano complementari alle procedure sperimentali e teoriche di Ingold.

Lo stile di lavoro seguito dai due scienziati si dimostrò di estrema potenza conoscitiva, e un flusso imponente di lavori — spesso d'avanguardia — cominciò a scorrere dallo University College verso il giornale societario dei chimici britannici. A leggere certe testimonianze Ingold coltivò l'ambizione di 'occupare' un intero fascicolo del *Journal of the Chemical Society* con articoli inviati dal suo laboratorio. Nella vastissima produzione di questo laboratorio esistono infatti robuste sequenze di articoli, che rinviano ad una viva creatività, a mezzi rilevanti, a precise gerarchie accademiche e — infine — ad una ferrea disciplina di lavoro sperimentale. Alcuni elementi essenziali di una sequenza di questo tipo sono dati in Tabella 5. Tutti gli articoli furono inviati nello stesso giorno, il 24 aprile 1937; comparsi sul *Journal* con la numerazione redazionale dal 248 al 261, per un totale di 115 pagine, i 14 contributi appartengono a tre linee di ricerca distinte. La prima riguarda il «Meccanismo di sostituzione in un atomo di carbonio saturo»; qui compaiono i contributi che vanno dal VII al X. Dai nomi degli Autori che firmarono gli articoli è facile dedurre che responsabile di questa ricerca era Hughes; è una conclusione di un certo rilievo perché fu in questo ambito di indagine che Hughes e Ingold<sup>129</sup> determinarono l'esistenza di due distinti meccanismi di sostituzione. Il battesimo scientifico, linguistico (*nucleophilic substitutions*),<sup>130</sup> e simbolico ( $S_N2$ ,  $S_N1$ ), di questi meccanismi era avvenuto nel 1935, nella Parte III della serie.<sup>131</sup> La Parte IV

<sup>128</sup> Rif. 8, pp. 537-538.

<sup>129</sup> L'ordine alfabetico adottato nel laboratorio dello University College imponeva per gli Autori degli articoli la successione 'Hughes e Ingold'. In realtà la coppia deve essere 'entrata' in questo ordine nella memoria dei loro stessi allievi: Davenport (Rif. 73) si è definito due volte *a former student of Hughes and Ingold* (p. 526), *a former student of E.D. Hughes and C.K. Ingold* (p. 529).

<sup>130</sup> Questi termini erano già stati utilizzati precedentemente, ma qui viene fatta una proposta formale: «La caratteristica essenziale dell'equazione (SN) è che l'agente sostituyente è nucleofilo. Le reazioni rappresentate collettivamente da questa equazione possono essere chiamate in modo conveniente sostituzioni nucleofile»; Rif. 131, p. 237.

<sup>131</sup> J.L. GLEAVE, E.D. HUGHES, C.K. INGOLD, «Mechanism of Substitution at a Saturated Carbon Atom. Part III. Kinetics of the Degradations of Sulphonium Compounds», *J. Chem. Soc.*, pp. 236-244 (1935); la Parte V portava solo il nome di Hughes.



era stata firmata solo da Hughes e Ingold, e consisteva in un contributo teorico di primo ordine, in cui i due scienziati prendevano in considerazione l'intero campo delle sostituzioni alifatiche dal duplice punto di vista delle cinetiche e dei meccanismi di reazione;<sup>132</sup> la Parte V, stampata nel *Journal* immediatamente dopo la Parte IV, era firmata solo da Hughes. Si può comprendere meglio la tattica seguita dai due Autori nell'impostazione delle loro ricerche se procediamo ancora a ritroso nel tempo, per ricordare che l'indagine sui meccanismi delle reazioni di sostituzione era 'gemmata' da esperimenti sulla decomposizione termica dei composti di ammonio quaternari. I risultati di questi esperimenti erano stati pubblicati da Hughes e Ingold nel 1933, e la gemmazione si realizzò dopo una serie di *quindici* articoli sulle reazioni di eliminazione.<sup>133</sup>

La seconda linea di ricerca è rappresentata in Tabella 5 dalle comunicazioni che il *Journal* numerò dal 252 al 257; qui la numerazione interna al laboratorio segnalava che erano i primi sei contributi dati alla soluzione di un problema classico della reattività organica e della stereochemica: l'inversione di Walden. La connessione fra questo tema e quello precedente della sostituzione alifatica è immediata, in quanto l'inversione di Walden è un processo che con due successive reazioni di sostituzione converte un enantiomero nella sua immagine speculare. Hughes e Ingold 'limitarono' la ricerca alla prima reazione, quella che inverte la configurazione stereochemica di un atomo asimmetrico di carbonio, sostituendo (nei casi studiati) un atomo di alogeno con un ossidrilico. L'esito della loro ricerca fu notevole perché aprì la strada ad una comprensione cinetica del processo di inversione, comprensione che doveva portare Hughes nel 1938 a 'risolvere' la questione. In quell'anno, con l'utilizzo di traccianti radioattivi, il ricercatore gallese diede la dimostrazione che tutte le sostituzioni sul carbonio cineticamente del secondo ordine invertono la configurazione.<sup>134</sup>

Senza seguire le ricerche che portarono a questo risultato di grande portata, possiamo considerare alcuni passi dell'ultimo contributo sull'inversione di Walden citato in Tabella 5, la Parte VI della serie. È un lavoro imponente, per estensione e per contenuto, e anche un lettore abituato al tono sicuro e al registro elevato degli scritti di Ingold non può non cogliere l'eccezionalità della situazione conoscitiva vissuta dagli Autori, e della prospettiva di ulteriore, fertile ricerca aperta dalla loro metodologia teorico-sperimentale. Come sempre la prima frase dell'articolo è tendenziosamente tematica: «Nonostante il gran numero di ricerche che sono state

<sup>132</sup> E.D. HUGHES, C.K. INGOLD, «Mechanism of Substitution at a Saturated Carbon Atom. Part IV. A Discussion of Constitutional and Solvent Effects on the Mechanism, Kinetics, Velocity, and Orientation of Substitution», *J. Chem. Soc.*, pp. 244-255 (1935).

<sup>133</sup> E.D. HUGHES, C.K. INGOLD, C.S. PATEL, «Influence of Poles and Polar Linkings of the Course pursued by Elimination Reactions. Part XVI. Mechanism of the Thermal Decomposition of Quaternary Ammonium Compounds», *J. Chem. Soc.*, pp. 526-530 (1933).

<sup>134</sup> Cfr. Rif. 152, p. 467.

Tabella 5 - 24 aprile 1937: *Publish!* Articoli inviati dal laboratorio di Ingold al *Journal of the Chemical Society*.

| JCS* | UC** | Autori  |        |        |           |         | Pagine    |
|------|------|---------|--------|--------|-----------|---------|-----------|
| 248  | VII  |         | Hughes |        |           | Shapiro | 1177-1183 |
| 249  | VIII | Cooper  | Hughes |        |           |         | 1183-1187 |
| 250  | IX   | Bateman | Hughes |        |           |         | 1187-1192 |
| 251  | X    |         | Hughes |        |           | Shapiro | 1192-1196 |
| 252  | I    |         | Hughes | Ingold | Masterman |         | 1196-1201 |
| 253  | II   |         | Hughes | Ingold |           | Scott   | 1201-1208 |
| 254  | III  | Cowdrey | Hughes | Ingold |           |         | 1208-1236 |
| 255  | IV   |         | Hughes | Ingold | Masterman |         | 1236-1243 |
| 256  | V    | Cowdrey | Hughes | Ingold |           |         | 1243-1252 |
| 257  | VI   | Cowdrey | Hughes | Ingold | Masterman | Scott   | 1252-1271 |
| 258  | I    |         | Hughes | Ingold |           | Scott   | 1271-1277 |
| 259  | II   |         | Hughes | Ingold |           |         | 1277-1280 |
| 260  | III  | Cooper  | Hughes | Ingold |           |         | 1280-1283 |
| 261  | IV   |         | Hughes |        | MacNulty  |         | 1283-1291 |

\* Numerazione progressiva degli articoli pubblicati sul *Journal of the Chemical Society*, volume 1937.

\*\* Numerazione progressiva degli articoli inviati dal laboratorio del University College di Londra.

condotte dalla scoperta da parte di Walden<sup>135</sup> dell'inversione nota con il suo nome, vi è ancora grande incertezza sulle regole e le condizioni che controllano il corso sterico della sostituzione su un atomo di carbonio saturo». <sup>136</sup> Secondo gli Autori, studiando negli anni precedenti le reazioni di sostituzione alifatica, essi sono riusciti

<sup>135</sup> Paul Walden aveva scoperto le reazioni di inversione stereochimica nel 1896.

<sup>136</sup> W.A. COWDREY, E.D. HUGHES, C.K. INGOLD, S. MASTERMAN, A.D. SCOTT, «Reaction Kinetics and the Walden Inversion. Part IV. Relation of Steric Orientation to Mechanism in Substitutions involving Halogen Atoms and Simple or Substituted Hydroxyl Groups», *J. Chem. Soc.*, pp. 1252-1271 (1937).

a «rintracciare una relazione intelligibile (*intelligible relationship*) fra il meccanismo, da una parte, e la struttura chimica dei reagenti e le condizioni fisiche della reazione dall'altra». «Era un'ovvia conseguenza applicare la cinetica per delucidare i fattori che controllavano l'andamento sterico della reazione». Non del tutto ovvia — per il lettore di allora e per lo storico — è la conseguenza strategica che Hughes e Ingold traggono dai loro precedenti successi, e dalle loro potenzialità tecniche: «Abbiamo quindi studiato l'effetto ottico di una sostituzione su un atomo asimmetrico di carbonio in condizioni non scelte a caso, ma definite da *paralleli studi di cinetica*. È nostra opinione che molto del precedente lavoro sull'inversione di Walden richiede di essere ripetuto con questa forma di controllo». <sup>137</sup> Data una simile prospettiva non vi era campo di ricerca in chimica organica che non dovesse essere 'rifondato' nel laboratorio di Hughes e Ingold, in particolare mediante un'accurata, sistematica determinazione sperimentale delle cinetiche di reazione.

Dopo questa premessa così autorevole e autoritaria, la discussione si svolge in tutto il lungo articolo con una disamina contestuale dei risultati della letteratura e di quelli ottenuti dagli Autori, con ricorrenti 'inserti bibliografici' che avverano il lettore che il discorso teorico è in realtà un dialogo continuo con la comunità dei chimici. Fra i molti argomenti avanzati da Hughes e Ingold vale la pena di metterne in rilievo uno in particolare, dovuto probabilmente alla penna e all'ambizione di Ingold.

All'inizio della discussione vera e propria del meccanismo di reazione, dopo una compatissima premessa bibliografica, i due Autori presentano alcune considerazioni di carattere quantistico sulla geometria dello stato di transizione. Essi prendono in considerazione due possibili geometrie, e propongono un'argomentazione che (a distanza di parecchi decenni) ci appare singolare: «Noi valutiamo le energie relative di questi stati di transizione applicando il principio di esclusione: cioè consideriamo le condizioni che minimizzerebbero gli integrali di energia di scambio, repulsivi». In realtà, in quanto segue l'«applicazione» del principio di esclusione è del tutto qualitativa, ciò malgrado, dopo aver messo in gioco le forze elettrostatiche dovute alla presenza di reagenti anionici (OH<sup>-</sup>), gli Autori affermano con olimpica tranquillità: «Questo fattore elettrostatico deve, ovviamente, dare un contributo definito alla differenza fra la velocità teorica dei processi alternativi, ma noi pensiamo che l'effetto che ha origine dal principio di esclusione debba essere il più importante, e, in realtà, [quello] determinante in ogni caso ordinario». <sup>138</sup> L'«applicazione» — francamente — è fuori luogo. Come è noto, il principio di esclusione si riferisce a elettroni che non possono avere spin eguale quando sono descritti dalla stessa funzione d'onda. Non è certo il caso degli elettroni protagonisti degli 'stati di transizione' discussi da Ingold e soci. A Ingold in effetti piaceva invocare i principi

<sup>137</sup> Ib., p. 1252; corsivo aggiunto.

<sup>138</sup> Rif. 136, p. 1256.

fondamentali della fisica quantistica, anche a sproposito. Nel 1940 Ingold scriverà: «La ragione fondamentale perché la degenerazione di scambio e tutte le altre forme di risonanza stabilizzano un sistema è che esse permettono maggiore libertà di movimento agli elettroni, e così riducono l'energia elettronica al punto zero in accordo con il principio di indeterminazione». <sup>139</sup> Qui non è affatto chiaro quale sia il nesso fra l'eventuale maggiore 'delocalizzazione' degli elettroni, la *diminuizione* dell'energia corrispondente al loro moto e il famoso enunciato di Heisenberg, che *nulla* può dire sui valori assoluti delle variabili coniugate.

Tornando all'analisi dei lavori citati in Tabella 5, vediamo che rimangono da essere prese in considerazione le quattro comunicazioni numerate dal 258 al 261, che rappresentano l'ultima *tranche* degli articoli inviati al *Journal* il 24 aprile 1937. Anche questa terza serie di contributi non ha nulla di rutinario, quasi che Hughes e Ingold godessero di una creatività illimitata. Qui gli Autori dimostreranno che similmente alle reazioni di sostituzione anche per le reazioni di eliminazione si hanno due possibili meccanismi. Come per l'articolo già citato sull'inversione di Walden, l'esordio della prima nota di questa serie è tematico, con in più un richiamo molto significativo a quella simmetria-nelle-cose che molte volte ha affascinato gli scienziati: «Sostituzione e eliminazione capitano così spesso insieme che la duplicità di meccanismo omogeneo (*duality of homogeneous mechanism*) stabilita per la sostituzione suggeriva la possibilità di una simile duplicità per l'eliminazione». <sup>140</sup> Anche in questo campo di indagine gli Autori si sono proposti una svolta programmatica, ma diversamente dallo studio dell'inversione di Walden qui si tratta di un rivolgimento *interno* alla loro stessa metodologia: «la differenza fra il nuovo attacco e il vecchio è questo: invece di aggiungere dettagli allo studio di un meccanismo di eliminazione, di cui sono note le leggi principali, ci siamo proposti di scoprire quali meccanismi siano possibili e quali fattori li controllino, per preparare la strada ad una teoria delle eliminazioni ampia quanto quella che è stata stabilita per le sostituzioni». <sup>141</sup> Hughes e Ingold trovarono effettivamente che accanto al meccanismo bimolecolare (E2) esistevano reazioni di eliminazione con un meccanismo unimolecolare (E1); qui, in sede storico-critica, possiamo chiederci con un blando scetticismo se quanto hanno scritto Hughes e Ingold non sia altro che una loro razionalizzazione *a posteriori*, ma rimangono comunque due fatti: che la possibile esistenza di un secondo meccanismo di eliminazione non fu ignorata dai ricer-

<sup>139</sup> E.D. HUGHES, C.K. INGOLD, S. MASTERMAN, B.J. McNULTY, «The Mechanism of Elimination Reactions. Part V. Kinetics of Olefin Elimination from Ethyl, *iso* Propyl, and *tert.*-Butyl and  $\alpha$ - and  $\beta$ -Phenyl-ethyl Bromides in Acidic and in Alkaline Alcoholic Solution. Effects due to, and Factors influencing, the Two Mechanisms of Elimination», *J. Chem. Soc.*, pp. 899-912 (1940); alla p. 909.

<sup>140</sup> E.D. HUGHES, C.K. INGOLD, A.D. SCOTT, «The Mechanism of Elimination Reactions. Part I. Unimolecular Olefin Formation from Alkyl Halides in Sulphur Dioxide and formic Acid», *J. Chem. Soc.*, pp. 1271-1277 (1937).

<sup>141</sup> *Ib.*, p. 1272.

catori del laboratorio dello University College, e che pure la terza serie di lavori elencati in Tabella 5 consegnò alla comunità scientifica risultati importanti.

Certamente non tutti i giorni vissuti nel laboratorio di Ingold furono come il 24 aprile 1937, anche se gli stessi programmi di ricerca che abbiamo visto annunciati in vario modo nelle comunicazioni di Tabella 5 erano così ricchi e numerosi da garantire per decenni un'alta produttività scientifica. Non è possibile valutare a fondo quanta di questa fertilità fosse dovuta all'uno o all'altro dei due grandi protagonisti. In una biografia ufficiale di Ingold — agli atti nelle *Biographical Memoirs of the Royal Society* —, si afferma che «un resoconto adeguato e dettagliato del lavoro scientifico di Ingold è reso molto difficile da tre circostanze»; la prima di queste 'circostanze' si risolve in un tributo enfatico allo scienziato inglese («genio chimico, eccellente fisico, matematico di talento»), la seconda è palesemente comprensibile: «la sua enorme produzione»; infine, dato il contesto agiografico, la terza difficile 'circostanza' è molto significativa: «la sua lunga associazione con lo scomparso professor E.D. Hughes, F.R.S., che fu in successione suo studente di ricerca post-dottorato, suo collega *junior*, suo collega professorale, suo *partner*».<sup>142</sup> Sulla base di ciò che abbiamo visto, sia pure parzialmente e di sfuggita, si può affermare tranquillamente che la collaborazione fra Ingold e Hughes fu intensissima e *au pair*.

### 3.3. *Altrove*

Instancabili nella ricerca, Ingold e Hughes furono altrettanto dediti ad una difesa del *loro* territorio di indagine, dimostrando in questo un accanimento a dir poco eccessivo. Riprendo qui solo un caso, definito da Brock come *a massive overkill*.<sup>143</sup> William Taylor, chimico di un Istituto Politecnico di Londra, mise in dubbio la correttezza dell'assegnazione di un meccanismo di reazione monomolecolare ad una certa reazione che, secondo questo sfortunato Autore, procedeva con un meccanismo bimolecolare. Dopo qualche anno di polemiche il duo di Londra<sup>144</sup> decise di 'farla finita' e pubblicò sul *Journal of the Chemical Society* una serie di 16 articoli, per un totale di 110 pagine, dedicati non tanto a confutare le tesi di Taylor, quanto a distruggere la sua reputazione scientifica. Per una nostra valutazione basta una citazione, tolta da un *riassunto*, e quindi da una posizione testuale di grande evidenza. Il passo è il seguente: «In un *addendum*, sono criticati due ulteriori, recenti articoli, sulla base che i metodi e i dati di Taylor non sono corretti, che dati largamente divergenti sono pubblicati in luoghi diversi senza adeguati riferimenti incrociati o una ritrattazione di conclusioni invalidate, che sono impiegati metodi di calcolo sbagliati, e che (come per articoli criticati altrove) conclusioni che si pos-

<sup>142</sup> Rif. 74, p. 351.

<sup>143</sup> Rif. 8, p. 547.

<sup>144</sup> La definizione *London duo* è di Brock; cfr. Rif. 8, p. 549.

sono dimostrare ingiustificate sono supportate da accordi numerici che non possono attualmente essere spiegati, se si tiene conto degli errori fatti nel ricavarli».<sup>145</sup> Credo che un rapporto così conflittuale con chi non appartenesse alla scuola o non seguisse (almeno) i suoi dettami non abbia giovato alla diffusione della nuova disciplina. D'altra parte la chimica organica fisica aveva anche altri cultori oltre al gruppo dello University College di Londra, ed è venuto il momento di spostare decisamente 'altrove' il filo del racconto.

Abbiamo visto che Hughes, il *doppelgänger*<sup>146</sup> di Ingold, aveva portato a Londra le tecniche cinetiche apprese a Bangor, e che del gruppo diretto da Orton faceva parte anche H.B. Watson. Watson fu un buon alleato del gruppo di Londra, e per diversi anni, sulle pagine degli *Annual Reports*, fu un lucido analista dei progressi nelle ricerche sui meccanismi di reazione. Malgrado la connessione stretta con lo University College, i suoi lavori di chimica organica fisica sono così attenti alle genealogie dei diversi punti di vista da denunciare una situazione conoscitiva con qualche sfumatura di disagio nei confronti della comunità scientifica. Ho scelto come documento esemplare un articolo di un certo rilievo pubblicato da Watson nel 1933, quando insegnava al Technical College di Cardiff. Analogamente ai tanti lavori di Hughes e Ingold, anche questa nota fa parte di una serie: è la terza parte di una ricerca sui 'mutamenti prototropici' nei composti carbonilici. L'articolo, firmato da Nathan e Watson,<sup>147</sup> inizia con una frase che tematizza l'argomento della ricerca: «La coordinazione con il catalizzatore è il primo passo sia nello schema proposto da Lapworth e Hann [1902] per rappresentare il mutamento prototropico catalizzato dagli acidi, sia in tutti i meccanismi acidi « suggeriti in seguito (ad es. da Hughes e Watson [1929])».<sup>148</sup> Viene quindi subito esibita una continuità rispetto alle ricerche precedenti, al contrario di quanto era retoricamente usuale nei lavori di Ingold, dove era sempre evocata una rottura con il passato, o almeno una svolta. Ma ciò che ci interessa di più dal punto di vista storico è l'analisi dettagliata (persino insolita) che gli Autori fanno dell'origine delle ipotesi e delle notazioni adottate nell'«applicazione delle idee elettrochimiche e elettroniche allo studio delle reazioni della chimica organica». È importante percepire i dettagli dell'argomentazione di Nathan e Watson, per cogliere il loro continuo sforzo di 'traduzione' epistemica fra le diverse congetture, e di 'equidistanza' accademica fra le opposte

<sup>145</sup> L.C. BATEMAN, K.A. COOPER, E.D. HUGHES, C.K. INGOLD, «Mechanism of Substitution at a Saturated Carbon Atom. Part XIII. Mechanisms operative in the Hydrolysis of Methyl, Ethyl, *iso* Propyl, and *tert.*-Butyl Bromides in Aqueous Solutions», *J. Chem. Soc.*, pp. 925-935 (1940).

<sup>146</sup> In realtà è la storiografia ad aver ridotto Hughes al ruolo di 'doppio spettale'. Il termine tedesco è ormai accettato anche in inglese.

<sup>147</sup> W.S. Nathan si trasferirà successivamente a Leeds per lavorare con J.W. Baker, a Londra con Ingold e infine entrerà nei laboratori di ricerca della British Petroleum; cfr. Rif. 4, (h).

<sup>148</sup> W.S. NATHAN, H.B. WATSON, «Constitutional Factors controlling Prototropic Changes in Carbonyl Compounds. Part III. The Prototropy of Nuclear-substituted Aceto-phenones», *J. Chem. Soc.*, pp. 217-220 (1933).

fazioni della comunità scientifica. Faremo quindi anche noi uno sforzo di comprensione, riportando in modo schematico in Tabella 6 il loro ragionamento; in questa occasione ho preferito mantenere il testo nella lingua originale.<sup>149</sup>

Tabella 6 - *Traduzione epistemica ed equidistanza accademica. Nathan e Watson, 1933.*

|  |   |  |
|--|---|--|
| <p>In its present form, this view appears first to have been expressed in 1922 (Kermak and Robinson; Lapworth and Shoesmith)</p> | <p>←</p>  | <p>it was foreshadowed in Vörlander's suggestion (1902)<br/>&amp;<br/>also in Flürscheim distinction (1909)</p>  |
| <p>Flürscheim's «polar factor»</p>   | <p>→</p>  | <p>«general polar effect» (Allan, Oxford, Robinson, Smith, 1926)<br/>&amp;<br/>«inductive» and «direct» effects (Ingold, 1926; Ingold and Vass, 1928)<br/>&amp;<br/>«electropolar effect» (Cocker, Lapworth, Walton; 1930)</p> |
| <p>Flürscheim's «quantitative factor»</p>  | <p>→</p>  | <p>the «conjugative effect» (Allan, Oxford, Robinson, Smith; 1926)<br/>&amp;<br/>«tautomeric effect» (Ingold, 1926)<br/>&amp;<br/>«primary interior effect» (Lapworth, Manske, 1928)</p>                                       |
| <p>&amp;<br/>Lapworth's «alternate polarity» (1920, 1922), cfr. Kermak and Robinson (1922)</p>                                   | <p>for such terms as «unsaturation» and «affinity demand» admit readily of translation into electronic language</p> <p>has reappeared under the titles of</p> <p>the electronic analogue may be found in ...</p> <p>... although the significance attached to these terms by the authors named is by no means identical</p> |  |

Ovviamente non è in discussione l'accuratezza storica di Nathan e Watson, è invece molto significativo il loro sforzo di «traduzione nel linguaggio elettronico» di tutti i diversi punti di vista espressi nel tempo. In tutto questo complesso intreccio di rinvii il più singolare è proprio il primo, dove i lavori Robinson e Lapworth del 1922 sono posti chiaramente in una posizione epistemica privilegiata perché sono essi ad impiegare, già nella forma in uso nel 1933, il linguaggio elettronico, il

<sup>149</sup> *Ib.*, pp. 218-219.

solo che permette la traduzione dal gergo di un Autore a quello di un altro. La situazione di privilegio è poi resa esplicita da Nathan e Watson nelle conclusioni del loro ragionamento:

La classificazione degli effetti polari adottata in questa serie di articoli è quella data da Ingold e Ingold (1931); siamo perfettamente consapevoli, tuttavia, che con ogni probabilità sarebbero state raggiunte conclusioni simili se i problemi fossero stati avvicinati a partire dalla posizione di Lapworth e Robinson.<sup>150</sup>

Il nome di Watson e il gruppo di Cardiff meritano di essere ricordati anche per un'opera che maturò in quell'ambiente scientifico-tecnologico, e che rappresentò uno dei primi lavori di sistemazione didattica delle teorie elettroniche in chimica organica. Anche nelle *Modern Theories of Organic Chemistry* del 1937, Watson mantenne verso lo sviluppo storico delle dottrine elettroniche quell'atteggiamento equilibrato così evidente nell'articolo del 1933 che abbiamo appena finito di analizzare: «La concezione del Professor G.N. Lewis della condivisione di una o più coppie di elettroni da parte di due atomi diede una nuova e illuminante rappresentazione (*picture*) dei legami [...] e diede ai chimici organici il compito di interpretare le reazioni dei composti del carbonio in termini di strutture elettroniche. Il problema fu attaccato dieci o quindici anni fa, dai Professori Lapworth, Robinson e Ingold».<sup>151</sup> Ma il volume di Watson merita di essere menzionato essenzialmente per un altro motivo storiografico, diverso dalla sua consapevolezza delle molteplici radici della disciplina.

Un fattore relevantissimo del consolidamento disciplinare della chimica organica fisica, non sufficientemente sottolineato dalla ricerca storica, è il poderoso ampliamento della base sperimentale presa in considerazione dai ricercatori impegnati nella nuova specialità. Infatti, come ha messo in rilievo Hammett,<sup>152</sup> lo statuto conoscitivo del concetto di struttura si accrebbe enormemente in *intensione*<sup>153</sup> fra la fine degli anni '20 e l'inizio degli anni '30. Fino ad allora le mappe molecolari connettevano i diversi atomi utilizzando informazioni topologiche, ed erano tracciate esclusivamente (o quasi) sulla base della stechiometria e della reattività delle sostanze; da quel momento in poi esse ebbero il conforto di dati geometrici quantitativi, angoli e distanze di legame, e di valutazioni sperimentali e teoriche sulla distribuzione delle cariche, e tutto questo per l'affluire sempre più cospicuo dei risultati di analisi diffrattometriche con i raggi X o con gli elettroni, e di dati rica-

<sup>150</sup> *Ib.*, p. 219.

<sup>151</sup> H.B. WATSON, *Modern Theories of Organic Chemistry*, Oxford: Clarendon Press, 1937, p. v.

<sup>152</sup> L.P. HAMMETT, «Physical Organic Chemistry In Retrospect», *J. Chem. Ed.*, 43, pp. 464-469 (1966), p. 467.

<sup>153</sup> In linguistica «un insieme viene definito *per intensione* quando si indicano i caratteri (le proprietà) posseduti necessariamente dagli elementi che lo costituiscono»; cfr.: J. DUBOIS (a cura di), *Dizionario di linguistica*, Bologna: Zanichelli, 1979, *ad vocem*.



vati da misure di costante dielettrica, di strati monomolecolari e di tipo spettroscopico. A proposito di questa ultima tecnica di indagine va ricordata l'ennesima serie di articoli pubblicata dal gruppo di Ingold sugli spettri vibrazionali del benzene e del benzene deuterato; fu una ricerca veramente d'avanguardia, a livello sperimentale e teorico, culminata in un'assegnazione dei modi normali di vibrazione coerente con la simmetria molecolare  $D_{6h}$ .<sup>154</sup>

Abbiamo già visto come Ingold utilizzò l'ampliamento della base sperimentale nei suoi *Principles*; a quattro anni di distanza, in un testo quattro volte più esteso e in un contesto didattico, Watson ha agio di estendere ancora i riferimenti ai nuovi dati ottenuti con la strumentazione chimica fisica. Innanzi tutto un intero capitolo (il secondo) è dedicato ai «nuovi metodi fisici di indagine». Qui sono discussi i risultati strutturalistici ricavati con i raggi X e gli spettri nel visibile, nell'infrarosso e Raman, mentre lo spazio maggiore è dato ai momenti di dipolo ottenuti attraverso le misure di costante dielettrica.<sup>155</sup> Ma il valore delle misure chimico-fisiche è sottolineato anche in altri capitoli; così avviene ad esempio nella discussione delle costanti di dissociazione di acidi, basi e fenoli, discussione basata principalmente sui dati termodinamici ricavati da misure elettrochimiche.<sup>156</sup> In questo contesto specifico, prettamente sperimentale, si sente però, ancora una volta, l'atteggiamento pluralistico di Watson che all'inizio della trattazione della forza delle basi organiche menziona ben sette diverse procedure: «l'idrolisi dei loro sali mediante metodi di partizione, catalitici, conduttometrici e di solubilità, la titolazione elettrometrica, e le osservazioni colorimetriche e di spettroscopia ultravioletta».<sup>157</sup>

I contributi di Watson e del suo gruppo di Cardiff non furono i soli a partecipare allo sviluppo della chimica organica fisica, oltre a quelli di Ingold, Hughes e soci, o comunque di altri chimici britannici. Per avere una visione più complessiva dell'affluire nella disciplina di varie componenti scientifiche — e nazionali — mi rivolgerò ad un osservatore/attore importante dell'epoca, L.P. Hammett.

#### 3.4. *La Physical Organic Chemistry di L.P. Hammett, 1940*

Nella sezione precedente abbiamo visto come le procedure conoscitive della chimica organica fisica, oltre che al londinese University College, fossero messe in opera nei laboratori di altre Università inglesi, e non sempre con il 'consenso' di Ingold e associati. Ci siamo comunque mossi nell'ambito ristretto delle indagini privilegiate in quel periodo dalla cultura chimica britannica, mentre le linee di ricerca

<sup>154</sup> W.R. ANGUS, C.R. BAYLEY, J.B. HALE, C.K. INGOLD, A.H. LECKIE, C.G. RAISIN, J.W. THOMPSON, C.L. WILSON, «Structure of Benzene. Part VIII. Assignment of Vibration Frequencies of Benzene and Hexadeuterobenzene», *J. Chem. Soc.*, pp. 971-987 (1936).

<sup>155</sup> Rif. 152, pp. 16-32.

<sup>156</sup> *Ib.*, pp. 34-44.

<sup>157</sup> *Ib.*, pp. 37-38.

che costituiscono la chimica organica fisica furono non solo molto più differenziate, ma anche reciprocamente indipendenti, per cui la loro complessiva ricostruzione storica presenta difficoltà non indifferenti. Per fortuna (di chi scrive e di chi legge) l'ampiezza di una relazione è insufficiente per permettere una trattazione comprensibile del divenire delle singole specialità confluite, nel tempo, nella più ampia definizione disciplinare della chimica organica fisica. Ho scelto perciò un approccio storiografico diverso dalla puntigliosa analisi dei testi originali, in modo da poter tratteggiare (con un metodo 'sociologico')<sup>158</sup> un quadro complessivo della disciplina alla fine degli anni 1930. A questo scopo i manuali si dimostrano essere documenti fondamentali, perché nei casi di interesse,<sup>159</sup> permettono analisi approfondite della situazione conoscitiva dei loro autori, e, attraverso il loro filtro, di giungere rapidamente a evidenziare aspetti diacronici e sincronici dello sviluppo delle discipline trattate nei testi. Nel 1940 Louis P. Hammett (1894-1987), nato scientificamente e cresciuto accademicamente alla Columbia University di New York, pubblicò un testo fondamentale per la storia della chimica organica fisica. La sua *Physical Organic Chemistry* fu significativa sia per l'ampiezza dell'impostazione, che andava oltre l'ambito dello studio dei meccanismi di reazione, sia perché mise in evidenza nel titolo stesso dell'opera la complessa denominazione della disciplina, confermando così che essa poteva presentarsi al pubblico scientifico in forma del tutto autonoma.

Il trattato di Hammett apparve in una serie di testi di chimica edito dalla McGraw-Hill di New York, di cui l'Autore stesso era curatore. Accanto a molte opere di intento meramente didattico la serie aveva già pubblicato volumi che sarebbero risultati di capitale importanza per lo sviluppo di tematiche di ricerca avanzate, come la *Theory of Rate Process* di Glasstone, Laidler e Eyring. Fisicamente il libro si presenta in un formato modesto, con carta di scarsa qualità, che penseremmo dovuta a prudenza per il conflitto europeo in corso, e che invece appuriamo — con qualche sorpresa — essere solo uno strascico della guerra precedente. Ma non appena il lettore inizia a leggere la prefazione, datata marzo 1940, si accorge che non ha a che fare con un testo usuale. L'Autore ammette che «nello sviluppo della scienza la necessaria suddivisione dell'argomento porta a trascurare

<sup>158</sup> Ho avuto la tentazione di scrivere, sia pure tra parentesi, una frase ben più ambiziosa: *per la prima volta*. Ho sempre messo in guardia i miei allievi del corso di Storia della chimica di non dire mai «per la prima volta...» a proposito di un metodo di ricerca, di un risultato sperimentale, o di una ipotesi teorica. Non posso contraddirmi, addirittura parlando delle *mie* ricerche.

<sup>159</sup> Ho utilizzato spesso i manuali come fonte di informazione storica; cfr.: L. CERRUTI, «Storiografia, epistemologia, linguistica. Un'analisi delle *Modernen Theorien* di L. Meyer», in: A. BALLIO e L. PAOLONI (a cura di), *Scritti di storia della scienza in onore di G.B. Marini-Bettòlo*, Roma: Accademia dei XL, 1990, pp. 281-301; ID., «*Payments by Results*: l'insegnamento della chimica nell'Inghilterra vittoriana e la figura di W.A. Tilden», in: F. ABBRI (a cura di), *Atti III Conv. Naz. Storia Fondamenti Chim.*, Cosenza: Università della Calabria, 1991, pp. 181-194; ID., «Situazione conoscitiva e insegnamento della chimica. La *Chemical Philosophy* di W.A. Tilden», *Rend. Acc. Naz. Sci.* (5) 17, pp. 311-327 (1994).

temporaneamente i fenomeni posti ai confini fra i campi specialistici»; qualcosa del genere era accaduto sul *borderline* fra chimica fisica e chimica organica, con più di un eccesso: «Per un certo periodo è stato un punto d'onore sia per i chimico-fisici sia per i chimici organici professare ignoranza nei confronti del campo dell'altro». Nel frattempo, però «è cresciuto un corpo di fatti, generalizzazioni, teorie che propriamente può essere chiamato *chimica organica fisica*».<sup>160</sup> Una delle principali direzioni di sviluppo è stato «lo studio per mezzo di metodi quantitativi dei meccanismi di reazione e del relativo problema dell'effetto sulla reattività della struttura e dell'ambiente» di reazione. Una direzione cruciale, questa, perché è di immediata importanza «per il problema basilare della chimica, il controllo dei processi chimici»; e qui Hammett delimita quanto il lettore può attendersi dal suo testo: «Questa *parte* della chimica organica fisica forma l'argomento del presente libro».<sup>161</sup> Per noi si tratta di un'affermazione rilevante, in quanto vedremo fra un momento quanto sia articolata l'opera del chimico americano.

A questo punto Hammett cambia il tono della breve prefazione, spostandolo su un registro ironico: «Un collega fisico mise in ridicolo questo tipo di ricerca riferendosi ad essa come lo studio del far sapone (*soapmaking*), laddove qualsiasi chimico rispettabile oggi si occupa della chimica del nucleo». Ad una simile presa in giro il chimico americano risponde per le rime:<sup>162</sup> «Non son sicuro che noi si sappia sui fondamenti del far sapone, ovvero sull'idrolisi degli esteri, di più di quanto si sappia sul nucleo; penso che i problemi teorici coinvolti siano molto interessanti». Subito dopo lo scambio di battute, Hammett spinge a fondo l'ironia, e mantenendo una grammatica di prima persona, in cinque righe di testo scrive: *my excuse for this book, in further justification, my final apology*. In realtà l'Autore afferma che «il materiale è importante e interessante», che è possibile «una trattazione unificata e coerente», e che fino ad allora non era stata pubblicata «una trattazione completa e adeguata».<sup>163</sup>

Dalla prefazione della *Physical Organic Chemistry* risulta evidente che il suo Autore si trovava in una situazione psicologica (e conoscitiva) ambigua: da una parte sentiva l'orgoglio di essere uno dei fondatori di una nuova dimensione della ricerca chimica, ma dall'altra viveva una situazione di isolamento, se non addirittura di ostilità, su quel duplice *borderline* al di là del quale si insediavano non senza prosopopea l'organica e la fisica. In ogni caso la spinta principale alla scrittura del testo, e quindi anche alla rivendicazione del valore scientifico della chimica organica fisica, veniva da un profondo interesse, quasi un amore, per il mondo molecolare: «qualsiasi approccio all'effetto della struttura sull'equilibrio o sul calore di reazione che tratti una molecola come una rigida struttura priva di vita (*lifeless*) non può essere

<sup>160</sup> L.P. HAMMETT, *Physical Organic Chemistry. Reaction Rates, Equilibria, and Mechanisms*, New York: McGraw-Hill, 1940, p. v; corsivo nel testo.

<sup>161</sup> Loc. cit.; ora il corsivo è mio.

<sup>162</sup> «Il sapone non è affatto un fattore trascurabile nella civiltà dell'uomo»; loc. cit.

<sup>163</sup> *Ib.*, p. vi.

altro che la più cruda delle approssimazioni. La vivacità (*liveliness*), la flessibilità di una molecola organica complicata non è perduta nemmeno allo zero assoluto».<sup>164</sup>

In Tabella 7 ho raccolto alcuni dati essenziali sui riferimenti bibliografici utilizzati da Hammett, dividendoli per i dodici capitoli del volume, di cui ho riportato i titoli per esteso in quanto indicativi del loro contenuto. L'indice, infatti, è significativo, perché qualifica come appartenenti alla chimica organica fisica temi di elettrochimica (Cap. II, elettroliti) e di termodinamica (Cap. III, equilibrio ed energia di reazione). Nella Tabella 7 ho riportato il numero complessivo delle citazioni delle principali riviste di tre grandi comunità scientifiche, la statunitense, la britannica e la tedesca;<sup>165</sup> gli esiti del conteggio sono di qualche interesse. Nei quattro capitoli dal IV al VII è evidente la supremazia dei contributi apparsi sulle riviste inglesi, nell'VIII inglesi e americani 'pareggiano', in sei altri capitoli primeggiano i ricercatori statunitensi, mentre su un solo tema, gli elettroliti del capitolo II, gli articoli tedeschi sono i più citati. Se l'Autore avesse avuto una particolare 'preferenza' per i giornali editi dalla propria comunità i risultati potrebbero essere ritenuti tendenziosi, ma non vedo motivi perché Hammett dovesse privilegiare i lavori di un collega di Chicago piuttosto che quelli di un collega di Cambridge o di Berlino. Anche l'operazione estrema di togliere dal conteggio le 32 autocitazioni di Hammett non diminuirebbe il rilievo delle ricerche condotte negli Stati Uniti.<sup>166</sup>

La Tabella 7 invita anche a fare qualche considerazione sul peso rilevante che hanno le 'scuole nazionali'<sup>167</sup> sulla scelta degli argomenti di ricerca. Certamente Hammett ha compiuto diverse operazioni chirurgiche nell'ambito dell'immenso *corpus* della letteratura chimica. Per poter arrivare ad essere citato nella *Physical Organic Chemistry* un articolo doveva essere *pertinente* al tema (la chimica organica fisica) e *rilevante* per le diverse finalità del volume, dalla comprensione didattica dei contenuti allo sviluppo futuro della disciplina. Inoltre, per articolare la struttura del volume l'Autore ha 'ritagliato' nel campo della chimica organica fisica ambiti più ristretti, definiti da lui stesso con i titoli dei capitoli. Abbiamo quindi a che fare con un processo di scelta complicato, in cui le componenti soggettive sono inestricabilmente commiste con le convenienze comunitarie, e tuttavia nei vari capitoli le differenze quantitative fra i contributi delle diverse scuole nazionali sono così accentuate da diventare una traccia storica preziosa. Mentre su un piano complessivo la chimica organica fisica tedesca dà un apporto non secondario alla presentazione di Hammett,

<sup>164</sup> *Ib.*, p. 76.

<sup>165</sup> Per la comunità statunitense ho censito gli articoli pubblicati su: *Journal of the American Chemical Society*; *Journal of Organic Chemistry*; *Journal of Chemical Physics*; *Journal of Physical Chemistry*. Per la comunità britannica: *Journal of the Chemical Society*; *Transactions of the Faraday Society*; *Chemical Reviews*. Per la comunità tedesca: *Berichte der deutsche chemische Gesellschaft*; *Zeitschrift für physikalische Chemie*; *Zeitschrift für Elektrochemie*; *Annalen der Chemie*.

<sup>166</sup> Più della metà (17) delle autocitazioni sono concentrate nel capitolo IX.

<sup>167</sup> Con 'scuole nazionali' non intendo altro che la componente accademica delle comunità scientifiche dei singoli Paesi.

Tabella 7 - *Louis Hammett, Physical Organic Chemistry, 1940. Analisi delle citazioni.*

| Cap.                       | Titolo  | Citazioni su giornali dei seguenti Paesi: |                 |                |
|----------------------------|---|---|-----------------|----------------|
|                            |   | Stati Uniti                               | Inghilterra     | Germania       |
| I                          | Structural theory: Nonelectrolytes  | 19  | 4               | 5              |
| II                         | Structural theory: Electrolytes   | 26  | 9               | 37             |
| III                        | Equilibrium and Energy of Reaction  | 19  | 1               | 7              |
| IV                         | Reaction rates and Mechanisms: Energies, Free Energies, and Entropies of Activation | 13  | 25              | 7              |
| V                          | The Displacement Reaction   | 20  | 23              | 18             |
| VI                         | Stereochemistry of the Displacement Reaction  | 11  | 36              | 4              |
| VII                        | The Effect of Structure on Reactivity   | 29  | 63              | 25             |
| VIII                       | Enolization and Related Reactions   | 17  | 17              | 4              |
| IX                         | The Quantitative Study of Acids and Bases   | 31  | 15              | 9              |
| X                          | Carbonium-ion Reactions   | 41  | 33              | 30             |
| XI                         | Carbonyl-addition Reactions*  | 38  | 15              | 33             |
| XII                        | Atom and Radical Reactions: Other Redox Reactions                                   | 39  | 11              | 18             |
| <b>Citazioni totali</b>    |   | <b>292</b>                                | <b>252</b>      | <b>199</b>     |
| <b>Giornale più citato</b> |   | <b>JACS: 247</b>                          | <b>JCS: 203</b> | <b>ZpC: 81</b> |

**JACS:** *Journal of the American Chemical Society*; **JCS:** *Journal of the Chemical Society*; **ZpC:** *Zeitschrift für physikalische Chemie*.

la debolezza della produzione scientifica della Germania è palese in sei capitoli su dodici. Questo indica una situazione di crisi della più forte comunità chimica dell'epoca, molto di più di quanto indichi la cifra totale dei contributi in lingua tedesca citati da Hammett. Un discorso in parte analogo potrebbe essere fatto per la comunità britannica, sostanzialmente assente nelle tematiche dei primi tre capitoli.

La Tabella 7 richiede un ultimo commento per quanto riguarda la specializzazione delle riviste su cui apparvero i contributi utilizzati da Hammett. Le comunità

britannica e americana utilizzarono in larghissima parte i giornali societari di più ampio respiro, il *Journal of the Chemical Society* e il *Journal of the American Chemical Society*, anche se entrambe avevano a disposizione riviste specializzate nei settori chimico-fisici.<sup>168</sup> La notevole presenza nella letteratura tedesca della *Zeitschrift für physikalische Chemie* mette in evidenza la tradizione di specializzazione della Germania, ma sembra anche indicare, almeno in questo caso, un effetto non positivo. La chimica organica fisica rappresentava negli anni 1920-1930 un nuovo campo che programmaticamente operava sui confini disciplinari, oltrepassandoli; la 'vigilanza' su questi stessi confini era più forte nella comunità più specializzata, e forse proprio per questo motivo un numero minore di ricercatori brillanti si sentì di correre il rischio di violare le regole della disciplina d'appartenenza, la chimica fisica o la chimica organica.

### 3.5. *Spingere e tirare*

Mi è parso interessante concludere questa ricerca sullo sviluppo della chimica organica fisica con un esempio di come il modello formulato da Robinson, e sviluppato da Ingold, sia entrato in profondità nelle procedure conoscitive dei chimici. Ho scelto quindi un paio di passaggi tratti da una conferenza di Robert Burns Woodward (1917-1979), il chimico organico americano che forse più di ogni altro ha illustrato l'arte della sintesi organica. Riporto l'elenco delle sue maggiori sintesi, per dare il giusto peso al suo linguaggio, che citerò subito dopo. Fra le diverse sostanze di cui si deve la sintesi totale a Woodward sono la chinina (1944), il colesterolo e il cortisone (1951), l'acido lisergico e la stricnina (1954), la clorofilla (1960) e la vitamina B<sub>12</sub>, ottenuta nel 1971, dopo 10 anni di lavoro in collaborazione con un gruppo di chimici svizzeri. Il contributo di Woodward che propongo alla nostra lettura descrive la sintesi della stricnina, l'alcaloide ottenuto dal grande chimico americano con un'imponente serie di 50 reazioni intermedie.<sup>169</sup> Si tratta di una *lecture* plenaria, tenuta a Zurigo in occasione del XIV Congresso Internazionale di Chimica Pura e Applicata, in cui Woodward fa sfoggio della sua abituale abilità di conferenziere, e in cui numerosi passi riecheggiano i termini usati nel dibattito fra Robinson e Ingold alla fine degli anni 1920, termini che qui sono collocati nel preciso contesto operativo di un gruppo di ricercatori impegnati nella *costruzione* di un edificio molecolare complesso:

Dopo diversi tentativi infruttuosi di utilizzare i peracidi nel caso in questione, ci venne in mente (*it occurred to us*) che il legame nell'anello aromatico situato fra i due gruppi metossile sarebbe stato un sito di densità elettronica maggiore degli altri legami aromatici, e che avrebbe potuto essere suscettibile di rottura selettiva con l'ozono.<sup>170</sup>

<sup>168</sup> Il *Journal of Chemical Physics* iniziò le pubblicazioni nel 1934, quindi il suo contributo in questa graduatoria è sicuramente sottostimato per semplici motivi cronologici.

<sup>169</sup> *The Cambridge Dictionary of Scientists*, Cambridge, Cambridge UP, 1996, *ad vocem*.

<sup>170</sup> R.B. WOODWARD, «The Total Synthesis of Strychnine», in: *XIV<sup>e</sup> Congrès International*

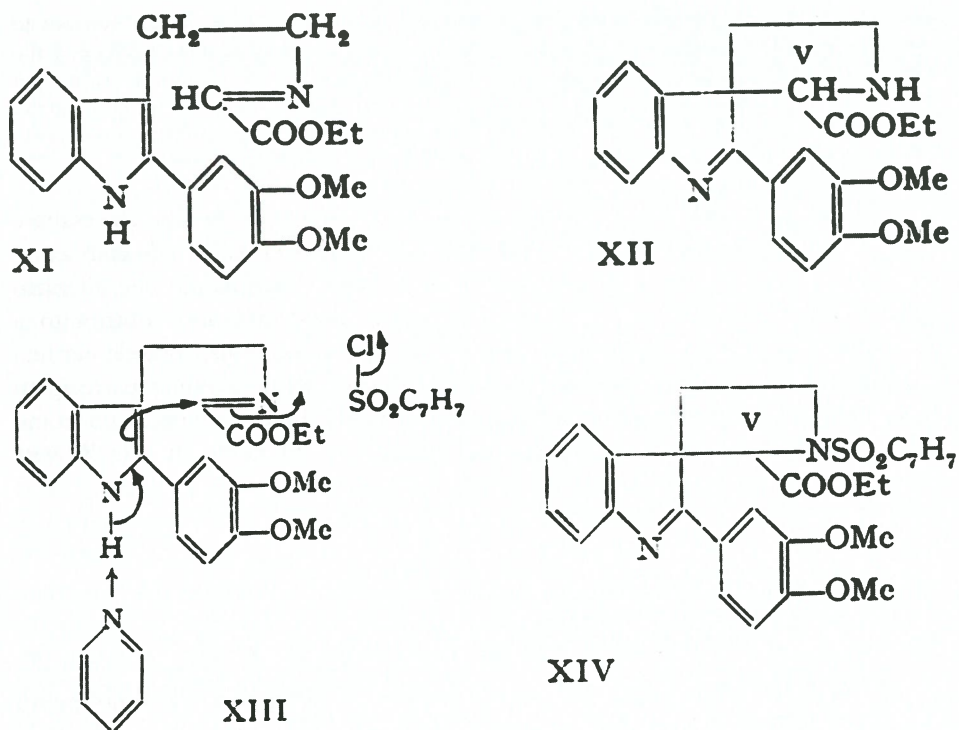


Figura 13

Il carattere cumulativo delle pratiche di sintesi viene giustamente enfatizzato dal chimico americano, come quando scrive:

Per l'elaborazione (*elaboration*) della catena etanamminica dobbiamo citare il nostro debito con i ricercatori precedenti [8], [9], [10], [11], [12], che hanno sviluppato metodi semplici ed eleganti per l'introduzione di sostituenti nella posizione  $\beta$  dell'indolo.<sup>171</sup>

Ma in un brano molto 'tecnico', facendo riferimento a ben 4 diverse strutture (le strutture da XI a XIV di Figura 13), Woodward dimostrò come i chimici organici fossero ormai in grado di 'manipolare' gli elettroni. Si trattava di ottenere la chiusura di un certo anello, passando dalla struttura XI alla XII, un'operazione in vario modo tentata e non ancora riuscita:

*de Chimie Pure et Appliquée. Conférences principales et conférences de sections*, Basel: Birkhäuser, 1955, pp. 213-228, alla p. 217.

<sup>171</sup> *Ib.*, p. 216. I cinque lavori citati da Woodward erano stati pubblicati fra il 1937 e il 1952 da quattro diversi gruppi di chimici, due tedeschi e due americani.

Chiaramente era necessaria una certa costrizione (*some coaxing*); per indurre gli elettroni ad assumere le posizioni desiderate, decidemmo di tirarli (*to pull them*) da una direzione, e allo stesso tempo di spingerli (*push them*) dall'altra. Il cloruro di toluensulfonile fu scelto per tirare e la piridina per spingere; quando la base di Schiff (XI) fu trattata con questi reagenti, essi *eseguirono il nostro comando* (cfr. le frecce (*arrows*) in XIII) e fu prodotto il composto (XIV), che conteneva il [tanto] desiderato anello V.<sup>172</sup>

Il buonumore dell'Autore è palese, tuttavia l'autoironia non fa altro che esaltare la precisione ontologica della complessa reazione immaginata dal grande chimico.

Concludo questa sezione — e la nostra ricerca — ricordando che all'inizio della conferenza Woodward celebra l'impresa di quanti avevano contribuito a determinare la struttura molecolare della stricnina, premessa indispensabile per una successiva sintesi. All'attacco a questa struttura così difficile avevano partecipato «molti chimici», ma, scrive Woodward, «[i]n questo sforzo il nome di un uomo splende brillantemente sopra quello di tutti gli altri, [il nome di] Sir ROBERT ROBINSON».<sup>173</sup>

#### 4. OSSERVAZIONI CONCLUSIVE

##### 4.1. *Le forme del dibattito teorico e il rapporto fra teoria ed esperimento*

La presente relazione ha già raggiunto dimensioni insopportabili, sono quindi opportune delle conclusioni succinte, quasi solo una traccia interpretativa dei temi trattati. Ho cercato in primo luogo di evidenziare la ricchezza dei modelli di Thomson e di Lewis. Rispetto al primo va sottolineato che la letteratura secondaria, specie quella di storia della fisica, ha dato poco o pochissimo rilievo alle numerose proposte di Thomson successive al famosissimo modello del 1904. Per altro, nel 1914 Thomson si avvicinò moltissimo alla concezione fondamentale del legame chimico dato da due elettroni condivisi, e — tuttavia — la mancò. Kohler nel suo studio sull'origine della teoria di Lewis ha dato un certo spazio al contributo di Thomson, limitandosi (giustamente) al tema della sua ricerca, ma senza mettere in luce il limite del fisico inglese, che utilizzava nello stesso contesto anche un singolo tubo di forza, ossia un elettrone singolo, per dare plausibilità ad oggetti misteriosi come l'ipotetica molecola  $H_3$ .<sup>174</sup> I nitidi postulati di Lewis (Tabella 3) resero la formulazione del suo modello comprensibile ai chimici, che vi riconobbero a prima lettura l'intenzione di incardinare il problema fondamentale della disciplina, il mutamento chimico delle sostanze, su una opposizione strutturale degli elettroni,

<sup>172</sup> Loc. cit.

<sup>173</sup> Rif. 170, p. 213; il maiuscoletto è dovuto allo stile tipografico dell'editore svizzero.

<sup>174</sup> R.H. KOHLER, «The Origin of G.N. Lewis's Theory of the Shared Pair Bond», *Hist. Stud. Phys. Scie.*, 3, pp. 343-376 (1971).



quelli costituenti il nocciolo e quelli costituenti il guscio. Il contributo più rilevante ed originale del modello rimane però quello del legame chimico come coppia di elettroni, una proposta dovuta *interamente* al chimico fisico americano.

Le proposte di Thomson e Lewis hanno avuto un'efficacia rilevante nella comunità dei chimici inglesi, ma un aspetto interessante, e forse inatteso, di questa efficacia è l'ibrida presenza di suggerimenti e di termini linguistici provenienti da *entrambi* i modelli. Nel concorrere alla formazione del pensiero teorico della chimica organica fisica il modello di Lewis è comunque prevalso. Un altro aspetto significativo dell'uso dei modelli è che ciascun Autore ne propone integrazioni, estensioni, adattamenti. Questo è particolarmente evidente nel progressivo sviluppo del pensiero di Robinson, messo alla prova dagli attacchi di Ingold. Per altro, la disputa fra i chimici inglesi a proposito della sostituzione sull'anello benzenico è interessantissima per i suoi molteplici connotati epistemologici: (a) nel giro di pochi mesi Robinson elabora con un *processo cumulativo* una rappresentazione linguistica e iconografica completa della mobilità degli elettroni nelle molecole organiche; (b) nella discussione sono costantemente confrontati modelli e loro varianti, che in casi estremi *ci* appaiono incommensurabili (elettroni vs. affinità), e che in altri 'mescolano' tranquillamente i due modelli estremi; (c) è costantemente all'opera un lavoro di esplicita traduzione fra i diversi modelli, fino alla falsa, tendenziosa 'versione' proposta nell'articolo di conversione di Ingold.

Non deve sfuggire il fatto che la disputa si innesca e si svolge fra la fine del 1924 e il 1926, nel periodo in cui letteralmente esplose la nuova meccanica ondulatoria. Tra i processi di formazione dei concetti fondamentali della chimica organica fisica e la formazione dei concetti fondamentali della fisica quantistica non c'è alcuna correlazione. L'unico fisico il cui pensiero influenzò Robinson fu Thomson, uno scienziato che rimase volutamente e esplicitamente estraneo ai quanti di Planck e Bohr. Ingold fu più attento agli sviluppi dei quanti di Heisenberg, Pauli e soci, tuttavia il suo contributo più importante, la chiarificazione/classificazione dei meccanismi di reazione, non dovette nulla alla ormai fiorente meccanica ondulatoria.

Se rimane confermata l'autonomia epistemologica della chimica organica fisica, ciò che cambiò fra la formulazione di Robinson nel 1926 e quella di Ingold del 1934 fu l'estensione notevole della base sperimentale. La disputa si giocò tutta sui processi di sostituzione del benzene, un ambito ristrettissimo se si pensa alla moltitudine di classi di reazioni allora note. Successivamente la base sperimentale si estese (potenzialmente) all'intero campo della reattività organica, e sul versante delle grandezze molecolari acquisì di volta in volta i momenti dipolari, le frequenze di gruppo, le distanze di legame, i calori di reazione, etc. La dialettica del rapporto fra teoria e base sperimentale si dispiega pienamente già fra il 1926 e il 1934. Il dato sperimentale sollecita l'interpretazione teorica, che si modifica e si consolida sulla base più estesa. La teoria, a sua volta, dona valore conoscitivo alla misura, che si arricchisce di senso. Ovviamente la dialettica di cui sto parlando è di carattere generalissimo — opera ovunque vi sia teoria ed esperimento. Nel caso della chi-

mica organica fisica va ancora sottolineato che pur nella novità del contesto 'elettronico' è all'opera anche un'altra dialettica, tipica invece della chimica: il rapporto fra parte e tutto, utilizzato esplicitamente nelle diverse grandezze 'additive', e implicitamente nei diversi 'effetti' della teoria elettronica di Robinson e Ingold.

#### 4.2. *Lavoisier, Ingold e altri eroi*

Proprio all'inizio del Novecento il lascito di Alfred Nobel diede alla comunità scientifica internazionale un modo molto visibile per indicare quali fossero gli eroi da celebrare. Elisabeth Crawford ha dedicato un intero volume ai primi anni di vita della Fondazione Nobel, analizzando i meccanismi accademici e politici che portarono ad assegnare i premi per le scienze fisiche dal 1901 al 1915.<sup>175</sup> Non c'è motivo di credere che il conferimento dei premi sia diventato più 'oggettivo' di quanto lo sia stato nel periodo studiato da Crawford, periodo che vide il dominio quasi incontrastato delle scelte culturali, nazionali e personali di Svante Arrhenius (1859-1927). Ho introdotto queste valutazioni sui premi Nobel perché del trio di chimici che ha dominato il mio racconto, Lewis, Robinson, Ingold, solo Robinson fu laureato dall'Accademia svedese, e anche in questo caso non per i contributi alla chimica organica fisica. Vale la pena di aggiungere qualche considerazione. Su Robinson, in particolare, è stato osservato un po' (troppo) obliquamente che «era appassionatamente dedito alla coltivazione [...] di amicizie in alto loco».<sup>176</sup> Nel 1947, quando il chimico inglese vinse il Nobel per la chimica, Chaim Weizmann, il vecchio amico di Manchester, era al culmine della propria vasta influenza sulla politica internazionale; nel maggio 1948, al termine del mandato inglese sulla Palestina Weizmann sarebbe diventato il primo Presidente dello Stato di Israele. Non so se Brock si riferisse a *questa* amicizia; forse sarebbe stato più corretto da parte dello storico inglese entrare più nel merito di una 'passione' che ci appare così largamente condivisa all'interno della comunità scientifica da non doverne — in generale — far cenno in un rapidissimo profilo biografico.<sup>177</sup> In ogni caso agli altri due fondatori mancò 'qualcosa' per conquistare il massimo riconoscimento scientifico. Su questo aspetto istituzionale non ho una sola opinione che sia degna di essere condivisa, ma posso almeno ricordare che ben cinque chimici di Berkeley, cresciuti alla scuola di Lewis, ottennero il Nobel nel 1933, 1949, 1951, 1960, 1961.<sup>178</sup>

Ingold merita un discorso a parte, conclusivo del presente saggio. L'opera di

<sup>175</sup> E. CRAWFORD, *The Beginnings of the Nobel Institution. The Science Prizes, 1901-1915*, Cambridge: Cambridge UP, 1984.

<sup>176</sup> Rif. 8, p. 509.

<sup>177</sup> Il passo completo di Brock è questo: *Robinson was passionately devoted to music, chess, mountaineering and the cultivation of friendships in high places.*

<sup>178</sup> Nell'ordine delle date: H.C. Urey, W.F. Giauque, G.T. Seaborg, W.F. Libby, M. Calvin; cfr. Rif. 5, alla p. 18.

Ingold è stata paragonata a quella di Lavoisier.<sup>179</sup> Si tratta di un giudizio enfatico, specie se si considerano entrambe le figure dal punto di vista più significativo per Lavoisier, quello della *discontinuità* che la sua produzione scientifica introdusse nella storia della chimica. Il chimico francese realizzò una discontinuità 'generale' nella disciplina nel suo complesso. Ingold diede un contributo analogo modificando il modo di pensare/progettare le reazioni organiche, una parte cospicua ma pur sempre limitata della chimica; il rilievo storico dei due scienziati è quindi completamente diverso. Ma l'immagine evocatrice di Lavoisier può essere utile; infatti, se scandagliamo più intimamente l'opera dello scienziato inglese vediamo che i due grandi chimici hanno avuto diversi punti in comune, negativi e positivi.

Voglio cogliere tre aspetti negativi, argomentandoli sul piano dell'etica della comunicazione, e seguendo una successione dal più particolare al più generale, ovvero dal più caratteriale al più diffuso nella comunità scientifica. Il primo tratto negativo è quello di appropriarsi spregiudicatamente del lavoro altrui, senza un adeguato riconoscimento della priorità. Lavoisier lo fece nei confronti di Priestley, Ingold nei confronti di Robinson. Il secondo è il tentativo di cancellare nella memoria storica i predecessori; un atteggiamento ignobile e superfluo, data la statura scientifica di Lavoisier e di Ingold, che avrebbe sopportato benissimo qualsiasi confronto. Il terzo è l'intolleranza rispetto a critiche, a incursioni nel proprio campo, e più in generale verso i costumi linguistici impropri degli 'infedeli'.

Fra i punti positivi troviamo un aspetto qui speculare all'intolleranza linguistica, ossia una grande attenzione ai problemi della comunicazione, con la formazione progressiva di un intero, nuovo, valido dizionario, da utilizzare sia come strumento conoscitivo, sia come insegna di battaglia della propria scuola. Importante fu l'uso attento delle tecniche fisiche: Lavoisier collaborò alla pari con Laplace; le ricerche spettroscopiche di Ingold furono estremamente avanzate, splendide. Infine entrambi elaborarono teorie potenti a livello esplicativo; nel caso di Ingold la teoria era potente anche a livello predittivo.

Certamente la mia relazione avrebbe potuto dare maggior rilievo alle comunità, e minor attenzione ai padri fondatori della chimica organica fisica. Come scusa avanzo il mio tentativo di descrivere degli uomini e non degli eroi.

<sup>179</sup> Rif. 7, p. 270.

VITTORIO CARASSITI \*

## **Giovanni Battista Bonino, 1899-1985: un protagonista della rivoluzione chimica del Novecento \*\***

**Giovanni Battista Bonino, 1899-1985: a protagonist of the twentieth century's revolution in chemistry.**

**Summary** – The Author summarizes the scientific work of G.B. Bonino, professor of physical chemistry at the University of Bologna, the founder in Italy of the molecular physical chemistry.

Since 1923 his work is mostly concerned with infrared molecular spectroscopy. Following the discovery of the Raman effect, Bonino and coworkers also start an intense Raman activity (1929). The spectroscopic researches continue until the seventies. In this period of modern chemistry revolution, he also deals with researches on the theory of concentrated solutions of strong electrolytes and their applications (after the first paper of Debye-Hückel, 1923), as well as with quantum chemistry by using groups theory.

Giovanni Battista Bonino nasce a Genova nel 1899. Assistente all'Università di Genova, poi a quella di Bologna dal 1923, professore di Chimica fisica a Bologna dal 1927 al 1959 (salvo un biennio a Pavia), dal 1959 di Chimica applicata a Genova, dove muore nel 1985.

Molti i riconoscimenti accademici (Austria, Francia, Germania, Gran Bretagna, India, Italia, Spagna, Stati Uniti d'America, Stato Pontificio, Svizzera).<sup>1</sup>

\* Dipartimento di Chimica, Centro di Studio su Fotoreattività e Catalisi del C.N.R., Università di Ferrara, via Luigi Borsari 46, 44100 Ferrara, Italy.

\*\* Relazione presentata all'VIII Convegno Nazionale di «Storia e Fondamenti della Chimica» (Arezzo, 28-30 ottobre 1999).

<sup>1</sup> EOLO SCROCCO, «Giovanni Battista Bonino (1899-1985)», Lettura all'Accademia nazionale dei Lincei nella seduta del 21/6/1986; *Atti Accademia nazionale dei Lincei, Rendiconti*, 80, 1987, p. 473; GIOVANNI SEMERANO in A. BRECCIA FRATADOCCHI e A. PASQUINELLI (a cura di), 1737-1987. *Dalla cattedra di J.B. Beccari ai Dipartimenti*, Accademia delle Scienze, Istituto di Bologna, 1990, p. 27.

Questa bella fotografia, scattata mentre si va per le valli del Trentino e dell'Alto Adige a curare acque minerali, è un poco provocatoria: ma vuole sottolineare che non fu soltanto il ricercatore avanzato della spettroscopia molecolare, della chimica quantistica, della teoria degli elettroliti forti. Coltivò molti interessi scientifici, sino alla chimica applicata, industriale e all'ingegneria chimica (con allievi sia di Bologna che di Genova: C. Trevissoi, P. Fontana, R. Radoni, R. Francesconi, G. Ferraiolo, F. Gesmundo, ecc.) sempre al massimo delle possibilità della scienza.

Confesso che nel preparare questa relazione — che è una riflessione storiografica sul significato di Bonino nella ricerca chimica — sono stato tentato di invadere aspetti più intimamente biografici, poiché Bonino ha una personalità eccezionale, che ho sentito fortemente durante i 14 anni passati con lui nell'Istituto bolognese di via Selmi.

Ma ho avuto un dubbio, poiché una biografia è in fondo una vita, filtrata attraverso la vita e le esperienze di un'altra persona; il biografo tende a portare il suo soggetto più vicino a sé stesso e al suo lettore.<sup>2</sup> Oltre, beninteso, alla eventualità di tradire inconsapevolmente l'essenza vera di ogni atto scientifico, che è il frutto complesso di un cumulo di circostanze e di motivazioni; come quando, accettando ciò che Bonino stesso ci racconta, diciamo che la sua scelta di affrontare la spettroscopia molecolare IR è stata la conseguenza della lettura fortuita di un libretto di Victor Henry. O come accettiamo, ad esempio, ciò che Linus Pauling ci dice sull'origine del suo desiderio di diventare chimico, attratto dall'apparenza un po' misteriosa della reazione di acido solforico sgocciolato sullo zucchero. Leon Edel scrive che il fine della ricerca biografica è la risoluzione della tensione tra la maschera e la sembianza che ci sta sotto. Ma una gran parte della vita — anche della vita scientifica — continua ad avvenire nel segreto delle menti e dei cuori delle persone creative, e noi non possiamo sempre collegare con sicurezza cause ed effetti.<sup>2</sup>

Oggi la ricerca in équipe e la specializzazione hanno reso più difficile il riconoscimento del genio; però, nello sforzo di correlare i momenti della storia della scienza, l'elemento personale è fondamentale.

Di Bonino colpisce subito la straordinaria capacità di aprire le nuove vie sull'onda delle continue conquiste scientifiche del XX secolo; colpisce la sua ansia — direi — di essere l'iniziatore.

Ma se cerchiamo una definizione di Bonino è difficile iscriverlo in una delle categorie degli opposti degli uomini di scienza — come faceva Wilhelm Ostwald<sup>3</sup> — poiché egli rientra in tutte: il classico e il romantico, l'iniziatore e il perfezionatore, lo scopritore e l'organizzatore, lo sperimentatore e il teorico, il didatta e lo scrittore, lo scienziato e l'industriale.

<sup>2</sup> ROBERT J. PARADOWSKI, «Some personal reflections of a Pauling biographer on the art and science of scientific biography», *Journal of Chemical Education*, 73, 1996, p. 4.

<sup>3</sup> EDUARD FARBER, «A study in scientific genius», *Journal of Chemical Education*, 30, 1953, p. 600.



Giovanni Battista Bonino.

Rinuncio qui a gran parte dei contributi scientifici recati da lui, unitamente agli allievi, negli anni posteriori, per lasciare in rilievo gli aspetti d'avanguardia, soprattutto del periodo pionieristico della chimica moderna, in cui fu indiscusso protagonista, in Italia, del nuovo corso, e sempre in prima linea sul piano internazionale per le idee, i risultati, il bagaglio concettuale, gli scambi, le cooperazioni. Quando, invece, in Italia quegli anni difficili coincisero in buona parte con una conduzione di regime — volta ad affermare il primato della Scienza italiana e a scoraggiare lo scambio — che portava all'isolamento dal contesto della ricerca internazionale, e in cui scienza pura e scienza applicata trovavano un ruolo nella nazione, la prima per promuoverne l'autarchia intellettuale, la seconda per promuoverne l'autarchia materiale, tanto che il tema della XXVII riunione della SIPS del 1938 si compendì in due parole: Scienza ed Autarchia.<sup>4</sup>

Quegli anni segnarono anche una decisiva rivoluzione chimica: dopo i lavori di De Broglie, Heisenberg, Schrödinger, Pauli, che avevano gettato le basi della nuova fisica elettronica, la chimica fisica classica di Wilhelm Ostwald — suo fondatore con la Scuola di Dorpat — di Arrhenius, van't Hoff, Gibbs, Nernst, si apriva, con le idee di Heitler, London, Bethe, Slater, Lennard-Jones, Pauling, Mulliken, Hückel, van Vleck, alla chimica fisica molecolare che avrebbe cambiato profondamente il pensiero chimico.

Agli inizi degli anni '20 Bonino fu il primo chimico, in Italia, e tra i primi nel mondo, a fare ricerca di spettroscopia molecolare nell'infrarosso, intuendone l'enorme potenzialità per struttura e dinamica molecolari.

Nel 1951, presentando alla Scuola bolognese Jean Lecomte, uno dei massimi specialisti di chimica nell'infrarosso, con cui c'era scambio scientifico, scrive:

«Ai primi mesi del 1919 ebbi tra le mani ... quello scintillante libretto di Victor Henry che porta il titolo "Etudes de Photochimie" ... Il libro di Henry sottolineava un argomento che a noi giovani chimici di allora sembrava nuovo: lo spettro ultrarosso e la chimica. ... Il libretto di Victor Henry mi aprì un mondo nuovo. Feci allora una escursione nel mondo dei fisici per istruirmi e mi accorsi che, se era pur vero ... che gli spettri ultrarossi, come aveva scritto Urbain nel 1911 ... non erano ancora entrati nel dominio della pratica chimica, era pur vero che i Fisici, già da molti anni, avevano segnalato il problema in modo suggestivo ai chimici. I chimici, forse, erano stati un po' sordi, abituati come erano, allora, a vivere orgogliosamente chiusi nel loro castello, sazi dei loro trionfi e delle loro glorie».<sup>5</sup>

Anche se le intuizioni di Ciamician, già nell'800, avevano visto nella spettroscopia molto di più di quanto i chimici di allora avessero visto.

Fin dal 1882, tra i fisici, Abney e Festing in Inghilterra, Julius in Olanda, Aengstrom in Svezia, Puccianti in Italia, Weniger in Germania avevano riferito sugli

<sup>4</sup> GIORGIO ISRAEL, PIETRO NASTASI, *Scienza e razza nell'Italia fascista*, Bologna, Il Mulino, 1998.

<sup>5</sup> GIOVANNI BATTISTA BONINO, «Presentazione del Prof. Jean Lecomte letta il 17/5/1951 nell'anfiteatro dell'Istituto G. Ciamician della Università di Bologna», *Bollettino Scientifico della Facoltà di Chimica Industriale*, Bologna, 10, 1952, p. 91.

spettri infrarossi di molti composti; e soprattutto Coblentz negli U.S.A. aveva prodotto in 3 volumi un contributo offerto ai chimici (1905), comprendente gli spettri di circa 150 composti, e correlazioni tra la posizione delle bande d'assorbimento e la presenza di determinati raggruppamenti atomici nella molecola.<sup>6</sup>

A proposito dell'escursione di Bonino presso i fisici, nota Mirone:

«bisogna dire che questa necessità di istruirsi doveva riguardare principalmente gli aspetti sperimentali della spettroscopia nell'infrarosso, dato che i primi lavori suoi rivelano una conoscenza sorprendente, per un chimico neolaureato di quegli anni, dei progressi più recenti della chimica teorica ...»<sup>7</sup>

Oltre a possedere un'ottima padronanza delle matematiche del gruppo di base della piramide di Wilhelm Ostwald,<sup>8</sup> aggiungo. Continua Mirone:

«ma l'aspetto sperimentale era una nota dolente ... poiché i chimici di allora, non solo in Italia, quasi ignoravano l'esistenza della spettroscopia nell'infrarosso, non c'era alcuna speranza che un istituto chimico (per giunta di chimica farmaceutica, come quello in cui Bonino era assistente) potesse mettere nel suo bilancio l'acquisto di uno spettrometro per l'infrarosso».

Bonino lavora in una piccola industria sino ad accumulare il credito occorrente a procurarsi uno strumento rudimentale a specchi, con ottica in salgemma, della casa Franz Schmidt e Haensch di Berlino.

Così commenta nel suo primo lavoro:

«... un profondo senso di riconoscenza mi impone di far pubblicamente noto che gli ... apparecchi mi vennero con atto di munifico mecenatismo procurati per queste ricerche da una Ditta privata: la Ditta Andrea Bevilacqua con fabbrica di prodotti chimici in Genova. Ed è specialmente lodevole in questi tempi in cui la ricerca scientifica pura in Italia si dibatte in difficoltà finanziarie molto gravi ...»<sup>9</sup>

A partire dal 1923, quando Bonino è un giovane assistente di 24 anni, e sino al 1926, produce 15 note, di cui 14 sulla «Gazzetta Chimica Italiana», in spettroscopia nell'infrarosso, dedicate in gran parte ad aspetti quantitativi.<sup>10</sup>

La massa di dati sperimentali da lui raccolta e pubblicata in così breve tempo riscuote alto apprezzamento anche all'estero, per cui nel 1929 viene invitato dalla

<sup>6</sup> N. JONES, *Chemical, biological and industrial applications of infrared spectroscopy*, Wiley, J.R. Doring Ed., 1985.

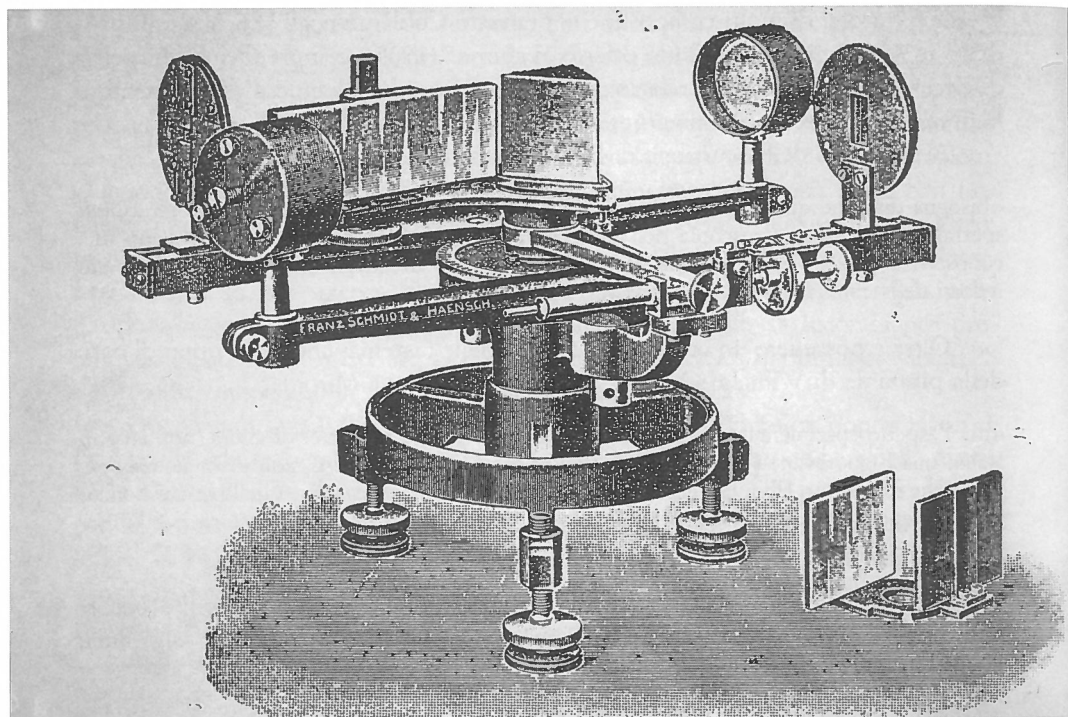
<sup>7</sup> PAOLO MIRONE in 1737-1987. *Dalla cattedra di J.B. Beccari ai Dipartimenti*, cit., p. 53.

<sup>8</sup> FLORENCE E. WALL, «Wilhelm Ostwald», *Journal of Chemical Education*, 25, 1948, p. 2.

<sup>9</sup> G.B. BONINO, «Studi di spettrochimica nell'ultravioletto», *Gazzetta Chimica Italiana*, 53, 1923, p. 555.

<sup>10</sup> G.B. BONINO, «Studi di spettrochimica nell'ultravioletto», *Gazzetta Chimica Italiana*, 53, 1923, pp. 555, 575, 583, 591; 54, 1924, pp. 457, 465, 472; 55, 1925, pp. 335, 341, 576; 56, 1926, pp. 278, 286, 292, 296.





Il primo spettrometro per infrarosso di Bonino (*Gazzetta Chimica Italiana*, 53, 1923, p. 555).

Faraday Society inglese al primo congresso internazionale di Spettroscopia molecolare di Bristol, che ha segnato il sorgere e l'affermarsi scientifico della spettroscopia molecolare moderna, dove tiene la relazione generale «Molecular spectra and molecular structure».<sup>11</sup>

Già nella prima nota citata precisa la sua posizione d'avanguardia:

«... anche ai lavori in questa parte dello spettro si potrebbe estendere il rammarico che fin dal 1908 il Prof. Kaiser faceva a proposito di quelli che fino allora erano stati fatti sugli spettri di assorbimento nell'ultravioletto, che cioè detti lavori sono d'indole puramente qualitativa ... Si può dire che l'unica cura degli autori è stata quella rivolta a stabilire dei rapporti tra la costituzione chimica e la posizione dei massimi d'assorbimento per ciascuna banda. Ma non v'è negli stessi alcun accenno a considerare la forma delle bande di assorbimento, a determinare le relative costanti, a porre dei confronti ... tra le proprietà chimiche e i valori delle speciali funzioni di quei massimi riferite alla molecola grammo del corpo assorbente, cioè coefficienti molecolari di assorbimento».<sup>10</sup>

<sup>11</sup> PAOLO CHIORBOLI, *Contributo alle celebrazioni del IX Centenario dell'Università di Bologna*, Accademia delle Scienze, Istituto di Bologna, 1990, p. 153.

Del resto, per quanto riguarda gli spettri d'assorbimento in generale, è durata sino agli anni '60 una certa inerzia mentale di molti chimici che hanno creduto la spettroscopia una materia per fisici e teorici dei gruppi, come scriveva C.K. Jørgensen nel 1962,<sup>12</sup> e di questo con lui ragionavamo nel 1956 quando io trascorsi un periodo di tempo nell'Istituto di Copenaghen dove stava studiando gli spettri elettronici d'assorbimento dei composti di coordinazione, e la loro interpretazione teorica.

Dopo 4 anni di attività frenetica, col 1926 la ricerca di Bonino nel campo della spettroscopia infrarossa subisce un rallentamento: certamente non una caduta del suo interesse, come dimostrano gli studi del periodo successivo, soprattutto tra il 1951 e il 1971, in cui Bonino e la sua Scuola (Mirone,<sup>13</sup> Fabbri, Lorenzelli, Bertoluzza, Morelli, Farnè, Castellari) producono un centinaio di pubblicazioni sulla struttura molecolare di composti organici e composti di coordinazione.<sup>14</sup>

Molto probabilmente a fermarlo negli anni '20 è la constatazione che quegli aspetti quantitativi sono risolvibili soltanto con una attrezzatura sperimentale e con mezzi in quei tempi impossibili nell'Università italiana.<sup>7</sup>

Tuttavia, in capo a 2 anni, nel 1928 gli viene incontro la scoperta di Chandrasekhara Venkata Raman,<sup>15</sup> dello spettro della luce diffusa, già teoricamente previsto da Smekal, Kramers e Heisenberg, Schrödinger e Dirac tra il 1923 e il 1927. La scoperta dell'effetto Raman, lungi dall'essere fortuita, è il culmine di 7 anni di sperimentazione sullo scattering della luce iniziati a bordo della nave nel suo primo viaggio all'estero, al Congresso di Oxford nel 1921, osservando e studiando lo scattering blu dell'acqua del Mediterraneo ed avviene con apparecchiature semplicissime: lo spettroscopio è un modellino tascabile, e il detector un occhio umano.

Il 16 marzo 1928 Raman dà il primo annuncio con i dettagli e l'interpretazione; il testo, con fotografie e spettri, è pubblicato il 31 marzo come fascicolo speciale dell'«Indian Journal of Physics», e spedito in 2000 reprints a fisici e istituti di ricerca di tutto il mondo.

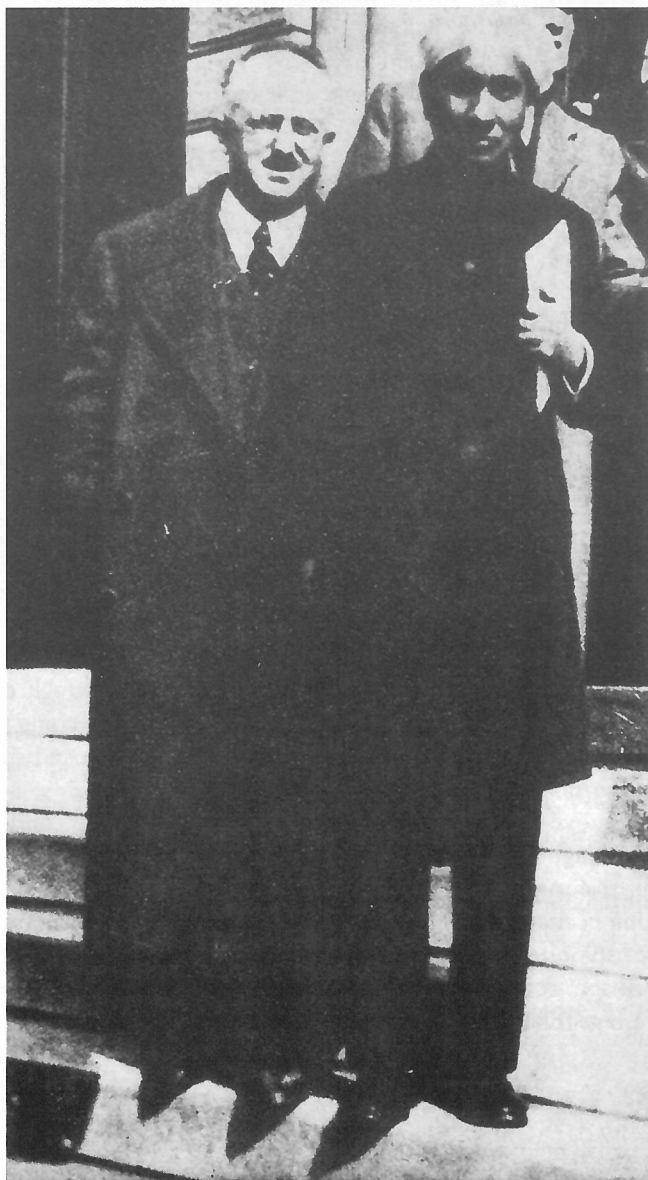
Si aprono nuove vie alla ricerca di strutturistica molecolare con lo sviluppo di un metodo di indagine vibrorotazionale complementare a quello infrarosso, e che ha l'effetto di trasferire nel visibile (o nell'ultravioletto) ai due lati della frequenza della radiazione eccitatrice, l'intera gamma di frequenze che prima doveva essere faticosamente esplorata nell'infrarosso, con due grandi vantaggi, la possibilità della utilizzazione di spettrografi con ottica in vetro — già abbastanza diffusi nelle Università — e la registrazione fotografica degli spettri.<sup>7</sup>

<sup>12</sup> CHRISTIAN KLIXBULL JØRGENSEN, *Absorption spectra and chemical bonding in complexes*, Pergamon Press, 1962.

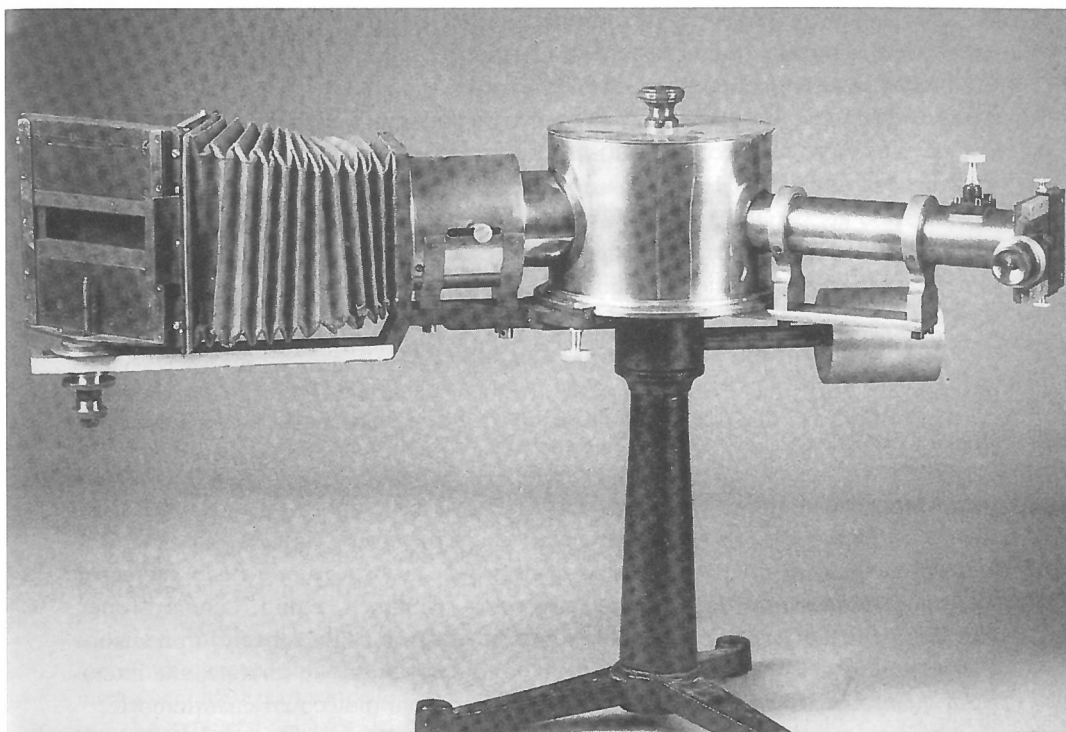
<sup>13</sup> PAOLO MIRONE, «Sullo spettro infrarosso del pirrolo tra 2, 8 e 4  $\mu$ », *Atti Accademia nazionale dei Lincei*, Rendiconti, 11, 1951, p. 365.

<sup>14</sup> BONINO, SEMERANO, BERTOLUZZA, *La spettroscopia Raman (e U.R.) a Bologna*, Istituto Chimico G. Ciamician, 1976.

<sup>15</sup> FOIL A. MILLER, GEORGE B. KAUFFMAN, «C.V. Raman and the discovery of the Raman effect», *Journal of Chemical Education*, 66, 1989, p. 795.



G.B. Bonino e C.V. Raman all'Istituto Ciamician di Bologna (1931).



Il primo spettrometro Raman di Bonino (1929)  
(da A.M. MARINANGELI, *La raccolta del Dipartimento di chimica G. Ciamician*, Bologna, 1988).

Nella conferenza all'Istituto Superiore di Sanità dice:

«... le apparecchiature erano veramente isteriche e tremendamente lente. Occorrevano eroismi di pazienza e di abilità sperimentale per arrivare a un risultato».<sup>16</sup>

Si riaccende l'attività di Bonino: i primi lavori sull'effetto Raman sono subito del 1929.<sup>17</sup> In Italia è il primo, e per lungo tempo il solo, con i suoi collaboratori, a lavorare allo studio sistematico di molti problemi chimici, che gli consentono di pervenire alla definizione delle frequenze proprie dei modi di vibrazione caratteristici per numerose serie di composti aromatici, e all'individuazione di correlazioni tra proprietà spettrali e carattere aromatico della loro reattività.<sup>11</sup>

<sup>16</sup> BONINO, *Lo spettro ultrarosso nell'indirizzo moderno della ricerca scientifica in Chimica e Biologia*, conferenza all'Istituto superiore di Sanità; parole riportate da ANNA MARIA MARINANGELI, *La raccolta del Dipartimento di Chimica G. Ciamician*, Bologna, A. Rizzi Ed., 1988, p. 255.

<sup>17</sup> BONINO, L. BRÜLL, «Studi sull'effetto Raman», *Gazzetta Chimica Italiana*, 59, 1929, pp. 643, 660, 668, 675, 728; BONINO, L. BRÜLL, «Raman Spektrum und geometrische isomerie», *Zeitschrift für Physik*, 58, 1929, p. 194.

Per la mole e la validità dei risultati, presentati in conferenze generali come quella del Congresso Internazionale di Madrid del 1935, il suo nome è sempre ai primi posti nella letteratura scientifica, fino alla guerra, alla pari con quello di Raman stesso e degli altri massimi cultori del settore, compreso K.W.F. Kohlrusch, l'altro grande ramanista europeo, con cui scambia risultati, informazioni, citazioni bibliografiche. Tra il 1929 e il 1939 Bonino pubblica 68 note con Brüll, Cella e Manzoni-Ansidei; poi, nel periodo 1940-1971 Bonino e la sua Scuola (Rolla, Chiorboli, Scrocco, Mirone, Bertoluzza, Lorenzelli) producono ancora circa 70 contributi.

Nel 1937, nella relazione tenuta a Parigi, dice:

«Nello sforzo che lo studio dell'effetto Raman richiede ai chimici organici per staccarsi dalla loro mentalità tradizionale si trova probabilmente un elemento di progresso per la chimica organica teorica moderna. Il chimico è costretto a questo punto ... a cercare di separare meglio ciò che vi è di simbolico nelle sue formule da ciò che può rappresentare una realtà fisica».<sup>18</sup>

Questo richiamo al dualismo simbolo — realtà fisica è una costante del pensiero chimico di Bonino. Anch'essa contribuisce a generare in lui quella caratteristica sensibilità per i concetti di simmetria che attraverserà l'intera opera sua: dall'interpretazione degli spettri Raman e infrarossi, alla previsione delle geometrie molecolari col metodo degli orbitali molecolari (Mulliken, Hund, Lennard-Jones, Hückel, van Vleck); dalle teorie delle soluzioni acquose degli elettroliti in relazione alle simmetrie dell'acqua liquida e delle sfere di coordinazione idratate, alle interazioni quantomeccaniche a corto raggio, alle interazioni molecolari enantiomorfe.

Bisogna notare che l'attenzione dello storico congresso di Bristol del 1929, già citato — oltre che fissarsi sull'effetto Raman appena scoperto, e sul problema dell'insufficienza delle tecniche nell'infrarosso, ancora troppo rudimentali per poter soddisfare le esigenze della chimica fisica — si polarizza sull'affermarsi delle nuove teorie della meccanica quantica in campo molecolare.

Proprio un paio di mesi prima del congresso, Bethe ha pubblicato negli «Annalen der Physik» il suo *Termaufspaltung in Kristallen* in cui ci sono molte aperture sul futuro. Basta sostituire l'idea della simmetria cristallina con quella di una simmetria molecolare, per offrire un panorama degli sviluppi che la struttura elettronica molecolare e l'interpretazione degli spettri molecolari avrebbero avuto nei decenni seguenti.<sup>19</sup>

Le note di Bonino fra il 1935 e il 1940<sup>20</sup> sui concetti di simmetria, con l'ap-

<sup>18</sup> BONINO, «Spettri Raman in chimica organica», *Actualités Scientifiques et Industrielles*, 6, 1937, p. 275.

<sup>19</sup> BONINO, *Advances in molecular spectroscopy, Proceedings of the IVth international meeting on molecular spectroscopy*, Bologna 1959; Pergamon Press, 1962, IX.

<sup>20</sup> BONINO, «Sulla costituzione molecolare del benzolo», *Gazzetta Chimica Italiana*, 65, 1935, p. 371; «Sulla costituzione molecolare della naftalina», *Gazzetta Chimica Italiana*, 66, 1936, p. 827; «Sulla simmetria molecolare del tiofene, I», *Atti Accademia Nazionale dei Lincei, Rendiconti*, 24, 1936, p. 288; «Sulla simmetria molecolare del tiofene, II», *Atti Accademia Nazionale dei Lincei, Rendiconti*, 24, 1936, p. 374; «Contributi ad uno sviluppo moderno del concetto di coordinazione», *Gazzetta Chimica Italiana*, I, 69, 1939, p. 763; II, 70, 1940, p. 217; BONINO, REGI-

plicazione della teoria dei gruppi, sulla base dei lavori di Bethe, Wigner, Tisza,<sup>21</sup> sono l'atto di nascita ufficiale della moderna chimica teorica italiana,<sup>22</sup> che a Bologna ha sviluppato più tardi gli studi quantomeccanici di configurazioni elettroniche di molecole complesse e loro caratteristiche chimico-fisiche, indici di legame e reattività, ecc. (Bonino, Scrocco, Salvetti, Chiorboli, Rolla).

Bonino analizza il concetto di coordinazione werneriano e mostra come questo possa essere basato su una rigorosa analisi delle combinazioni lineari degli orbitali atomici conformi alle rappresentazioni irriducibili del gruppo di simmetria della molecola; inoltre come tale concetto sia estensibile anche alla costruzione delle molecole organiche per le quali poteva sembrare che le teorie «legamiste» di valenza diretta, secondo il concetto di Slater-Pauling, fossero le uniche adeguate. Il contributo di Bonino è basilare sul piano strettamente scientifico, ma va anche a cogliere l'essenza storico-filosofica di grandi problemi della chimica.

Nel primo lavoro della serie *Contributi ad uno sviluppo moderno del concetto di coordinazione* scrive di Alfred Werner, che ha avuto «la geniale impudenza» — come un collega la definì — di lanciare la teoria della coordinazione da giovane Privat Dozent di 26 anni, praticamente senza esperienza in chimica inorganica e senza verifica sperimentale in quel tempo:<sup>23</sup>

«... è stato Werner ad intuire per primo un tale metodo di considerare le cose ... quando la meccanica quantica ancora non esisteva. Invero all'interno della sfera complessa werneriana manca ogni localizzazione delle singole valenze classiche della chimica ...

L'accentuarsi dell'idea del legame chimico come ente a sé 'localizzato' è forse in chimica organica un fenomeno posteriore al periodo epico e creativo della dottrina di questa parte della chimica, e forse il prodotto di un'epoca nella quale la grafia ha tentato di sostituire un insieme plastico di concetti di cui essa era espressione provvisoria, incompleta e grossolana. Può darsi anche che la vecchia chimica fisica seriale abbia influito sul pensiero di molti chimici organici portandoli ad una eccessiva materializzazione del simbolo come se questo fosse una rappresentazione del tutto conforme alla realtà fisica in atto. Ma nella mente dei grandi classici in chimica organica era invece spontanea una concezione più contingente del simbolo e si può affermare che non sfuggisse a questi autori il pericolo presentato da una lenta infiltrazione della materialità grafica e da una sua dannosa sopraffazione sulla elasticità dei concetti».<sup>20</sup>

Qui Bonino pensa a Kekulé, Thiele, Baeyer, ecc., e al problema della formula del benzene,<sup>24</sup> cui dedica anche ricerche sperimentali di spettrometria Raman, col

NALDO MANZONI-ANSIDEI, «Sulla simmetria molecolare del tiofene», *Ricerca scientifica*, II, 1936, p. 227.

<sup>21</sup> E.P. WIGNER, *Gruppentheorie*, Braunschweig, Friedrich Vieweg Sohn, 1931.

<sup>22</sup> ORIANO SALVETTI, in 1737-1987. *Dalla Cattedra di J.B. Beccari ai Dipartimenti*, cit., p. 45.

<sup>23</sup> IVAN BERNAL, GEORGE B. KAUFFMAN, «The spontaneous resolution of cis-bis(ethylene-diamine)dinitro cobalt (III) salts», *Journal of Chemical Education*, 64, 1987, p. 604.

<sup>24</sup> BONINO, «Organische chemie und symmetrie», *Berichte der Deutschen Chemischen Gesellschaft*, 71A, 1938, p. 129.

contributo di studi su molecole a simmetria diversa come pirrolo, tiofene, furano.<sup>25</sup>

Lo schema di Kekulé dei doppi legami scorrevoli aveva fatto scandalo: egli aveva frantumato un dogma, quello dell'immagine rappresentativa.<sup>26</sup>

Bonino appartiene a quella schiera di chimici che hanno sentito fortemente il valore determinante della notazione e della simbologia sugli sviluppi della scienza.

Vado indietro nel tempo: nell'aprile 1837 John Dalton esplose in una memorabile arrabbiatura — rischiando un colpo apoplettico — mentre si discutevano le convenzioni della notazione per la nuova teoria atomica della chimica — secondo la quale gli elementi sono fatti di atomi, e i composti di molecole, formate da elementi diversi combinati secondo rapporti di numeri interi e piccoli — il cui padre riconosciuto era appunto Dalton.<sup>27</sup>

Egli rappresentava l'atomo di ogni elemento con un circoletto graficamente diverso per ogni specie, e le combinazioni molecolari degli atomi come giustapposizione di due o più cerchietti; per cui la reazione di carbonio e ossigeno per dare anidride carbonica, ad es., veniva scritta



I chimici più giovani, tuttavia, avevano cominciato ad adottare la notazione alfabetica moderna:



Ci si può chiedere perché azzuffarsi tanto su una questione di nomenclatura quando, dopotutto, la sostanza della teoria di Dalton non era in discussione. Ma la notazione conta, e il modo in cui sono designati i mattoni di una costruzione di pensiero influenza profondamente lo sviluppo di quella disciplina. Gli atomi chimici di Dalton erano, sì, unità minime di materia, ma erano essenzialmente unità convenzionali per compendiare succintamente un grande corpo di conoscenze chimiche. A quei tempi rappresentarli con delle lettere era negare la loro realtà fisica, e ridurli ad espedienti interpretativi; peggio, era privare la gente di una immagine mentale da attaccare agli atomi, e allora questo infrangeva gli antichi principii dell'«arte della memoria», secondo cui per memorizzare efficacemente delle idee bisogna associarle a degli oggetti.<sup>27</sup>

Bonino lavora intensamente all'I.R. dal 1923 al 1926, ed al Raman dal 1929.

<sup>25</sup> BONINO, «Osservazioni alla nota di R. Truchet e J. Chapron: Spectre Raman de doubles liaisons conjuguées dans un noyau», *Gazzetta Chimica Italiana*, 65, 1935, p. 5.

<sup>26</sup> FRANÇOIS DAGOGNET, *Tavole e linguaggi della chimica*, Roma, Ed. Theoria, 1987.

<sup>27</sup> HANS CHRISTIAN VON BAEYER, «From classical chemistry to superstrings, effective notation can shape the very development of a discipline», *The Sciences*, 39, 1999, p. 12.

Ma in quegli anni rivoluzionari per la chimica un altro settore entra in ebollizione: la teoria di Debye e Hückel, che imposta il problema del calcolo dei coefficienti di attività degli elettroliti forti in soluzione, è dal 1923 e anni seguenti.<sup>28</sup> La pubblicazione iniziale di Bonino, ancora una volta il primo in Italia, è del 1926; la sua attività diventerà serrata a partire dal 1933 e continuerà sino agli anni '50<sup>29</sup> (con Vaglio, Centola, Mariani, Rolla, Dejak).

La sua opera, accanto a quella di uomini come Debye, Hückel, Onsager, Falkenhagen, Guggenheim, Bjerrum ecc., va compresa collocandola nella giusta prospettiva storica internazionale in cui si svolse, di costruzioni teoriche, raffinate risoluzioni e dispute ad altissimo livello concettuale, fra grandi difficoltà fisico-matematiche, e con i caratteri di un'avventura scientifica ancora di sapore classico, dove non emergono soltanto travaglio e genialità, ma anche rischio e coraggio intellettuale. Nel 1932 Falkenhagen scrive:

«La théorie éprouve encore aujourd'hui des difficultés à sortir du domaine des solutions suffisamment diluées pour s'étendre à celui des solutions concentrées ... Jusqu'à présent, ce problème compliqué n'a pu être traité que partiellement ...».<sup>30</sup>

L'estensione alle soluzioni concentrate è il problema cruciale che ha dato origine a diversi tentativi. Così La Mer e Coll., che modificano l'equazione differenziale del potenziale elettrostatico di D.H., o Hückel, che nel 1925 propone di sostituire alla costante dielettrica del solvente un valore «efficace» presentato come costante dielettrica media della soluzione, o Scatchard con la sua relazione semiempirica, migliorano di poco l'applicazione — rileva Bonino — e giungono persino agli assurdi di «raggi ionici di Debye» negativi o di valori immaginari dello spessore medio dell'atmosfera ionica di Debye.

Bonino e Coll. riconducono le funzioni matematiche alle costanti fondamentali dei singoli ioni e alle proprietà dell'elettrolita allo stato cristallino, e propongono una «correzione esponenziale» dell'equazione lineare della costante dielettrica efficace, che permette di spingere con successo i calcoli previsionali dei coefficienti di attività al campo delle soluzioni molto concentrate. Il metodo di calcolo numerico-grafico elaborato da Bonino e Coll. rende più rapido il procedimento ed attenua il

<sup>28</sup> PETER DEBYE, ERICH HÜCKEL, «Theorie der starken elektrolyten», *Physikalische Zeitschrift*, 24, 1923, pp. 185, 305.

<sup>29</sup> Ad es.: BONINO, «Coefficienti di attività e deformabilità degli ioni», *Atti Società ligure di Scienze e Lettere*, Genova, V, 1926, p. 3; BONINO, V. VAGLIO, «Raggio ionico ed attività osmotica», *Gazzetta Chimica Italiana*, 59, 1928, p. 49; BONINO, EUGENIO MARIANI, «Sul calcolo dei coefficienti di attività degli elettroliti forti in soluzione concentrata», *Atti Accademia Nazionale dei Lincei, Rendiconti*, III, 1947, pp. 442, 520; BONINO, «Ricerche sulla teoria delle soluzioni concentrate di elettroliti forti», *Gazzetta Chimica Italiana*, 78, 1948, p. 61; BONINO, CAMILLO DEJAK, «Ricerche sulla teoria delle soluzioni concentrate di elettroliti forti», *Gazzetta Chimica Italiana*, 81, 1951, p. 295; 84, 1954, p. 1049.

<sup>30</sup> HANS FALKENHAGEN, *Electrolytes*, Alcan Ed., 1934.



carattere di arbitrarietà che era proprio del cosiddetto «raggio ionico di Debye» e della dipendenza della «costante dielettrica efficace» dalla concentrazione.<sup>31</sup>

Con una revisione delle costanti introdotte da Hückel, che portavano a non indifferenti cause d'errore, si calcolano in modo soddisfacente diverse proprietà delle soluzioni di elettroliti (abbassamenti crioscopici, innalzamenti ebullioscopici, coefficienti di attività e osmotici, forze elettromotrici di elettrodi reversibili); ed inoltre — con una serie di lavori sperimentali e teorici di Bonino e Coll. (Rolla, Carassiti, Dejak) — un'altra proprietà non termodinamica, quella dell'effetto cinetico primario di sale o effetto Brønsted, cioè dell'influenza sulla velocità di una reazione fra ioni da parte di un elettrolita forte, estraneo alla reazione stessa, con cui si riescono ad isolare quegli aspetti difficili, altrimenti non distinguibili, che sono le interazioni chimiche specifiche tra ioni.<sup>32</sup> Infatti ancora Falkenhagen scrive nel 1934:

«... Il est peu vraisemblable que les forces de Coulomb s'exercent seules entre les ions dans le domaine entier de concentrations que l'on étudie.

Il est probable ... que les forces quantiques purement chimiques entrent également en jeu. Malheureusement on ne sait encore que peu de chose sur leur façon d'agir en solution ... Le solvant doit également jouer un rôle encore fort peu éclairci et agir d'une certaine façon sur les ions».<sup>30</sup>

Dai valori calcolati, in soluzione acquosa, dei volumi medi delle sfere contenenti ciascun ione idratato, Bonino ottiene risultati in accordo con le considerazioni quanto-meccaniche sulle energie di idratazione di Bernal e Fowler.<sup>33</sup> In questo punto di viraggio tra teorie coulombiane classiche e moderne teorie quantistiche, troviamo il primo motivo temporale di adesione di Bonino alle nuove idee sulla struttura quasi cristallina dell'acqua.

Ma soluzioni acquose di elettroliti sono anche le acque minerali, per le quali provava una speciale predilezione. Se non ve la testimoniassi qui gli farei un grosso torto: era in quelle escursioni idrologiche che vinceva l'abituale ritrosia ad esternare i suoi sentimenti.

In questa attività applicata si coniugano l'insigne chimico-fisico delle soluzioni e il chimico della Scuola farmacologica genovese di Benedicenti — dove fu assistente — cui va aggiunto un pizzico di amore per la montagna, l'ascendenza valbrenbanese degli avi e l'ereditarietà di Mario Betti, che ha occupato la cattedra di Chimica generale bolognese alla morte di Ciamician nel 1922.

<sup>31</sup> CAMILLO DEJAK, «Ricerche sulla teoria delle soluzioni concentrate di elettroliti forti», *Gazzetta Chimica Italiana*, 84, 1954, p. 1025.

<sup>32</sup> Ad es.: BONINO, MARIO ROLLA, «Sul calcolo dell'effetto cinetico primario di sale», *Atti Accademia nazionale dei Lincei, Rendiconti*, III, 1947, p. 445; ROLLA, VITTORIO CARASSITI, «Sull'effetto cinetico di sale nella reazione tra ioduro e persolfato», *Bollettino scientifico della Facoltà di Chimica Industriale*, Bologna, 1949, p. 1; CARASSITI, DEJAK, «Ricerche sull'effetto cinetico primario di sale», *Annali di Chimica*, 49, 1959, pp. 233, 1718.

<sup>33</sup> J.D. BERNAL, R.H. FOWLER, «A theory of water and ionic solutions, with particular reference to hydrogen and hydroxyl ions», *Journal of Chemical Physics*, 1, 1933, p. 517.

Al XXXI Congresso nazionale dell'Associazione medica italiana di Idroclimatologia, Talassologia e Terapia fisica di S. Pellegrino Terme — Valbrenbana — del 1952 non nasconde di sapersi scienziato di punta e dice:

«... dopo due secoli di prodigiosi progressi della chimica e della chimico-fisica, noi Idrologi chimici del settore più avanzato, siamo meno ottimisti e ci accorgiamo che, dopo aver spiegato tante cose per chiarire lo stato chimico-fisico di un'acqua minerale, il più ancora ci sfugge nei suoi aspetti essenziali ed importanti ... Voi siete venuti ad ascoltarmi con la speranza che io vi aprissi le porte del mistero e viceversa avete sentito una confessione, una confessione di umiltà del chimico e del chimico-fisico di avanguardia».<sup>34</sup>

Bonino aveva l'orgoglio di scienziato, ma sempre sotto un ferreo controllo di stile che ne faceva un comunicatore affascinante. Lontano dalla presunzione, ad es. di Ostwald; o dall'egocentrismo vanitoso di Pauling, che del resto era parte integrante del suo charme.

Lontano dalla suprema autoconsiderazione di Raman: ad un meeting di Calcutta in suo onore, nel 1924, Raman disse che ringraziava per questo che era solo l'inizio, e che si aspettava il Nobel entro cinque anni. Arrivò dopo sei, nel novembre 1930; nel luglio precedente aveva già prenotato per sé e la moglie il piroscavo per la cerimonia di Stoccolma, sicuro che glielo avrebbero assegnato; non solo, ma con il preannuncio pubblico che l'avrebbe avuto.<sup>15</sup>

Per quanto riguarda le acque, in realtà, per primo, Bonino ne interpreta le proprietà in termini dei più avanzati principii scientifici. Superando il vecchio concetto di soluzioni ideali ad effetti ionici additivi, e quello più moderno dei coefficienti di attività per ogni singolo ione, dipendenti dall'insieme di tutti gli altri ioni, Bonino e Coll. (Carassiti, Claudi, Bertoluzza, Moggi) puntano sulle interazioni a corto raggio comprendenti anche le azioni quanto meccaniche di tipo coordinativo, e sulle proprietà dell'acqua, non più considerata spettatrice, a causa degli equilibri per la sua struttura pseudoreticolare; cosicché ogni acqua minerale viene ad essere caratterizzata, in forma quantitativa, dalla prevalenza di costruzione o distruzione strutturale. Un tale modo di vedere è molto più vicino alla realtà di ogni altro tipo di considerazione più comune, basato sull'uso di grandezze come temperatura di congelamento, pressione osmotica, conducibilità elettrica.<sup>35</sup>

I concetti di simmetria — e di dissimmetria — in quegli anni sono di casa nell'Istituto di Via Selmi a Bologna.

Betti è a Bologna dal 1922 sino alla morte avvenuta nel 1942: ferma la sua attenzione particolarmente sul carattere di dissimmetria dell'enantiomorfismo

<sup>34</sup> BONINO, «Considerazioni su alcuni problemi di chimica idrologica di attuale interesse», *Bollettino scientifico della Facoltà di chimica industriale*, Bologna, XIII, 1955, p. 59.

<sup>35</sup> BONINO, CARASSITI, LUCA MOGGI, «Ricerche preliminari sui rapporti di concentrazione ionica delle acque minerali», *Pharmacia Mediterranea*, V, 1964, p. 280; CARASSITI, «Un'applicazione dei volumi parziali molali: caratterizzazione di acque minerali», *Atti Accademia delle Scienze*, Istituto di Bologna, XIII, II, 1975, p. 5.



G.B. Bonino e M. Betti all'Istituto Ciamician di Bologna.

molecolare nei composti naturali. La sensibilità di Bonino è attratta dai concetti di simmetria anche in questo campo tanto che, nel 1950, giungerà alla realizzazione della prima risoluzione di un racemo negli enantiomeri mediante cromatografia su carta, in mezzi molecularmente dissimmetrici.<sup>36</sup>

Le suggestioni e i sinergismi delle idee si sovrappongono. Ciamician — padre della fotochimica organica — scompare nel 1922, ma il virus della fotochimica resta sui muri dell'Istituto di via Selmi.

Betti pensa che la sintesi naturale asimmetrica primordiale, che può avere orientato in senso asimmetrico tutte quelle successive, debba essere stata di natura fotochimica, dovuta alla componente di luce solare polarizzata circolarmente, e dedica gli ultimi anni a dimostrarne la possibilità.<sup>37</sup>

Nel 1937, da cloro gassoso, propilene e luce polarizzata, Betti ottiene per la prima volta dicloropropano otticamente attivo.

Il virus di Ciamician ha dunque agito.

Dal 1956 al 1959 Bonino, Chiorboli e Coll. studiano gli spettri Raman di cianuri complessi di metalli di transizione di varia simmetria;<sup>38</sup> nel 1958 tentano con gli ottocianuri di molibdeno e di tungsteno, ma le soluzioni di questi sali, esposte alla sorgente di luce Raman a 436 nm, rapidamente diventano blu. È una reazione fotochimica, già osservata da Chilesotti,<sup>39</sup> e che più tardi verrà riconosciuta come una reazione di fotosostituzione nelle bande ligand field.

Ne discutemmo con Bonino: aveva così inizio lo studio della fotochimica dei composti di coordinazione e della chimica inorganica. Il virus di Ciamician aveva colpito ancora: Bonino aveva agito come portatore sano.

Certamente il co-fattore del contagio fu ancora una volta di natura spettroscopica, perché negli anni '50 era a buon punto l'interpretazione teorica degli spettri elettronici di assorbimento dei complessi di coordinazione (Orgel, Jörgensen, Ballhausen, Tanabe e Sugano, Linhard e Weigel) e i tempi erano dunque maturi per sviluppare su base razionale la fotochimica inorganica, tanto che studi di questo tipo ebbero inizio contemporaneamente ed indipendentemente anche presso qualche altro laboratorio straniero.

<sup>36</sup> BONINO, CARASSITI, «Separation of the optical antipodes of racemic  $\beta$ -naphtholbenzylamine by paper chromatography», *Nature*, 167, 1951, p. 569.

<sup>37</sup> BONINO, *In memoria del Sen. Prof. Mario Betti* - Commemorazione letta all'Accademia di agricoltura di Bologna, 28 maggio 1943, Tip. Cuppini, 1944.

<sup>38</sup> PAOLO CHIORBOLI, E. TEDESCHI, «Spettro Raman del cobalticianuro di potassio in soluzione acquosa e allo stato cristallino», *Atti Accademia nazionale dei Lincei, Rendiconti*, 22, 1957, p. 44; BONINO, CHIORBOLI, «Spettro Raman del rutenio cianuro di potassio cristallino e in soluzione acquosa», *Annali di Chimica*, 49, 1959, p. 3; BONINO, CHIORBOLI, GIANFRANCO FABBRI, «Spettri Raman ed ultrarossi di cianuri complessi a simmetria  $D_{4h}$ », *Atti Accademia nazionale dei Lincei, Rendiconti*, 26, 1959, p. 137.

<sup>39</sup> A. CHILESOTTI, «Di due sali complessi di molibdeno», *Gazzetta Chimica Italiana*, 34, II, 1904, p. 493.



La prima nota fu del 1959;<sup>40</sup> nel 1970 usciva il volume *Photochemistry of Coordination Compounds*,<sup>41</sup> che sarebbe rimasto per molti anni il testo internazionale di riferimento per i ricercatori. Naturalmente la dedica del volume fu a Bonino.

Ora si potrebbe ragionevolmente supporre che lo sviluppo della fotochimica sarebbe stato differente se Ciamician, dall'Università di Padova, non si fosse trasferito nel 1889 a quella di Bologna: e tale ipotesi è divertente se si va a indagare sulle ragioni del trasferimento.

Giuseppe Bruni, collaboratore, poi professore a Milano, ebbe infatti una confidenza da Ciamician,<sup>42</sup> secondo cui le vere ragioni della scelta di Bologna non furono quelle dette ufficialmente — cioè le difficoltà per ottenere un posto stabile a Padova — ma il fatto che a Bologna suonava la Società del Quartetto e le possibilità di ascoltare buona musica erano maggiori che in ogni altro luogo d'Italia. Ciamician amava la musica appassionatamente, quanto la scienza, e a Bologna fu uno dei membri più attivi della Società e uno dei suoi presidenti per molti anni.

Dall'infrarosso alla musica: e qui l'anello virtuale si chiude, perché anche Bonino era appassionato di musica, un profondo conoscitore di musica.

Gli va il mio affettuoso ricordo di quelle rigorose analisi formali della prima o della quarta sinfonia di Brahms — che Bonino ci faceva la sera, lungo le scale o nella biblioteca — in cui melodia ed armonia avevano per lui lo stesso sapore concreto dei periodi e dei gruppi della tavola di Mendeleev.

<sup>40</sup> CARASSITI, MARIA CLAUDI, «Fotochimica di sali complessi in soluzione, I», *Annali di Chimica*, 49, 1959, p. 1697.

<sup>41</sup> VINCENZO BALZANI, VITTORIO CARASSITI, *Photochemistry of Coordination Compounds*, London and New York, Academic Press, 1970.

<sup>42</sup> GIUSEPPE BRUNI, *Orazione commemorativa di G. Ciamician*, Bologna, Archiginnasio, aprile 1922.

ANDREAS KARACHALIOS \*

## **Giovanni Battista Bonino e la scuola bolognese di chimica fisica, 1927-1944 \*\***

### **Giovanni Battista Bonino and the Bologna School of Physical Chemistry, 1927-1944.**

**Summary** – This communication is dedicated to the 100th anniversary of the birth of Giovanni Battista Bonino (1899-1985). He was appointed professor of Physical Chemistry in 1927 at the Superior King School of Industrial Chemistry of Bologna. In 1930 he accepted the chair of Physical Chemistry at the University of Bologna, one of the first chairs in Italy.

This paper points out the multiplicity of his interests and the versatility of his personality. In particular, it will take into consideration his function for the formation during the 1930's of a research school of Physical Chemistry at the University of Bologna. For the making of his school an important part was played by his relationships with German scientists, primarily chemists, physicists and physical chemists.

Moreover, this paper emphasizes the role of Bonino for the formation and strengthening of scientific relations between Italian fascism and German nationalism after the Rome-Berlin axis of 1936.

«Quello che m'interessa è il mosaico in cui l'uomo  
si trova incastrato, il gioco dei rapporti, la figura da  
scoprire tra gli arabeschi del tappeto».

Italo Calvino<sup>1</sup>

### *1. Introduzione*

Negli ultimi decenni l'interesse di alcuni storici e sociologi della scienza si è rivolto allo studio delle comunità scientifiche costituite da un ristretto numero di ricercatori, i quali in stretta collaborazione tra loro producono sapere scientifico.

\* AG Geschichte der exakten Wissenschaften, Fachbereich 17-Mathematik, Universität Mainz, D-55099 Mainz. e-mail: kara@mathematik.uni-mainz.de

\*\* Relazione presentata all'VIII Convegno Nazionale di «Storia e Fondamenti della Chimica» (Arezzo, 28-30 ottobre 1999).

<sup>1</sup> ITALO CALVINO, *Due interviste su scienza e letteratura*, in *Una pietra sopra, Discorsi di letteratura e società*, Torino, Einaudi, 1980, p. 188.

Nella letteratura esistente al riguardo vengono suggerite impostazioni diverse, relative all'interazione tra i fattori concettuali e sociali all'interno del gruppo e viene fatto uso di una categoria nuova come quella di scuola (school) o di scuola di ricerca (research school).<sup>2</sup>

Noi, nel presente lavoro, onde evitare equivoci nella terminologia in uso, adotteremo il termine «scuola» come sinonimo di «scuola di ricerca». Per quanto riguarda il significato del termine, seguiremo Gerald Geison, secondo il quale una scuola è costituita da un «small group of mature scientists pursuing a reasonably coherent programme of research side-by-side with advanced students in the same institutional context and engaging in direct, continuous social and intellectual interaction».<sup>3</sup> Noi adotteremo questa definizione, perché Geison non sottolinea solamente l'importanza dell'esistenza di un programma di ricerca, ma prende anche in considerazione il contesto sociale e intellettuale all'interno del quale il gruppo opera e con cui si trova in continua interazione. A nostro parere, questo modo di concepire una scuola scientifica sembra essere adatto per uno studio relativo alla scuola bolognese di chimica fisica di Giovanni Battista Bonino, sia per quando riguarda la sua nascita, che i suoi rapporti con il regime fascista nel periodo che si estende dal 1927 fino al 1944. Inoltre, lo studio della scuola di Bonino permette di illuminare alcuni aspetti cruciali della storia della chimica in Italia durante il periodo fascista, aspetti che riguardano la politica scientifica dei chimici italiani di fronte al fascismo.

Bonino in quegli anni svolse un ruolo importante per il rinnovamento del pensiero chimico fisico in Italia. La problematica che prese in considerazione e le metodologie che adottò furono di natura interdisciplinare. Sviluppò uno «stile» personale nell'applicazione della matematica, della fisica quantistica, della spettroscopia Raman e IR a vari problemi chimici. Il carattere interdisciplinare del suo stile di ricerca in chimica, consiste nell'aver affrontato diverse questioni basandosi proprio su principi fisici.

A livello politico la sua personalità fu fortemente connotata dagli eventi del tempo. Come la maggioranza assoluta dei chimici italiani, Bonino aderì al fascismo

<sup>2</sup> Per quando riguarda la provenienza del termine «research schools», i modi con cui vari storici e scienziati hanno fatto uso del termine «school» e «research school», ed infine la questione del perché questa categoria è diventata attrattiva per alcuni storici della scienza, rimandiamo il lettore al contributo di JOHN W. SERVOS, *Research Schools and Their Histories*, in *Research Schools. Historical Reappraisals*, in GERALD L. GEISON and FREDERIC L. HOLMES. (eds.) «Osiris», 8 (1993), pp. 3-15. Tra i vari contributi del suddetto volume si può inoltre trovare una vasta bibliografia sull'argomento.

<sup>3</sup> GERALD L. GEISON, *Scientific Change, Emerging Specialties, and Research Schools*, «History of Science», 10 (1981), 20-40, p. 23. Inoltre, GERALD L. GEISON, *Research Schools and New Directions in the Historiography of Science*, in «Osiris», (rif. 2), pp. 227-238. Inoltre, Mary Jo Nye in un interessante libro, allarga ulteriormente la categoria della scuola introducendo il concetto di generazione, si veda: MARY JO NYE, *From Chemical Philosophy to Theoretical Chemistry. Dynamics of Matter and Dynamics of Disciplines 1800-1950*, London, University of California Press, 1993.



e fra innegabili «luci ed ombre», seppe dare alla nuova cattedra bolognese di Chimica Fisica ed alla sua scuola grande rilievo nazionale e internazionale. Nel 1939, dopo la morte del chimico di regime Nicola Parravano, fu prescelto da Mussolini, sulla base di rose presentate dagli stessi accademici, come Accademico d'Italia.<sup>4</sup> Inoltre fu anche il successore di Parravano alla direzione dell'Istituto scientifico tecnico Ernesto Breda. Questo Istituto sin dai primi anni del suo funzionamento, sotto la direzione di Parravano, si occupò dello studio delle leghe leggere e delle loro applicazioni. Queste ultime riguardavano sia l'industria che la difesa nazionale ed in modo particolare l'aeronautica.

Bonino fu una personalità emblematica. Di conseguenza, il suo percorso biografico, la produzione scientifica della sua scuola, e la rispettiva politica scientifica che seguì, non possono essere presi in considerazione al di fuori del contesto sociale, politico, istituzionale e culturale del fascismo.

Questo lavoro parte dall'assunzione che all'epoca degli stati totalitari, anche la politica scientifica, sia verso l'interno del proprio paese, che verso l'esterno, assume tramite i suoi rapporti con il potere politico un valore culturale nuovo, particolare, con un contenuto politico e ideologico. La creazione dell'asse Roma-Berlino nell'ottobre 1936, l'accordo culturale tra Roma e Berlino dell'autunno 1938, il patto d'acciaio del maggio 1939 e la successiva alleanza bellica del marzo 1940 tra la Germania nazista e l'Italia fascista segnarono, a nostro avviso, inevitabilmente anche la politica scientifica ed i rapporti scientifici tra i due paesi.

## 2. Anni 20: cenni biografici e contesto storico

Bonino nacque il 3 maggio 1899 a Genova. Si immatricolò nell'anno accademico 1917/18 per il corso di laurea in Chimica pura presso la Regia Università della sua città natale, dove si laureò con lode il 18 luglio 1921 con una tesi sperimentale in chimica analitica. Subito dopo la laurea trovò impiego a Genova come chimico nell'industria e, nei ritagli di tempo, avendo a disposizione un attrezzato laboratorio, cominciò a lavorare attorno a qualche argomento di Spettrochimica nell'ultravioletto.<sup>5</sup> A Genova si era da poco trasferito al nuovo Istituto di Chimica Farmaceutica il chimico organico Mario Betti, noto per le sue ricerche sui rapporti fra costituzione chimica e potere rotatorio. La fama di Betti spinse Bonino a visitarlo per chiedergli un parere sul proprio modo di interpretare teoricamente alcuni fatti trovati sperimentalmente. Il 9 gennaio 1943, commemorando nell'aula Magna dell'Università di Bologna il suo Maestro, rievocò l'incontro con lui:

<sup>4</sup> GIANLORENZO MARINO, *La chimica e i chimici italiani tra le due guerre mondiali*, in «Atti della Accademia Gioenia di Catania», (1989), pp. 7-23.

<sup>5</sup> Oggi è in uso il termine «infrarosso» anziché «ultravioletto». Noi per ragioni storiche adopereremo la vecchia terminologia.

Egli mi accolse con la distinta cortesia che gli era propria, se pur con quella pacata severità che metteva subito l'interlocutore nelle condizioni di non potersi prendere eccessiva confidenza. Mi tenne però un paio d'ore a discorrere, senti le questioni che gli sottoponevo con foga giovanile e con entusiasmo di neofita, non si sbilanciò eccessivamente nel rispondermi pur incoraggiandomi nettamente a continuare quelle ricerche.

Quindici giorni dopo il Betti mi mandava inaspettatamente a chiamare e mi proponeva di andare con Lui promettendomi un posto di Assistente, appena fosse libero, ed offrendomi per il momento il posto di Tecnico presso il suo Istituto di chimica farmaceutica con lo stipendio, non lauto, di circa 300 lire al mese.<sup>6</sup>

Infatti dall'Istituto chimico farmaceutico della R. Università di Genova Bonino cominciò la sua attività di ricerca a partire dal 16 ottobre 1921, per un anno come tecnico, successivamente come assistente fino al 16 ottobre del 1925, con una lunga serie di pubblicazioni, sotto il titolo generale «Studi di spettrochimica nell'ultra-rosso», apparse nella Gazzetta Chimica Italiana, segnando così l'inizio in Italia di questa branca della spettroscopia vibrazionale.<sup>7</sup> Quello che contraddistingue le sudette ricerche spettroscopiche è il loro carattere interdisciplinare, che emerge dal modo con il quale Bonino affronta la problematica relativa allo studio dei rapporti tra proprietà fisiche e costituzione chimica dei vari composti organici sia a livello teorico che sperimentale.<sup>8</sup>

Intanto Betti nel 1923 si trasferì alla cattedra di Chimica generale nella R. Università di Bologna, come successore di Giacomo Ciamician, che era scomparso l'anno precedente. Bonino seguì Betti a Bologna e dal 16 ottobre 1925 fu suo assistente. Nel frattempo, avendo conseguito nell'autunno del 1924 a Roma la libera Docenza per titoli in chimica fisica, ebbe successivamente per gli anni 1924-25 e 1925-26 nella R. Università di Bologna presso la facoltà di scienze, per iniziativa di Betti, l'incarico di chimica fisica.

Nell'autunno del 1926 Bonino partecipò al concorso per professore non stabile alla cattedra di chimica fisica della R. Università di Pisa, nel quale riuscì terzo

<sup>6</sup> G.B. BONINO, *Mario Betti, Commemorazione letta nell'Aula Magna della Università di Bologna il giorno 9 Gennaio 1943-XXI*, CDB. Adotteremo questa abbreviazione per indicare tutti i testi, *carte e documenti* personali di Bonino non catalogati che sono conservati presso il Dipartimento di Biochimica «G. Moruzzi» dell'Università degli studi di Bologna. Vorrei ringraziare il Prof. Giancarlo Fini ed il personale del Dipartimento di Biochimica per la cortese accoglienza ricevuta e per la disponibilità nel reperimento di testi e documenti di G.B. Bonino.

<sup>7</sup> PAOLO MIRONE, *G.B. Bonino e gli inizi della spettroscopia vibrazionale in Italia*, in ALBERTO BRECCIA FRATADOCCHI e ALBERTO PASQUINELLI (a cura di), *1737-1987 dalla Cattedra di J.B. Beccari ai Dipartimenti, 250 anni di Chimica*, Bologna, Accademia delle Scienze dell'Istituto di Bologna classe di Scienze Fisiche, 1990, pp. 53-60.

<sup>8</sup> Sul carattere interdisciplinare di questi lavori di Bonino, mi permetto di rimandare il lettore alla mia pubblicazione, *Giovanni Battista Bonino e il problema della costituzione dei nuclei aromatici*, in FRANCO CALASCIBETTA (a cura di), *Atti del VII Convegno Nazionale di Storia e Fondamenti della Chimica*, L'Aquila, 8-11 Ottobre 1997, «Rendiconti della Accademia Nazionale delle Scienze detta dei XL», serie V, vol. XXI, parte II, tomo II, 1997, pp. 481-495.

della terna.<sup>9</sup> Mentre il primo, Arrigo Mazzuchelli, e il secondo Giorgio Renato Levi, furono chiamati rispettivamente a Pisa e a Milano, Bonino fu nominato dal 20 novembre 1926, su proposta del direttore della Règia Scuola Superiore di Chimica Industriale di Bologna Mario Giacomo Levi, professore non stabile di Chimica Fisica nella stessa scuola.<sup>10</sup> Inoltre la Facoltà di Scienze a Bologna dal 1927 in poi confermava a Bonino ogni anno l'incarico di insegnamento di Chimica Fisica.<sup>11</sup> Questo incarico durò fino al 1930, anno in cui fu nominato professore stabile (cioè ordinario) al nuovo istituto di Chimica Fisica presso la stessa Facoltà.

Erano quelli anni cruciali, sia per la fisica con la nascita della nuova meccanica quantistica e le sue possibili applicazioni ai problemi chimici, che per la società italiana, con l'avvento del Fascismo. Secondo gli storici del fascismo, gli anni che coprono l'arco tra il 1925 e il 1929 furono quelli dell'organizzazione e costruzione del regime fascista.<sup>12</sup> Ma furono anche gli anni nei quali il mondo accademico ed in modo particolare i chimici come istituzioni e come singoli cominciarono a dare la loro adesione al regime.<sup>13</sup> Una delle sedi in cui espressero il loro consenso e piena adesione al regime fu proprio Bologna.

Dal 30 ottobre al 5 novembre 1926 si tenne a Bologna la quindicesima riunione della Sips (Società Italiana per il Progresso delle Scienze), una società che raccoglieva insieme ai chimici anche fisici, biologi e naturalisti. La preparazione del congresso era stata predisposta da Francesco Piola insieme al segretario della società Lucio Silla. Data la morte prematura di Piola, Alessandro Ghigi, professore stabile di Zoologia nella R. Università di Bologna, il quale fu successivamente rettore della stessa Università durante gli anni trenta, venne nominato segretario del comitato organizzatore.<sup>14</sup>

Ghigi, nella sua Autobiografia riferisce che il rettore della R. Università di

<sup>9</sup> Relazione della Commissione Giudicatrice del Concorso per professore non stabile alla Cattedra di Chimica-fisica della R. Università di Pisa. *Boll. Uff. Ministero Pubblica Istruzione*, Parte II, Atti Amministrativi, Anno 54, vol. 1 (1927), pp. 630-634.

<sup>10</sup> R. SCUOLA SUPERIORE DI CHIMICA INDUSTRIALE IN BOLOGNA. Estratto conforme del verbale del CONSIGLIO DEI PROFESSORI DI RUOLO, IN DATA 20 NOVEMBRE 1926 CDBG. Adotteremo questa abbreviazione per indicare tutti i testi, carte e documenti personali di Bonino non catalogati che sono conservati dagli ultimi eredi di Bonino a Genova. Ringrazio la famiglia Concolato per la sua disponibilità nei miei confronti.

<sup>11</sup> Archivio storico dell'Università di Bologna, *Verbali delle adunanze della Facoltà di Scienze*, 17 Maggio 1920 - 20 Maggio 1932. Ringrazio la Dott.ssa Negrini per l'aiuto e la disponibilità dimostrata nei miei confronti.

<sup>12</sup> GUGLIELMO SALOTTI, *Breve storia del fascismo*, Milano, Bompiani, 1998, cap. III. Su questo argomento esiste una vasta bibliografia. A nostro parere, tuttavia, in quest'opera, oltre ad ulteriori riferimenti bibliografici, è possibile trovare in breve spazio una esposizione molto lucida degli anni che coprono l'arco tra 1925 e 1929.

<sup>13</sup> Rif. 4.

<sup>14</sup> *Atti della società italiana per il congresso delle scienze*, pubblicati per cura del segretario prof. Roberto Almadia, quindicesima riunione Bologna 30 ottobre-5 novembre 1926, Roma 1927, Resoconto dei lavori preparatori pp. II-IV.

Bologna Paolo Sfameni, insieme alle altre autorità locali, desiderava approfittare dell'occasione per invitare Mussolini, primo ministro e di origine romagnola, a Bologna e interessarlo ai lavori di completamento dell'Università.<sup>15</sup> Dopo una serie di trattative, Mussolini fissò alla presidenza della Sips e a quella del comitato organizzatore del congresso un'udienza a Roma. «Non ricordo esattamente dove Mussolini ci ricevette, ma rammento che una specie di balaustra separava noi da quel tratto di stanza in cui si trovava il Capo di Governo. Mussolini domandò notizie sull'organizzazione del congresso e confermò che era disposto a venirlo ad inaugurare».<sup>16</sup> Successivamente il comitato sottopose a Mussolini, alcuni giorni prima dell'inizio del congresso, il programma, domandandogli quali relazioni o comunicazioni avrebbe desiderato sentire per l'adunanza inaugurale, data naturalmente la sua propria presenza. Allora Mussolini tra le altre relazioni scelse anche quella di Betti con il titolo «Problemi ed aspetti della chimica della materia vivente», che nel programma iniziale era destinata per una delle riunioni di classe.<sup>17</sup>

L'inaugurazione del congresso ebbe luogo nell'Aula Magna dell'Archiginnasio, presenti Mussolini, i maggiori del partito fascista, parte del mondo accademico italiano, autorità locali ecc. Non abbiamo intenzione in questo lavoro di entrare nei dettagli politici e scientifici del congresso. Ma, a nostro parere, vanno fatte alcune considerazioni per quando riguarda la politica scientifica del nuovo governo fascista, della quale i suoi contorni essenziali furono delimitati al suddetto congresso da Mussolini stesso, e successivamente ritoccati dal rettore dell'Università di Bologna e completati da alcuni congressisti. In questo modo è possibile farsi un'idea chiara del contesto politico all'interno del quale prese avvio la carriera accademica di Bonino. Inoltre possiamo valutare meglio sia la misura del suo coinvolgimento politico con il fascismo che le sue scelte di politica scientifica compiute alla fine degli anni trenta.

Mussolini, nel suo breve intervento a Bologna, colse l'occasione per esprimere con il suo consueto stile che cosa voleva dalla scienza ed in modo particolare dalla chimica:

Come Ministro della Guerra, della Marina, dell'Aviazione, ho molto bisogno della scienza. Bisogna che la scienza mi dica se ci sono dei gas ultravenefici, e soprattutto bisogna che mi dica che cosa si deve fare per combattere gli altri gas. Avete visto quale sviluppo ha avuto la chimica nell'ultima guerra. Come Ministro della Aviazione, la scienza mi pone di fronte a molti problemi, che sono legati per leggi non tanto misteriose ai fenomeni fondamentali della vita fisica.<sup>18</sup>

A raffinare il linguaggio rozzo di Mussolini fu il rettore della R. Università di Bologna Sfameni. Nel suo discorso «l'oratore esprime la gratitudine di tutti all'on.

<sup>15</sup> ALESSANDRO GHIGI, *Autobiografia*, a cura di Mario Spagnesi, Ozzano Emilia, Istituto Nazionale per la Fauna Selvatica, 1995, p. 179. Colgo l'occasione per ringraziare il Prof. Mario Spagnesi, Direttore generale dell'Istituto Nazionale per la Fauna Selvatica per avermi gentilmente messo a disposizione il suddetto volume fuori commercio.

<sup>16</sup> *Ibid.*, p. 180.

<sup>17</sup> Rif. 14, Discorsi della adunanza inaugurale, p. 16. Si veda inoltre Rif. 15, p. 181.

<sup>18</sup> Rif. 14, Discorsi della adunanza inaugurale, p. 30.

Mussolini, che ha fatto sua una sentenza dell'antica filosofia: che solo *il nesso fra il potere politico e la scienza dà tregua agli umani travimenti, ed ha insegnato l'unione tra il sapere e l'azione*.<sup>19</sup>

Indubbiamente Mussolini, parlando «dei gas ultravenefici» e dei rispettivi sviluppi della chimica durante la prima guerra mondiale, aveva in mente la Germania ed in modo particolare il contributo di Fritz Haber alla produzione di gas velenosi. Infatti Carlo Padovani nella sua relazione, tenuta nella sezione di Classe A, con il titolo «Scienza e Industria chimica germanica nella Guerra e nel Dopoguerra»,<sup>20</sup> completò la succinta frase di Mussolini dando un accurato resoconto dei vari contributi che la chimica tedesca diede durante la prima guerra mondiale, in modo particolare nel campo degli esplosivi e dei gas velenosi.

Oltre a ciò, a completare l'intervento di Mussolini furono il Generale Senatore Carlo Porro, il Ten. Colonn. Natale Pentimalli ed il Ten. Colonn. A. Infante. La presenza di militari al congresso di Bologna non sorprenda, giacché già la Sips alla XIV riunione tenuta l'anno precedente (1925) a Pavia, vide l'ingresso delle Forze armate ai suoi annuali incontri con una sezione dedicata alle Scienze Militari. Il generale Porro, nel suo discorso di Bologna intitolato «Le forze armate alle riunioni degli scienziati italiani», riferendosi appunto al congresso di Pavia sottolineava: «In tale congresso venne anzitutto, con un discorso a classi riunite, prospettato il problema generale della organizzazione del Paese per la guerra ed in seguito, con discorsi e comunicazioni di classe e di sezione, furono trattati alcuni interessanti problemi tecnico-militari di attualità». <sup>21</sup> Infine riferendosi all'attuale congresso di Bologna, volendo completare e precisare ulteriormente il discorso di Mussolini e le intenzioni del Governo fascista, il Generale dichiarò ulteriormente:

Già nel programma di questo anno abbiamo introdotto un discorso a classi riunite su *La coscienza militare nella storia d'Italia* (Pentimalli) ed un altro discorso di classe su *La scienza della guerra* (Infante). Questi discorsi saranno poi seguiti da alcune conferenze e comunicazioni intorno ad interessanti problemi di guerra terrestre, marittima ed aerea, sui quali viene chiamata l'attenzione degli scienziati, affinché essi apportino la propria collaborazione alla loro completa soluzione.

Proseguendo per questa via, possiamo sperare di potere giungere a quell'intimo legame fra scienza ed armi, a quel fecondo connubio fra coltura generale e coltura militare che costituiscono uno dei principali fattori di quella *educazione militare del Paese* (...) perché solo con essa potrà compiersi il voto del Padre della Patria che *l'Italia sia sempre e da tutti rispettata e temuta*; voto che, dopo oltre quarant'anni di vane frasi retoriche, solo ora il Governo fascista sta, coi fatti, traducendo in atto.<sup>22</sup>

Betti invece nel suo discorso, oltre a un rapido riferimento alla produzione della glicerina in laboratorio e della sua trasformazione in nitroglicerina, come

<sup>19</sup> Rif. 14, Svolgimento del congresso, p. XIII. (Corsivi nostri).

<sup>20</sup> Rif. 14, Discorsi di Classe A, pp. 235-250.

<sup>21</sup> Rif. 14, Discorsi della adunanza inaugurale, p. 14.

<sup>22</sup> Rif. 14, Discorsi della adunanza inaugurale, pp. 14-15. (Corsivi in originale).

sostanze di partenza per la produzione di esplosivi, si riferì estesamente alle ultime conquiste della Biochimica e della Biologia, rilevando tra l'altro, l'importanza dell'asimmetria molecolare per la vita. Inoltre, nella quarta sezione dei lavori del congresso, dedicata alle applicazioni della chimica, Betti fece una comunicazione anche a nome di Bonino sul tema «Costituzione chimica e potere rotatorio». Bonino, da parte sua, nella stessa sezione svolse una comunicazione sui «Coefficienti di attività e deformità degli ioni», nella quale rilevò che l'unico parametro empirico  $a$  (il raggio dell'ione) per soluzioni diluite introdotto nella teoria da Debye-Hückel, debba dipendere non solo dal raggio effettivo dell'ione, ma anche dalla sua deformabilità. Da notare che la suddetta teoria fu esposta da Peter Debye e Erich Hückel nel 1923, e che di conseguenza si trattava di un tema di assoluta modernità.

Bisogna però anche sottolineare che nel congresso di Bologna vari altri scienziati espressero vedute moderne e lungimiranti a livello scientifico. Tra di loro, particolarmente importante fu il discorso di Eugenio Centanni sul tema «Le applicazioni biologiche della energia intraatomica», tenuto alla riunione di Classe B. L'oratore espresse con grande chiarezza l'importanza delle leggi dei quanti di Planck, della teoria delle radiazioni e del modello atomico di Bohr per la chimica ed in modo particolare per le scienze biologiche. Dopo la fine del suo discorso, Centanni propose un ordine del giorno (il quale fu approvato alla unanimità dai membri della Sips, classe biologica), nel quale sottolineava:

considerato che lo studio della energia intraatomica rappresenta un campo di alta intellettualità e fecondo di grandi risultati per la scienza e per la pratica, considerato che tali studi hanno all'estero ampio culto di società, periodici, laboratori e insegnamenti, mentre in Italia sono appena avvertiti, fanno voti che anche in Italia sorgano, senza dilazione, Istituti volti a questa esclusiva destinazione, dove la dottrina trovi pieno culto con *la combinata opera del fisico, del chimico e del biologo*.<sup>23</sup>

Consideriamo molto singolare il fatto che in Italia i biologi proposero negli anni venti una «combinata opera» tra fisica, chimica e biologia. Insomma, una collaborazione a livello interdisciplinare, potremmo dire in linguaggio moderno. Bonino aveva già dato il suo contributo a questo appello dei biologi. A Genova, durante il periodo in cui era assistente da Betti, a partire dal 1923 frequentò anche l'Istituto di Farmacologia e tossicologia sperimentale sotto la direzione di Alberico Benedicenti. Sull'attività di Bonino presso il suddetto istituto ci informa Benedicenti stesso in un attestato del 31 luglio 1926, in cui tra l'altro sottolinea:

Durante tutto questo tempo trascorso nel mio Istituto il Dott. Bonino ha seguito alcune ricerche sulla azione del radio sull'invertina, sul comportamento della emanazione in soluzione d'albumina nonché una serie di studi sulle metalloproteine considerate sotto il punto di vista chimico-fisico puro. Questi lavori sono non solo interessanti, ma veramente notevoli, sia perché dimostrano a quali fecondi risultati possa condurre il connubio fra il biologo e il

<sup>23</sup> Rif. 14, Discorsi di classe B, p. 387. (Corsivi nostri).

chimico-fisico, sia perché finora nessuno in Italia aveva studiato questi difficili problemi con mezzi d'indagine così precisi e con tanta serietà d'intendimenti.<sup>24</sup>

La carriera accademica di Bonino si avviò in un contesto in cui scienza, fascismo e guerra, dopo i congressi della Sips prima a Parma poi a Bologna, cominciarono a legarsi strettamente. Ma, come abbiamo sottolineato, all'interno di questo contesto nascevano anche nuovi indirizzi di ricerca con modernità di vedute, in cui Bonino, come vedremo, fu un protagonista importante. Oltre a ciò, bisogna anche sottolineare che la reputazione di cui Betti godeva presso Mussolini, a cui fece seguito alcuni anni dopo la nomina a senatore del Regno, pare che non fosse senza rilevanza per il nuovo Istituto di Chimica Fisica di Bologna, che fu fondato per iniziativa di Betti, sotto la direzione di Bonino. Almeno a livello di sostegno finanziario da parte del governo la mediazione di Betti fu essenziale.

Bonino da Bologna continuò i suoi «studi di spettrochimica nell'ultravioletto», che si conclusero con una pubblicazione intitolata «Bemerkungen über das Ultrarotspektrum einiger Halogenverbindungen». Questo lavoro fu pubblicato su *Zeitschrift für Physik* nel 1929.<sup>25</sup> Intanto Bonino grazie alle sue ricerche sulla spettroscopia ultravioletta fu conosciuto oltreoceano. Dal 24 al 25 settembre 1929, invitato dal segretario generale della Faraday Society G. Marlow,<sup>26</sup> partecipò al meeting organizzato dalla stessa società a Bristol dedicato sul tema «Molecular Spectra and Molecular Structure» con una comunicazione sugli spettri ultravioletti dei composti organici. A Bristol Bonino rimase profondamente impressionato dalla relazione di Lennard Jones e di Sir Chandrasekhara Venkata Raman. Nella sua comunicazione il fisico inglese Lenard Jones pose le basi della teoria degli orbitali molecolari nello studio delle strutture molecolari, mentre il fisico indiano Raman comunicò al mondo scientifico la sua scoperta, cioè l'effetto osservato nella primavera del 1928 che porta il suo nome. Bonino dopo Bristol si dedicò allo studio degli spettri Raman dei vari composti organici.<sup>27</sup> Per l'avvio e il successivo consolidamento della nuova spettroscopia Raman all'Istituto di Bologna durante i primi anni trenta, era indispensabile, oltre alle nuove apparecchiature, una nuova mentalità, la quale richiedeva sia nel modo di pensare che di eseguire le nuove tecniche sperimentali una cooperazione singolare tra il fisico e il chimico.

Bonino fu tra i primi chimici italiani a sottolineare la necessità di una collaborazione in Italia tra il fisico quantistico, il chimico fisico ed il chimico organico. Riflettendo proprio sullo stato degli Istituti di Chimica Organica in Italia alla fine degli anni venti e sulle nuove necessità teoriche e sperimentali osservava:

<sup>24</sup> Istituto di Farmacologia della Regia Università Genova, 31 luglio 1926. CDBG.

<sup>25</sup> GIOVANNI BATTISTA BONINO, *Bemerkungen über das Ultrarotspektrum einiger Halogenverbindungen*, «Zeitschrift für Physik», 54 (1929) 803.

<sup>26</sup> Lettera di Marlow a Bonino del 29 dicembre 1928, CDB.

<sup>27</sup> Per le ragioni di questo mutamento nell'indirizzo di ricerca, si veda rif. 8.

I nostri Istituti di chimica organica sono per la quasi maggioranza organizzati ancora in senso classico e trovano difficoltà ad adattarsi alle nuove esigenze. D'altra parte una difficoltà risentita anche più fortemente sta nel creare dei ricercatori ben preparati. I giovani che escono dalle nostre Scuole di fisica possono possedere meravigliosamente gli strumenti d'indagine fisici (teorici e sperimentali) ma non hanno la visione netta e chimica dei problemi chimico-organici: non riescono, come diciamo noi chimici, a «sentire» la chimica organica dato che loro manca quel tirocinio sperimentale e mentale che solo attraverso ad una speciale e lunga preparazione di laboratorio può creare un chimico organico nel vero senso della parola.

D'altra parte i giovani chimici sono allevati in una atmosfera ancora troppo lontana dalla fisica e dalla matematica per poter avere una formazione quale sarebbe oggi richiesta per tentare nuove vie nella chimica organica.

Si potrebbe pensare ad una collaborazione tra il fisico ed il chimico organico, ma anche questa in genere, salvo casi speciali, presenta delle difficoltà: fisico teorico e chimico organico «parlano» due «lingue» oggi ancora troppo diverse per potersi efficacemente intendere.

Credo quindi che in Italia possa essere più che mai necessario in questo campo organizzare, *come già sta avvenendo in America*, qualche laboratorio dove i giovani chimici possano essere al contatto con *le nuove necessità teoriche e sperimentali della chimica fisica organica*. C'è da sperare così che in questi laboratori si formi una speciale mentalità in molti dei nostri giovani chimici in modo che essi possano comprendere su uno stesso piano l'importanza della combustione di un corpo organico e quella di una reazione di sintesi come il profondo significato chimico di uno spettro Raman, di una misura di costante dielettrica, di un'autofunzione, di una equazione secolare, di un integrale di scambio.<sup>28</sup>

Bonino nel suo resoconto sottolineava, con una sorprendente modernità di vedute, la necessità di formare in Italia un nuovo istituto, nel quale gli studenti avrebbero potuto imparare le basi di una nuova disciplina, cioè della «chimica fisica organica». Così Bonino cercava di diffondere anche in Italia un processo già avviato da parte di alcuni istituti di chimica organica in America.<sup>29</sup> Nel suo resoconto, pur non chiarendo il significato del neologismo «chimica fisica organica», Bonino lascia però intendere che la nuova disciplina nasce tra le linee di demarcazione delle seguenti discipline: Chimica fisica, chimica organica e fisica quantistica. Inoltre sottolinea in modo chiaro il carattere interdisciplinare della nuova disciplina. Con interdisciplinare qui Bonino intende quell'orientamento mentale del ricercatore, nel quale le linee di demarcazione tra le suddette discipline, vengono varcate a livello metodologico, mentale e concettuale.

Allora Bonino, volendo organizzare il nuovo istituto di Chimica Fisica di Bologna, secondo le nuove necessità interdisciplinari ed in stretta collaborazione con l'istituto di Betti, pose una domanda alla Reale Accademia d'Italia per l'assegnazione di una borsa per viaggi scientifici all'estero. La Reale Accademia d'Italia approvò la

<sup>28</sup> BONINO, Visite a laboratori scientifici esteri, Reale Accademia d'Italia, Viaggi di studio promossi dalla Fondazione Volta - Vol. II, Roma 1935, CDB. (Corsi nostri).

<sup>29</sup> Per quando riguarda la nascita della comunità di chimica fisica organica in America, il lettore può consultare il seguente lavoro: LEON GORTLER, *The Physical Organic Community in the United States, 1925-50*, «Journal of Chemical Education», 62 (1985), pp. 753-757.



borsa e così Bonino visitò i più rinomati istituti di Chimica Organica, Chimica Fisica e Fisica teorica all'estero.

Nel proseguimento della relazione, ci occuperemo prevalentemente dei suddetti rapporti che Bonino ebbe con i centri di ricerca europei, perché tramite questi rapporti egli trasferì dall'estero in Italia metodi didattici, sperimentali e teorici d'avanguardia. Tramite questo trasferimento di «know-how», seguito da pubblicazioni in varie riviste scientifiche e dalla partecipazione a diversi congressi, Bonino diede vita ad una scuola di chimica fisica moderna, con un indirizzo chimico fisico organico.<sup>30</sup>

Per comprendere meglio il periodo che abbiamo intenzione di esaminare, è utile, a nostro parere, dividerlo in due fasi. La prima si estende dal 1929 fino al 1935, praticamente gli anni della formazione della scuola di Bonino. Durante questi anni, mediante il reclutamento, la formazione e la sistemazione di giovani ricercatori ed infine con la creazione di un laboratorio con moderne apparecchiature si formò il capitale accademico necessario per la riproduzione della nuova disciplina e della scuola stessa. La seconda fase si estende da 1936 fino a 1944, l'anno in cui Bonino si trasferì a Pavia. Gli anni della seconda fase hanno un carattere spiccatamente politico. Bonino dopo il 1936 non fu soltanto protagonista nella politica scientifica del regime, ma contribuì alla creazione delle relazioni scientifiche tra l'Italia fascista e la Germania nazista.

### 3. *Gli anni della formazione della scuola: 1929-1934*

Come abbiamo sottolineato, a partire dal 1929 Bonino mutò indirizzo di ricerca, privilegiando la nuova spettroscopia Raman nei confronti della vecchia ultrarossa. Per l'affermazione della nuova spettroscopia Raman all'istituto di Bologna durante i primi anni trenta, furono molto importanti i rapporti scientifici che Bonino sviluppò con i centri europei.

Dal 1931 al 1934 Bonino cominciò a visitare vari istituti di ricerca e laboratori in Europa, particolarmente in Germania ed in Austria. Bonino avviò i suoi viaggi di studio dall'autunno 1931, in cui visitò l'istituto di Fisica a Graz. Il direttore dell'istituto K. Kohlrausch era ben noto a livello internazionale per le sue ricerche sull'effetto Raman delle sostanze organiche e per il suo classico libro «Der Smekal-Raman Effekt», che pubblicò nel giugno 1931, in cui tra l'altro citava anche alcuni dei lavori di Bonino. A Graz Bonino acquistò dimestichezza con gli apparecchi sperimentali utilizzati dalla scuola di Graz nello studio degli spettri Raman e chiamò pure a Graz il suo assistente Paolo Cella per rendersi conto dei perfezionamenti

<sup>30</sup> Dato lo spazio limitato a nostra disposizione, non è possibile prendere in considerazione tutti i fattori indispensabili per lo studio della formazione di una scuola di ricerca. Abbiamo intenzione di ritornare sull'argomento prossimamente.

realizzati nel suddetto laboratorio. A sua volta Kohlrausch visitò nell'aprile del 1933 l'Istituto Chimico di Bologna dove tenne una conferenza sulle applicazioni dell'effetto Raman ai problemi della chimica organica.

Nell'inverno del 1932 Bonino fu a Breslau presso l'istituto fisico dell'università diretto dal Prof. Schaefer. Questo istituto era ben noto per lo speciale sistema di amplificazione con relais fotoelettrico elaborato dal prof. Bergmann e dal Dott. Matossi. Questo sistema permetteva di conferire un particolare aumento della sensibilità agli ordinari impianti di spettrografia infrarossa a media lunghezza d'onda. Al laboratorio di Schaefer a Breslau Bonino inviò poi il suo assistente Manzoni-Ansidei, al quale aveva già affidato nel suo laboratorio di Bologna le ricerche di spettrografia infrarossa.

Nello stesso inverno 1932 Bonino fu a Jena per visitare le officine ed i laboratori scientifici della Ditta Zeiss, avvicinando il prof. Löwe ed il dottor Hansen. Quest'ultimo era direttore del reparto spettroscopico e spettrografico. Con loro poté discutere alcuni particolari tecnici relativi ad un moderno impianto di spettrografia per le ricerche sull'effetto Raman che la Ditta Zeiss stava costruendo per il laboratorio di Bologna.

Nei primi mesi del 1932 Bonino fu per un breve periodo di tempo a Monaco di Baviera presso Hans Fischer, premio Nobel per la chimica. Il suo interesse a Monaco si indirizzò verso lo studio dell'organizzazione di un laboratorio di chimica organica e la parte riservata alle ricerche chimico fisiche in una simile organizzazione. La sezione chimico-fisica a Monaco era bene organizzata nell'istituto di Fischer ed era affidata ad Alfred Stern. La visita di Bonino a Monaco fu di notevole importanza anche per le sue future ricerche. Fischer accolse con interesse alcune idee di Bonino relative alla costituzione dei nuclei aromatici pentatomici e del Benzene. Nacque a Monaco un programma comune di lavoro per lo studio dell'effetto Raman di queste sostanze per le quali ben poco era conosciuto in proposito. Fu prevista allora una chiara divisione dei compiti. Il lavoro chimico organico necessario venne eseguito nello stesso laboratorio di Fischer dove per Bonino fu preziosa la collaborazione del prof. Pratesi, un suo ex allievo a Bologna che allora era presso Fischer in perfezionamento. Le ricerche spettroscopiche vennero invece iniziate a Bologna con l'aiuto di Manzoni. Per queste ricerche Bonino si recò ulteriormente nel 1933 in tre periodi diversi a Monaco, cioè nell'inverno, nel giugno e nel dicembre.<sup>31</sup>

I risultati di questi lavori a carattere teorico-sperimentale furono pubblicati nell'aprile del 1933 ed nel gennaio del 1934 nella prestigiosa rivista «Zeitschrift für Physikalische Chemie» fondata da W. Ostwald e Van't Hoff. Nell'aprile del 1934 al

<sup>31</sup> Quest'ultima visita risulta documentata da una lettera di Bonino al Magnifico Rettore della R. Università di Bologna del 6 dicembre 1933, CDB. Per quando riguarda le date e le visite dei vari centri di ricerca europei ci siamo basati sul resoconto di Bonino presentato all'Accademia d'Italia, si veda rif. 28.

IX Congresso Internazionale di chimica pura ed applicata a Madrid, Bonino, basandosi sulle suddette pubblicazioni, presentò un'ampia relazione dal titolo «Lo spettro Raman dei nuclei aromatici e nuove idee sulla loro costituzione».<sup>32</sup> Con la sua relazione propose una propria teoria della «risonanza quantica», accompagnata da un'originale simbologia per le molecole di benzolo, pirrolo, furano, tiofene e dei loro derivati.<sup>33</sup> A Madrid Bonino concluse la sua relazione, la quale ebbe una grande risonanza nella comunità scientifica, sottolineando l'importanza della teoria dei gruppi e della nuova meccanica quantistica per affrontare i problemi strutturali della chimica organica.

#### 4. *Gli anni dell'impegno politico: 1936-'41*

Dopo Madrid Bonino sottolineò in varie occasioni, sia a livello nazionale che internazionale, la necessità di una valutazione critica del modo di pensare del chimico organico classico. Nel 1935 pubblicò sulla Gazzetta Chimica Italiana un lungo articolo «Sulla costituzione molecolare del benzolo».<sup>34</sup> In questo lavoro Bonino descrisse in linguaggio comprensibile per il chimico gli ultimi sviluppi della nuova meccanica quantistica, con le sue applicazioni ai problemi chimici, riferendosi in modo particolare al problema del benzolo. Inoltre Bonino fece uso del neologismo «quantistica-chimica» per la nuova disciplina, che con il suddetto lavoro metteva piede in Italia. Inoltre sottolineava la necessità di un nuovo modo di pensare nel costruire teorie innovative in chimica organica mediante la recente fisica.

Questo cambiamento radicale nel modo di pensare veniva suggerito anche dallo studio e dall'analisi degli spettri Raman. All'inizio di ottobre del 1937, Bonino partecipò al congresso internazionale di Fisica-Chimica e Biologia a Parigi. Parlando allora a Parigi sul significato e sui risultati dell'effetto Raman in chimica organica sottolineava:

Pour pénétrer la constitution intime des noyaux aromatiques à l'aide du spectre Raman et du spectre infra-rouge, il faut affiner les moyens d'investigation théorique, il faut se détacher un peu plus de la pensée chimique classique. C'est dans l'effort que l'étude de l'effet Raman requiert des chimistes organiques, pour se détacher de leur mentalité traditionnelle, que se trouve probablement un élément de progrès pour la chimie organique théorique moderne. Le chimiste est obligé sur ce point (...) de chercher à mieux séparer ce qu'il y a de symbolique dans ses formules de ce qui peut représenter, avec une probabilité suffisante, une réalité physique.<sup>35</sup>

<sup>32</sup> Per un elenco delle pubblicazioni di Bonino si veda: G.B. BONINO, GIOVANNI SEMERANO, ALESSANDRO BERTOLUZZA (a cura di), *La spettroscopia Raman (e U. R.) a Bologna, presso l'Istituto Chimico «G. Ciamician»*. Profilo storico dalle origini, con particolare riguardo all'attività svolta nel periodo 1970-1976, Bologna, Istituto di Chimica Generale «G. Ciamician», 1976.

<sup>33</sup> Si veda rif. 8.

<sup>34</sup> Bonino, «Gazz. Chim. Ital.», 65 (1935), pp. 371-423.

<sup>35</sup> BONINO, *Les spectres Raman en chimie organique*, Réunion Internationale de Physique-Chimie-Biologie, Congrès du Palais de la Découverte, Paris, Octobre 1937, Herman-Paris, pp. 275-295.

A Parigi nello stesso periodo, cioè dal 26/9 al 3/10 del 1937, si svolgeva nell'ambito della Esposizione Internazionale, il XVII Congresso Internazionale di chimica Industriale, in cui Parravano tenne una relazione sulla «Influenza della società di chimica industriale sulle relazioni internazionali».<sup>36</sup> In questa occasione oltre lo scambio di informazioni scientifiche tra i delegati dei vari paesi, ci furono anche vivaci discussioni politiche, nelle quali alcuni scienziati democratici protestarono contro le opinioni dei delegati dei paesi totalitari. Probabilmente queste proteste furono avanzate da parte dei delegati francesi, dato che le relazioni tra l'Italia fascista e la Francia si trovavano ad un punto bassissimo dopo la vittoria nelle elezioni francesi (maggio 1936) del Fronte popolare, che aveva portato al potere una coalizione di radicali, socialisti e comunisti. Bonino al suo ritorno in Italia diede loro una risposta dalle pagine della rivista del regime «La Chimica e l'Industria». Tra l'altro sottolineò:

Del resto è fatale che, nonostante qualche *inopportuna dissonanza* che non lascia tracce, l'indirizzo dell'attività e della collaborazione scientifica moderna, anche nel campo internazionale, si avvii verso quelle forme di ordine, di gerarchia e di consapevole responsabilità nazionale che costituiscono le basi sulle quali va costruendosi il nuovo mondo scientifico nei paesi così detti «totalitari». Scienza e Fascismo dovranno costituire nel mondo un binomio inscindibile, fonte di nuovi successi per l'Umana Attività.<sup>37</sup>

Ormai siamo nel 1937, l'anno in cui Bonino ottenne il «Premio Mussolini» per il suo contributo scientifico. L'anno precedente, nell'ottobre 1936, Ciano, nuovo ministro degli Esteri italiano, si era recato in Germania. Il 26 ottobre Ciano, a Monaco, davanti alla stampa, disse che entrambi i popoli avrebbero deciso di difendere con tutte le loro forze «la sacra eredità della cultura europea» e che «secondo questo spirito avevano anche deciso (...) di rendere più intense le relazioni culturali fra la Germania e l'Italia».<sup>38</sup> Dunque Bonino si allineò con la nuova tendenza della politica estera e culturale del governo fascista.

La proclamazione dell'asse Roma-Berlino (ottobre 1936) e dell'accordo culturale (autunno 1938) resero possibili molteplici programmi di scambio, di visite, di studi e collaborazioni a lungo termine. La somiglianza strutturale dei due sistemi fece sì che a partire dal 1937 in tutti i campi si arrivasse a numerosissimi viaggi ed incontri.<sup>39</sup>

Nell'ambito degli scambi scientifici tra l'Italia e la Germania nel maggio del 1938 Bonino fu invitato dalla società chimica tedesca a tenere una conferenza all'incontro annuale della società. Il tema della sua conferenza fu «Chimica organica e simmetria».<sup>40</sup> Bonino, basandosi proprio sull'importanza della teoria dei gruppi, non

<sup>36</sup> La Chimica e l'industria, anno XIX, N. 12 (1937), p. 727.

<sup>37</sup> Rif. 36, p. 728. (Corsivi nostri).

<sup>38</sup> Citato da JENS PETERSEN, *L'accordo culturale fra l'Italia e la Germania del 23 novembre 1938*, p. 337, in DIETRICH BRACHER e LEO VALIANI (a cura di), *Fascismo e nazionalismo*, Bologna, Il Mulino, 1986.

<sup>39</sup> Ibid.

<sup>40</sup> BONINO, Ber. deut. chem. Gesell., 71A (1938), pp. 129-146.

si limitò solo all'interpretazione degli spettri Raman e infrarossi di varie sostanze organiche, ma le sue considerazioni teoriche si estesero anche tramite il concetto di simmetria ad altri problemi chimici, come la previsione a priori delle geometrie molecolari ed al concetto di coordinazione. Terminata la sua conferenza, il presidente della società Richard Kuhn consegnò a Bonino la medaglia August Wilhelm von Hofmann ringraziandolo della impressionante conferenza, in cui aveva introdotto «il concetto della simmetria con una sensibilità proprio artistica».<sup>41</sup>

A questo punto è legittimo domandarsi, quali intenzioni avesse Bonino a Berlino con la presentazione delle sue idee teoriche che si basavano proprio sul concetto di simmetria. Che cosa voleva dimostrare Bonino davanti ai suoi colleghi tedeschi, i quali data la loro formazione prevalentemente chimica, non erano disposti ad accettare una trattazione matematica dei problemi fondamentali di chimica organica? Che utilità pratica potevano avere le nuove idee teoriche di Bonino per i chimici tedeschi?

Per trovare una risposta bisogna tenere conto di due circostanze. Bonino, come nuovo Direttore dell'Istituto scientifico tecnico Ernesto Breda, partecipò nell'ottobre del 1939 al convegno nazionale per l'applicazione dell'alluminio, magnesio e loro leghe che si tenne a Milano, con una relazione sul «Contributo dell'istituto tecnico Ernesto Breda alla conoscenza delle leghe leggere e ultraleggere ed alle loro applicazioni». In questa occasione Bonino propose un nuovo indirizzo per la ricerca di base dell'istituto Breda dove, sotto la direzione del suo predecessore (Parravano), essa si era fondata prevalentemente sui principi della termodinamica chimica e chimico fisica classica. Bonino, da parte sua, spostava l'asse delle indagini dell'istituto verso la microfisica, cioè verso le nuove conquiste della meccanica quantistica ed in modo particolare verso le proprie idee teoriche, le quali riguardavano il concetto chimico della coordinazione, che aveva esposto l'anno precedente a Berlino. Infatti nella sua relazione al convegno sottolineava:

Già sulla scorta di concetti quantico-simmetrici Bethe ha segnato da vari anni una luminosa via nello studio degli elettroni nelle strutture cristalline. *Come ho ricordato recentemente* queste idee di Bethe hanno trovato anche un largo e nuovo campo di applicazione in uno sviluppo moderno e più generale del concetto chimico di coordinazione. Oggi forse abbiamo raggiunta tutta una base teorica assai adatta per affrontare con sperabili successi anche nel campo delle leghe metalliche il problema delle forze interatomiche, intermolecolari, interreticolari, della loro dipendenza da condizioni quantosimmetriche, statiche e dinamiche.

L'Istituto Scientifico Tecnico Breda ispirandosi al Comandamento del Duce — credere, obbedire e combattere — se da una parte si è dedicato con profonda visione delle necessità immediate alle realizzazioni tecniche di quanto la scienza ha già solidamente acquisito, dall'altra parte, conscio delle sempre più complesse esigenze dell'oggi, prende pure viva parte al processo creativo della scienza pura e della teoria nel campo dei metalli.<sup>42</sup>

<sup>41</sup> Ibid., p. 157.

<sup>42</sup> BONINO, Convegno Nazionale per l'Applicazione dell'Alluminio, Magnesio e loro Leghe, Milano 20-22 Ottobre 1939, Palazzo dell'Arte al Parco. CDB. (Corsivi nostri).

La seconda circostanza riguarda il nuovo viaggio l'anno successivo in Germania. Bonino partecipò alla quinta adunanza pubblica della Deutsche Akademie der Luftfahrtforschung (Accademia tedesca per la ricerca sull'aviazione) come ospite dal 10 all'11 maggio 1940 a Berlino. L'accademia era stata fondata nel 1936 ed il suo presidente rispondeva al nome del noto ministro dell'aviazione tedesco Hermann Göring. L'accademia era un forum di discussione per la ricerca atomica in Germania e soprattutto per innovazioni tecniche di guerra. I membri dell'accademia erano militari e scienziati e appartenevano all'élite intellettuale e di ricerca tedesca.<sup>43</sup>

La suddetta adunanza era dedicata allo studio dei «Processi fisici e chimici della combustione nel motore». Uno dei problemi fondamentali per i motori dell'aviazione di allora era il miglioramento del rendimento del carburante nel motore a scoppio. Fu il cosiddetto fenomeno del «battito», «das Klopfen» dei tecnici tedeschi. Bonino nella sua relazione con il titolo «Spettri Raman e il fenomeno della forza del Battito di alcune paraffine» mise in evidenza come la conoscenza delle proprietà di simmetria delle oscillazioni delle varie paraffine avrebbe consentito una migliore interpretazione della intensità delle righe-Raman, con le quali il fenomeno del «battito» delle paraffine è strettamente legato.<sup>44</sup>

In sostanza Bonino presentò a Berlino un riassunto di una ricerca che aveva già fatto all'istituto di Bologna col suo assistente Manzoni-Ansidei. I risultati furono comunicati alla Reale Accademia delle Scienze dell'Istituto di Bologna in due sessioni, il 24 aprile e l'11 Dicembre del 1938. Inoltre furono anche pubblicati nelle Memorie della Reale Accademia delle Scienze dell'Istituto di Bologna sotto il titolo «Ricerche chimico fisiche sui carburanti».<sup>45</sup>

Tali ricerche furono molto importanti per l'aviazione del tempo, perché la tecnica del volo era uno dei più delicati e sicuri fattori di potenza militare. D'altra parte bisogna mettere in evidenza il fatto che durante il periodo in cui Bonino fu a Berlino la Germania nazista era già in stato di Guerra da un anno ed aveva anche firmato il patto d'acciaio con l'Italia il 22 maggio del 1939. Inoltre due mesi prima del congresso (marzo), Mussolini nel suo incontro con Hitler aveva promesso l'entrata in guerra dell'Italia.

L'anno successivo in pieno clima di guerra e di malcontento popolare Bonino, come accademico, scienziato ed uomo di cultura nell'adunanza generale della Reale accademia d'Italia del 1 giugno 1941 per il solenne conferimento dei premi reali, tenne un discorso sugli «Aspetti chimici nel progresso della tecnica del volo». Bonino nel suo discorso ricco di retorica fascista, dopo aver fatto ampio riferimento ai contributi della chimica e chimica fisica per il progresso dell'aviazione,

<sup>43</sup> JÖRG-M. HORMANN, *Elite im Dritten Reich, Die Geschichte der Deutschen Akademie der Luftfahrtforschung 1936-1945*, Garbsen, INFO-Verlag, 1988.

<sup>44</sup> BONINO, *Raman-Spektren und Klopfestigkeit einiger Paraffine*, in Heft 9 der Schriften der Deutschen Akademie der Luftfahrtforschung, 1939, pp. 117-132, CDB.

<sup>45</sup> Serie IX, Tomo V, 1937-38, pp. 161-164; Tomo VI, 1938-39, pp. 11-17.

sottolineò la necessità di una stretta alleanza tra scienza pura e tecnica, cioè sottolineò la necessità di una collaborazione degli ingegneri motoristi con i chimici ed i chimicofisici per la vittoria dell'Asse:

E la nostra scienza sente in se una mistica grandezza essendo chiamata a forgiare, con gli accorgimenti più sottili e nascosti, le armi che permettono all'eroe di far riflettere al massimo la propria virtù nel compimento di epiche e vittoriose imprese. Gli antichi poeti pagani attribuivano invero ad una divinità la ventura di fabbricare armi per l'eroe. Tanto grandi erano e la religiosa considerazione e l'ansia affettuosa che l'eroe in essi ispirava. (...) Nel mondo moderno della scienza, talvolta considerata come appartata ed estranea alla passione di vita delle collettività umane, uno spirito nuovo e fecondo è penetrato, uno spirito che salda come in un *sacro vincolo familiare la solidarietà dello scienziato, del ricercatore e dell'applicato*. Questi sanno che dalla loro unione e dalla loro fatica nascono e si sviluppano nuove possibilità di lavoro per le masse delle officine e delle campagne, per quelle masse che educate nella severità mistica dell'Idea Fascista hanno chiaro il concetto che a parità di altre condizioni, a parità di fatica e di sacrificio, il lavoro potrà tanto più remunerare ed elevare la loro vita e quella dei loro figli quanto più elevato, qualitativamente e quantitativamente, sarà il contenuto di fecondo pensiero scientifico delle direttrici tecniche sulle quali il lavoro si svolge.

Così lo scienziato moderno marcia verso il popolo ed ha la coscienza del proprio significato e delle proprie responsabilità quale necessario elemento potenziatore e fecondatore del lavoro delle masse nel nuovo mondo che uscirà dalla vittoria dell'Asse e nel quale il lavoro sostituirà materialmente e simbolicamente il millenario impero dell'oro.<sup>46</sup>

Ho fissato al 1941 il termine conclusivo della mia ricostruzione, perché in quell'anno Bonino fece il suo ultimo intervento politico, seguito da alcune pubblicazioni scientifiche nell'anno 1942 e dall'inizio della guerra.

##### 5. *Considerazioni conclusive*

Concludendo questo lavoro, vorrei sottolineare che Bonino nel suo discorso all'adunanza generale dell'Accademia d'Italia approfondì ulteriormente il nesso fra «scienza ed armi» e «potere politico e la scienza» evocato da Sfameni e Porro al congresso della Sips di Bologna nel 1926, prendendo in considerazione anche il contributo della tecnica. Per Bonino scienza pura e tecnica formano un «sacro vincolo» non soltanto per la vittoria dell'Asse, ma anche per il «nuovo mondo» che nascerà a seguito di questa vittoria.

Per quando riguarda la scienza pura Bonino durante gli anni del fascismo diede un contributo notevole, mettendo anche in evidenza, in varie occasioni, le possibili applicazioni pratiche dei suoi contributi teorici. Oltre ciò va sottolineato il fatto che Bonino offrì un contributo notevole al dibattito che riguardava il contro-verso problema della realtà chimica e della sua rappresentazione simbolica.

Con i suoi lavori teorici, apparsi nel periodo 1939-40, oltre a mettere in evi-

<sup>46</sup> Annuario della Reale Accademia d'Italia, Vol. XIII, pp. 5-16. (Corsivi nostri)

denza l'importanza della teoria dei gruppi per i chimici, pose anche le basi per una teoria unitaria della valenza. L'impostazione logica e la trattazione teorica dei problemi chimici di cui Bonino si occupò segnarono, tra l'altro, gli inizi di una nuova disciplina, la chimica quantistica.

Quindi Bonino, con la diffusione in Italia di metodi sperimentali e teorici di avanguardia e con il reclutamento e la specializzazione dei suoi collaboratori all'estero, formò un capitale accademico che, anche dopo la guerra, in presenza di condizioni mutate, fornì la possibilità di sviluppare notevoli contributi scientifici.

In sostanza, siamo del parere che per valutare e comprendere meglio sia il contributo scientifico di Bonino che l'intreccio generale tra chimica e fascismo, siano necessari di studi comparativi relativi ad altri chimici ed al loro coinvolgimento con il regime durante il Ventennio.



GIOVANNI SEMERANO \*

## Ricordi personali di G.B. Bonino \*\*

### My personal memory about G.B. Bonino.

**Summary** – In the paper the author reminds Prof. G.B. Bonino (1899-1985), an important Italian chemist in the years between the thirties and the seventies of XX<sup>th</sup> Century. The author, equally professor on Chemistry in the same period, first at Padova, then at Bologna, recalls his numerous close relations, scientific and academical, with Bonino.

Su presentazione del compianto collega prof. A. Bertoluzza dell'Università di Bologna, nel luglio del 1998 mi visitava a Padova il dr. A. Karachalios, cittadino greco, ricercatore a Mainz su argomenti di storia della chimica.

Egli desiderava dettagliate notizie sulla vita e sull'attività accademica del prof. G.B. Bonino in vista della commemorazione del centenario della sua nascita (9/5/1899). Potei accontentarlo nel miglior modo possibile, utilizzando il materiale a disposizione del mio archivio: un centinaio di lettere scambiate con il Bonino tra il 1956 e il 1985, anno della sua morte, elenco dei lavori pubblicati dalla sua scuola,<sup>1</sup> estratti dei suoi lavori.

Nasceva così anche in me l'idea di partecipare all'VIII Convegno Nazionale di Fondamenti e Storia della Chimica con un articolo che ricordasse avvenimenti e attività di Bonino non considerati nella commemorazione da me tenuta all'Istituto dell'Accademia di Bologna nel 1988, nel 250° anno della Prima Cattedra universitaria di Chimica (1737), nell'ambito delle manifestazioni per il IX Centenario dell'Università di Bologna (1088-1988).

\* Comunità Culturale «Arturo Miolati», Padova.

\*\* Relazione presentata all'VIII Convegno Nazionale di «Storia e Fondamenti della Chimica» (Arezzo, 28-30 ottobre 1999).

<sup>1</sup> A. BERTOLUZZA, G. FERRAILOLO, G. SEMERANO, *Elenco dei lavori pubblicati dal prof. G.B. Bonino e dalla Sua scuola*, in corso di compilazione.

È questo l'articolo da me elaborato, rileggendo quelle carte in mio possesso, capaci di farmi continuare a mantenere quei sentimenti di stima, di ammirazione, di affetto che mi hanno legato a Lui nel passato.

Sono lieto che in questa occasione anche il suo bravissimo allievo prof. V. Carassiti dell'Università di Ferrara ricordi il suo maestro, e lo stesso dr. Karachalios parli su Bonino e la scuola bolognese di Chimica tra il 1927 ed il 1944.

Seguirò un ordine prevalentemente cronologico nella mia esposizione, ringraziando vivamente il dr. F. Calascibetta dell'Università di Roma, per aver presentato un riassunto di essa, permettendomi di non abbandonare la mia sede a motivo della mia tarda età, e di averla messa nella forma richiesta dalle norme di pubblicazione.

Il mio primo incontro con il prof. Bonino è avvenuto nel 1931 all'Istituto Chimico «G. Ciamician», via F. Selmi 2, Bologna. Sceso, mediante il maestoso scalone dell'atrio che portava dal primo piano, dove era ubicata la bella biblioteca e il suo studio, Egli mi tratteneva molto a lungo, ricordando i suoi rapporti di riconoscenza e di stima per il mio Maestro, il prof. Arturo Miolati, professore di Chimica Generale all'Università di Padova, che aveva deciso in maniera determinante la sistemazione di Bonino, a soli 27 anni di età.

In quella occasione, a conoscenza della mia attività nel campo della polarografia, ideata dal prof. J. Heyrovský di Praga e dal giapponese M. Shikata nel 1922 e introdotta in Italia da Miolati, mi raccontava del suo viaggio a Praga, dell'incontro con Heyrovský e della sua avventurosa escursione nei dintorni di Praga, dove il cognato di Heyrovský, il dott. V. Nejedlý, costruiva i primi polarografi e lo informava dei rapporti esistenti con me che stavo preparando una monografia dettagliata sul metodo polarografico.<sup>2</sup> La visita di Bonino a Praga fu seguita dall'acquisto di un polarografo anche da parte dell'Istituto Ciamician e dall'attività elettrochimica svolta dall'allievo di Bonino, F. Cappellina.

Del 1932 è la presenza di Bonino nella commissione, formata da N. Parravano e S. Visco, che mi conferiva uno dei Premi del Decennale della Rivoluzione Fascista, durante la XXI Riunione della Società Italiana per il Progresso delle Scienze (Roma, 9-15 ottobre 1932) per le mie applicazioni del metodo polarografico.

Sempre del 1932 è la vicenda della mia libera docenza in Chimica Fisica, dopo la laurea conseguita nel 1929. La Commissione di Libera Docenza era formata da A. Miolati di Padova, G.B. Bonino di Bologna e A. Mazzucchelli di Pisa. Superata la discussione dei titoli ci fu la scelta del tema per la lezione; io, sprovvedutamente, invece di un tema molto facile, scelsi quello degli elettroliti forti, dei quali sapevo ben poco, ma nel quale aveva svolto ricerche fondamentali Bonino. Costui, accortosi del successivo mio disagio, mi fece una lunga lezione sul tema e mi procurò dal Presidente della Società Chimica Italiana, prof. Domenico Marotta, il testo di un suo lavoro che mi fu molto utile per la preparazione della lezione. Tale prepara-

<sup>2</sup> G. SEMERANO, *Il Polarografo: sua Teoria e Applicazioni*, Padova 1932, 247 pp.

zione fu effettuata durante la notte successiva nonostante la mia stanchezza per la fortuna del viaggio della notte precedente e del mattino seguente. Non è questa la sede per ricordare quello che, in epoca parecchio successiva, Bonino mi raccontò a proposito del suo futuro cognato Leo Cavallaro, professore universitario di Chimica a Ferrara.

E veniamo al 1933, anno in cui ebbi una lunga discussione con Bonino, il quale si meravigliava che io, così affermato con successo nel campo della polarografia, mi fossi deciso per un perfezionamento in spettroscopia infrarossa ad Heidelberg, dal prof. R. Mecke, su desiderio del mio maestro.

Ebbi così occasione di trovare verificato il parere di Bonino, specialista dell'infrarosso. Dal semestre trascorso ad Heidelberg vennero per me incentivi per la fotografia con gli ultrasensibilizzatori che mi furono di grande aiuto dal 1961 per la mia consulenza decennale con la Soc. Ferrania di Savona.

Segui un lungo periodo nel quale ebbi contatti soltanto epistolari con Bonino, mentre io perfezionavo i miei studi a Francoforte sul Meno dai professori J.K. Bonhoeffer e L. Farkas (preparazione e applicazioni dell'idrogeno pesante, o- e p-H<sub>2</sub>, fotochimica) e a Londra (a.a. 1934/35) dai professori Bone e Newitt (tecniche e applicazioni chimiche della alte pressioni e fiamme).

Del 1938 è lo svolgimento del concorso a professore straordinario di Chimica Fisica per l'Università di Genova (Commissione costituita da N. Parravano, Presidente, A. Miolati, L. Rolla, F. Giordani, G.B. Bonino, Segretario-Relatore). Terna vincente: V. Caglioti, G. Semerano e G. Piccardi. Mi sistemavo così a Padova.

Nel 1940 ho fatto parte della commissione giudicatrice del concorso ad Assistente di Chimica Fisica, composta anche da G.B. Bonino, V. Caglioti, G. Natta e G. Piccardi (Lettera al Ministero P.I. del 2/9/1941).

Del 1941 è il concorso alla libera docenza di Chimica Fisica e Chimica Generale e Inorganica (sessione 1940/41), la cui commissione giudicatrice era costituita da M. Betti, G.B. Bonino, e E. Oliveri Mandalà, A. Quilico, G. Semerano.

Sempre del 1941 è il contributo determinante di Bonino, come membro del Consiglio Superiore della P.I., alle modifiche apportate alla laurea in Chimica (R.D. N° 1375 del 24/10/1941, che sostituì quello N° 1652 del 1938). In quella occasione furono rese fondamentali, e retribuite, le esercitazioni sperimentali.

Ricordo le proteste di molti cattedratici di Chimica che fino ad allora avevano considerato le esercitazioni come parte integrante dei loro corsi e perciò svolte gratuitamente dai propri assistenti!

Del 24/3/1942 è la promozione ad ordinario del sottoscritto, ad opera della Commissione formata da G.B. Bonino, Presidente, F. Giordani, N. Sborgi, Segretario-Relatore.

Del 6/6/1943 è il Premio Reale per la Chimica assegnato in Campidoglio dalla Reale Accademia d'Italia al prof. G. Natta dalla Commissione formata da F. Giordani, Presidente, G. Bargellini, Q. Lo Surdo, G. Bruni, G.B. Bonino, Relatore. Tra gli ammessi a concorrere c'era anche il sottoscritto.



Fig. 1

Per iniziativa del prof. D. Marotta, Direttore dell'Istituto Superiore di Sanità, si è tenuta nel 1955 una serie di conferenze atte ad illustrare l'importanza delle attrezzature tecniche più recenti nel campo della Biologia. Dopo Bonino è toccato a me.<sup>3</sup> La Fig. 1, dell'11/3/1955, mostra il Bonino accanto al Miolati e al Marotta. Ricordo le vive preoccupazioni del Bonino per la salute del mio Maestro.

Degli ultimi anni cinquanta sono le villeggiature estive di Bonino in Alto Adige e la sua costante presenza ai corsi dell'Università di Padova a Bressanone. Ad essi egli ha partecipato in forma diretta con la Conferenza tenuta il 10/8/1959, all'incontro universitario (10-19/8) sul tema: «Relazione tra costituzione e compor-

<sup>3</sup> G. SEMERANO, «Applicazioni recenti del metodo polarografico in Chimica Biologica», *Rendiconti Istituto Superiore di Sanità*, 1956, 19, pp. 99-180.

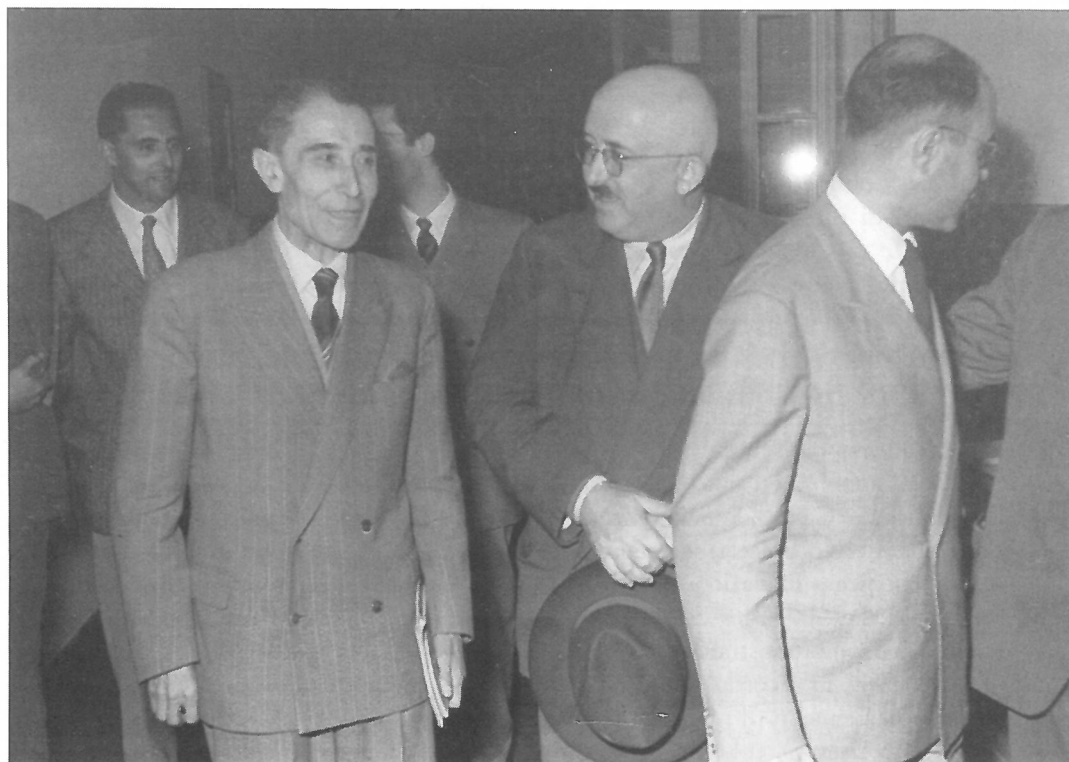


Fig. 2

tamento chimico-fisico». La conferenza plenaria del Bonino aveva per titolo: *Divagazioni sul concetto di costituzione chimica*.<sup>4</sup> Essa fu molto applaudita e gli fruttò una medaglia d'oro da parte dell'Università di Padova. La Fig. 2 mostra il Bonino tra il pro-Rettore A. Checchini e il sottoscritto.

Sempre nel 1959 si realizzava l'aspirazione che Egli aveva comunicato a Fabrizio De Sanctis<sup>5</sup> nell'intervista concessagli in quell'anno, quella cioè di trasferimento in una Cattedra di Ingegneria nella sua Genova. Ed ecco che io allora, nell'ultimo giorno valido, il 31/7/1959, chiedevo di correre l'avventura di essere trasferito alla Cattedra lasciata libera da Bonino, per la quale Egli aveva pensato in un primo tempo al suo allievo, Mario Rolla, ma che poi lasciò per me, accettandomi come successore.

E veniamo al 1960, anno in cui si svolge il concorso per la cattedra di Chimica Teorica per l'Università di Padova, la prima in Italia e da me richiesta. La Com-

<sup>4</sup> G.B. BONINO, «Divagazioni sul concetto di costituzione chimica», *Contributi teor. sperim. polarogr. Suppl. Ric. Sci.*, 1960, 5, pp. 17-31.

<sup>5</sup> F. DE SANCTIS, «Bonino, un filosofo della Scienza», *Il Chimico*, pp. 50-55.

missione, della quale facevano parte Bonino e il sottoscritto, portò alla sistemazione a Padova del mio allievo Giovanni Giacometti e dei due allievi del Bonino, C. Dejak e O. Salvetti.

L'anno accademico 1960/61 ci ha visti assieme a Bologna per un temporaneo ritorno di Bonino in una Facoltà di Scienze, richiesto per la conservazione del suo posto nel Consiglio Superiore della P.I. Ci fu così un accordo dettagliato tra i due professori di ruolo dell'Istituto Ciamician per le singole prerogative di Chimica Generale e di Chimica Fisica. Alla fine del 1961 mi trasferivo definitivamente a Bologna, lasciando a disposizione di Bonino e dei suoi allievi rimasti a Bologna ampi spazi per la loro attività didattica e scientifica, cosa della quale Bonino mi fu sempre molto grato.

Del 1963 è l'appoggio datomi da Bonino per l'assegnazione alla mia persona del Premio del Presidente della Repubblica, a quel tempo Antonio Segni, da parte dell'Accademia dei Lincei.

Degli anni '60 è l'aiuto fornito da Bonino, come Presidente del Comitato per la Chimica del C.N.R., a molte iniziative dell'Istituto Chimico Ciamician, tramite il professor Alberto Breccia, segretario del Comitato. Tra queste ricordiamo l'Istituto di Fotochimica a Radiazioni di Alta Energia (e relativo acceleratore assegnato alla sede di Medicina), Fisica delle Macromolecole e Spettroscopia a Microonde, con relativo collaboratore straniero.

Nel 1969, in accordo con l'istituzione dell'insegnamento delle Esercitazioni di Disegno di Elementi di Macchine, che Egli aveva inserito nel 1941, tra i corsi per la laurea in Chimica, ebbe una parte molto attiva nel tentativo di concedere la relativa libera docenza al dott. M. Puppa, allievo del celebre architetto Calabi e incaricato al Ciamician.

Del 1974, è l'appoggio dato alla mia proposta di nomina a Socio dell'Accademia dei Lincei del prof. Umberto Colombo, dirigente della Montedison, quindi Presidente dell'ENEA e poi Ministro per l'Università e la Ricerca Scientifica. Dello stesso anno è la creazione del laboratorio per la Spettroscopia Raman dell'Istituto Chimico Ciamician (Direttivo: A. Bertoluzza, G.B. Bonino, G. Semerano) e il lavoro in comune per la creazione del Centro Linceo Interdisciplinare di Scienze Matematiche e loro applicazioni.

Gli ultimi anni di Bonino, prima della morte, sono stati molto dolorosi: la perdita dell'unico figlio, la sua caduta per le scale di casa, le sofferenze fisiche di vario tipo e gravità.

In conclusione ricordo come nel 1997 dalle mani dei chimico-fisici italiani U. Mazzuccato, S. Pignataro, del compianto L. Senatore e della sua consorte, mi venne consegnata la medaglia d'oro dalla Divisione di Chimica Fisica della Società Chimica Italiana, nel Congresso di Chimica Fisica di Pisa. La medaglia riproduce su di un lato l'immagine del busto di G.B. Bonino e costituisce anche per questo uno dei miei ricordi più cari.

FRANCO CALASCIBETTA \* - ANTONIO CLERICUZIO \*\*  
CRISTINA PADOVANI \*\*

**I contributi italiani al X Congresso Internazionale  
di Chimica (Roma 1938): alcuni aspetti della ricerca  
chimica italiana di base ed applicata negli anni  
precedenti la seconda guerra mondiale \*\*\***

**Italian contributions to the X International Chemical Congress (Rome, 1938): some aspects of basic and applied Italian chemistry research in the years before the Second World War.**

**Summary** – The X International Chemical Congress was held in Rome in 1938. The previous Congresses had been held at irregular intervals in various cities in different parts of the world, including Paris (1900), Berlin (1903), London (1909), New York-Washington (1912) and Madrid (1934). The VI International Congress of Applied Chemistry had already been held in Rome in 1906, to coincide with the eightieth birthday of Stanislao Cannizzaro.

The 1938 Congress, chaired by N. Parravano as President of the International Union of Pure and Applied Chemistry, was organised in 11 sections devoted to chemical basic research, to fundamental chemical products and to applications of chemistry in all fields, from nutrition to health, from transport to defence etc. Over 2500 delegates attended the proceedings and 532 communications were presented.

Since 281 of these communications were presented by Italians, it seemed to us that a detailed analysis of these contributions could prove useful for the study of Chemistry in Italy in the 1930s.

An attempt has been made specifically to show the sectors in which basic research was proceeding in those years in universities and in other institutions, its connections with leading edge research being carried out contemporaneously in other countries, and its more or less co-ordinated relationships with the attempt to develop the chemical Industry in Italy during the same period. A parallel examination of the corresponding Italian contributions to the VI Congress of 1906 has led to interesting reflections on the change in the situation of Chemistry in Italy in the thirty-year period.

\* Università «La Sapienza», Roma.

\*\* Università di Cassino.

\*\*\* Relazione presentata all'VIII Convegno Nazionale di «Storia e Fondamenti della Chimica» (Arezzo, 28-30 ottobre 1999).

### *Introduzione*

Nel mese di maggio del 1938, presso la nuova Città Universitaria di Roma, appena ultimata, si tenne il X Congresso Internazionale di Chimica. La serie di tali Congressi era iniziata nel 1894 a Bruxelles ed era poi proseguita con cadenza non del tutto regolare e con una lunga interruzione tra l'VIII (tenuto a New York e Washington nel 1912) e il IX, svoltosi a Madrid nel 1934. Proprio a Madrid, Nicola Parravano, Presidente della Delegazione italiana, aveva presentato all'Unione Internazionale di Chimica l'invito del nostro governo a tenere il X Congresso a Roma. L'Unione Internazionale di Chimica aveva accettato la candidatura italiana nominando lo stesso Parravano Presidente del Congresso. Fu quindi Parravano ad organizzare questa indubbiamente prestigiosa riunione internazionale nel nostro paese, coadiuvato in qualità di Vice-Presidenti o di membri del Comitato Scientifico da tutti i più noti chimici italiani del periodo.

Al Congresso, che durò più di una settimana, furono presentate 532 comunicazioni. Di esse ben 281 furono opera di chimici italiani. Ovviamente tali numeri non possono essere presi a testimonianza di un presunto ottimo stato di salute della Chimica italiana rispetto a quella di altri paesi, ma piuttosto dell'importanza che la comunità chimica del nostro paese volle dare a tale manifestazione. Data comunque l'elevata quantità di interventi di chimici italiani, ci è sembrata possibile ed interessante una loro analisi, che prendesse in esame contenuti scientifici, provenienza geografica e istituzionale degli autori. I caratteri di «parata» che una simile occasione sempre porta con sé, uniti ai propositi politici del regime, teso a dare un'immagine dell'Italia quale nazione all'avanguardia in tutti i settori, rischiano di fornire un quadro deformato della situazione reale. La nostra analisi dovrà quindi necessariamente confrontarsi con altre basate su diversi dati.<sup>1</sup> Tuttavia abbiamo ritenuto che anche il nostro punto di partenza potesse portare un utile contributo al tema più generale di uno studio sulla ricerca chimica, di base ed applicata, che si faceva in Italia alla fine degli anni '30 e alle sue relazioni con le attività produttive nel settore.

In questa nostra ipotesi di ricerca siamo stati spinti anche da una particolare coincidenza. Tra i Congressi Internazionali di Chimica che abbiamo ricordato sopra, prima di quello del 1938 se ne era tenuto a Roma un altro, il VI, nel 1906. Le dimensioni dei due Congressi furono simili (nel 1906 furono presentate ugualmente 532 comunicazioni, e quelle di italiani furono 219). Siamo stati quindi attratti dall'idea di un'analisi comparata tra le due manifestazioni in cui alcuni «errori sistematici» (Congressi che si svolgono nel nostro paese ed in una particolare città) potessero, per così dire, elidersi. Tra i due eventi trascorsero molti anni, durante i

<sup>1</sup> Su pregi e limiti di questa particolare metodologia, detta scientometria si veda H. KRAGH, *Introduzione alla Storiografia della Scienza* (traduz. G. FANTI e A. RAMPINI), Bologna 1990, Cap. 17, pp. 202-219.



quali ci fu una guerra mondiale e una trasformazione profonda della Chimica in tutto il mondo. Il confronto tra i dati raccolti, con particolare riferimento alla realtà italiana, può comunque darci due istantanee in grado di consentirci alcune riflessioni sulla diversa situazione della chimica del nostro paese a distanza di trenta anni.

### *I Programmi dei Congressi*

Occorre innanzi tutto dire che i due Congressi si differenziarono tra di loro già nella denominazione. Quello del 1906 si chiamò «Congresso Internazionale di Chimica Applicata».<sup>2</sup> Questa denominazione ed anche le sezioni e sottosezioni in cui vennero organizzati i lavori furono sostanzialmente le stesse nei Congressi immediatamente precedenti e successivi (vedi Figura 1). In realtà non si può negare come, particolarmente per alcune sezioni, ad esempio la decima su «Chimica Fisica ed Elettrochimica», il contenuto di alcune comunicazioni avesse finalità applicative assai sfumate. Tuttavia è indubbio che lo scopo generale del VI Congresso, come degli altri precedenti la prima guerra mondiale, fosse quello di analizzare gli aspetti della disciplina più legati alla immediata utilizzazione pratica.

Il Comitato organizzatore della manifestazione del 1938 decise invece di denominarla «Congresso Internazionale di Chimica». Nel discorso tenuto durante il banchetto di chiusura, Parravano giustificò la scelta di non voler distinguere tra aspetti teorici ed applicativi, perché, per dirla con le sue parole, «la teoria di oggi è fonte delle applicazioni di domani e la più modesta tecnologia odierna può servire di fondamento, come tante volte è avvenuto, alle più ardite speculazioni».<sup>3</sup> Da ciò era nata la scelta del tema generale «La Chimica al servizio dell'uomo» alla base delle sezioni e sottosezioni in cui venne organizzato il Congresso (vedi Figure 2a e 2b). Al di là della abbondante spruzzata di retorica fascista, evidente nella denominazione di alcune sezioni, notiamo soprattutto come la prima di esse, denominata «La chimica e il pensiero scientifico», fosse testimonianza per lo più di ricerche pure, spesso di stampo accademico. Questo ci ha spinto, nelle nostre analisi, a distinguere i dati di questa sezione da quelli delle altre dieci.

<sup>2</sup> E. PATERNÒ, V. VILLAVECCHIA, *Atti del VI Congresso Internazionale di Chimica Applicata*, Roma 1907, Vol. I, p. 12.

<sup>3</sup> *Atti del X Congresso Internazionale di Chimica*, Roma 1938, Vol. I, p. 88.

# VI CONGRESSO INTERNAZIONALE DI CHIMICA APPLICATA

ROMA, 26 APRILE - 3 MAGGIO 1906

Prof. STANISLAO CANNIZZARO, *Presidente onorario.*  
Prof. EMANUELE PATEBNÒ, *Presidente effettivo.*  
Prof. GIACOMO CIAMICIAN  
Sen. ERNESTO DE ANGELI  
Comm. IGNAZIO FLORIO  
On. EMILIO MARAINI  
Prof. ANGELO MENOZZI  
Prof. RAFFAELLO NASINI  
Prof. ARNALDO PIUTTI  
Ing. VITTORIO SCLOPIS  
Prof. VITTORIO VILLAVECCHIA, *Segretario generale.*  
Prof. GIOVANNI GIORGIS, *Tesoriere.*

Vice-presidenti.

## ORGANIZZAZIONE DEL CONGRESSO

- Sezione I. — *Chimica analitica - Apparecchi e strumenti.* — PRESIDENTE, prof. P. Spica, Padova.
- Sezione II. — *Chimica inorganica e industrie relative.* — PRESIDENTE, prof. L. Gabba, Milano.
- Sezione III. — *Metallurgia e miniere - Esplosivi.*  
Sottosezione A. — *Metallurgia e miniere.* — PRESIDENTE, ing. E. Mattiolo, Roma.  
Sottosezione B. — *Esplosivi.* — PRESIDENTE, ing. col. G. Vitali, Roma.
- Sezione IV. — *Chimica organica e industrie relative.*  
Sottosezione A. — *Industria dei prodotti organici.* — PRESIDENTE, prof. G. Ciamician, Bologna.  
Sottosezione B. — *Sostanze coloranti e loro applicazioni.* — PRESIDENTE, prof. G. Koerner, Milano.
- Sezione V. — *Industria e chimica dello zucchero.* — PRESIDENTE, prof. V. Villavecchia, Roma.
- Sezione VI. — *Fermentazioni e amidi.*  
Sottosezione A. — *Industria della fecola, dell'amido e derivati.* — PRESIDENTE, prof. I. Giglioli, Pisa.  
Sottosezione B. — *Fermentazioni, con speciale riguardo all'enologia.* — PRESIDENTE, ing. M. Zecchini, Torino.
- Sezione VII. — *Chimica agraria.* — PRESIDENTE, prof. A. Menozzi, Milano.
- Sezione VIII. — *Igiene. Chimica medica e farmaceutica. Bromatologia.*  
Sottosezione A-B — *Igiene. Chimica medica e farmaceutica.* — PRESIDENTE, prof. I. Guareschi, Torino.  
Sottosezione C. — *Bromatologia.* — PRESIDENTE, prof. A. Piutti, Napoli.
- Sezione IX. — *Fotochimica, fotografia.* — PRESIDENTE, Col. G. Pizzighelli, Firenze.
- Sezione X. — *Chimica fisica e Elettrochimica.* — PRESIDENTE, prof. R. Nasini, Pisa.
- Sezione XI. — *Diritto, economia politica e legislazione in relazione all'industria chimica.* — PRESIDENTE, ing. G. B. Pirelli, Milano.

*Le nazioni partecipanti*

Al Congresso del 1906 presentarono comunicazioni scienziati provenienti da 20 nazioni, in larga parte europee (vedi Figura 3). Tale distribuzione ci suggerisce alcune considerazioni, inevitabili anche se non centrali rispetto alla nostra particolare ricerca. Notiamo innanzi tutto una presenza non marginale dell'Austria-Ungheria, determinata peraltro in maniera piuttosto significativa anche da ricerche provenienti dall'area ceca e in particolare da Praga (ricordiamo tuttavia che la presenza austro-ungarica nel panorama chimico del primo novecento risulta evidenziata anche dalla organizzazione a Vienna del Congresso Internazionale del 1898). Un cospicuo numero di comunicazioni venne dalla Francia, mentre la presenza tedesca appare forse inferiore a quanto ci saremmo aspettati; il contributo statunitense fu identico numericamente a quello greco! (ovviamente su tale dato pesarono soprattutto considerazioni di tipo «logistico»). Oltre a tale analisi del tutto generale, risalta ai nostri fini la presentazione di 219 comunicazioni italiane pari a circa il 41% del totale. Ovviamente neanche questo numero, molto superiore al corrispondente numero di nostri contributi portati ai Congressi Internazionali immediatamente precedenti e successivi,<sup>4</sup> indica di per sé una particolare vivacità della Chimica italiana, ma è, anche in questo caso, un segnale dell'interesse che suscitò il Congresso nella comunità del nostro paese.

Al Congresso del 1938 (vedi Figura 4) la mobilitazione dei chimici italiani fu ancora più massiccia e le comunicazioni presentate furono il 53% del totale. Tale aumento, rispetto al dato del 1906, potrebbe anche essere letto come un segno di crescita delle attività di ricerca in campo chimico nella nostra nazione. Se separiamo i dati relativi alla prima sezione (quella dai contenuti più teorici) da quelli delle altre, notiamo come in essa la presenza italiana sia ancora più numerosa, a causa del desiderio del mondo accademico di mettersi in mostra nell'occasione (vedi Figura 5).

Anche per il Congresso del 1938 sono possibili alcune considerazioni 'a latere' sulla distribuzione complessiva delle comunicazioni per nazione. Aumenta rispetto al 1906 la presenza tedesca (e qui influirono sicuramente anche le alleanze recentemente strette), spariscono del tutto (per evidenti motivi connessi alla situazione politica del momento) il contributo russo e spagnolo. Anche la Gran Bretagna risulta completamente assente. Le comunicazioni inglesi non erano state per altro particolarmente numerose neanche nel 1906. In entrambi i Congressi la delegazione ufficiale britannica poté vantare personalità di assoluto prestigio, quali ad esempio W. Ramsay e H. Roscoe nel 1906, o F. Donnan, K. Ingold e F. Aston nel 1938 e da inglesi in entrambi i casi furono tenute importanti conferenze ad invito, introduttive ai lavori di alcune sezioni. A ciò non corrispose tuttavia una presenza significativa di testimonianze di una ricerca chimica «diffusa».

<sup>4</sup> Dati sull'argomento in A. COPPADORO, *I Chimici italiani e le loro associazioni*, Milano 1961.

# X CONGRESSO INTERNAZIONALE DI CHIMICA

ROMA, 15-21 Maggio 1938 - XVI.

## PROGRAMMA DEI LAVORI

### SEZIONE I - La chimica e il pensiero scientifico.

- a) Storia della chimica
- b) Chimica fisica
- c) Chimica inorganica
- d) Chimica organica
- e) Chimica analitica
- f) La formazione dei giovani chimici
- g) I problemi della proprietà intellettuale. I brevetti industriali.

*Presidente:* Prof. Paul WALDEN.

~ ~

### SEZIONE II - I prodotti chimici fondamentali.

- a) Metalli
- b) Combustibili solidi
- c) Combustibili liquidi e lubrificanti
- d) Prodotti azotati
- e) Grande industria chimica inorganica
- f) Gomma
- g) Cellulosa
- h) Materia plastiche
- i) Materiali da costruzione
- j) Colori e vernici
- k) Grassi.

*Presidente:* S.E. Prof. Wojcieh SWIETOSLAWSKI.

~ ~

### SEZIONE III - La chimica e la utilizzazione delle diverse forme di energia.

- a) La chimica e il calore (termotecnica, tecnologia dei combustibili, ecc.)
- b) La chimica e l'elettricità (elettrotermia, elettrometallurgia, materie isolanti ecc.).

*Presidente:* Prof. Pierre JOLIBOIS.

### SEZIONE IV - La chimica e l'alimentazione.

- a) La scienza degli alimenti
- b) Analisi degli alimenti
- c) Industrie alimentari.

*Presidente:* Dr. L. M. LAMPITT.

~ ~

### SEZIONE V - La chimica, la casa, il vestito

- a) La chimica e i materiali da costruzione
- b) La chimica e la decorazione
- c) La chimica nell'esercizio e la manutenzione dell'abitazione
- d) La chimica delle materie tessili
- e) La chimica e i coloranti
- f) Pelli e cuoi

*Presidente:* Prof. Paul RUGGLI.

~ ~

### SEZIONE VI - La chimica, la salute, l'igiene e la bellezza

- a) Chimica biologica
- b) Chimica farmaceutica inorganica, organica e biologica
- c) Tecnica farmaceutica
- d) Industrie farmaceutiche
- e) Industrie dell'igiene e della bellezza (sapone, profumi, cosmetici, ecc.)

*Presidente:* Prof. Ernest FOURNEAU.

~ ~

### SEZIONE VII - La chimica nella documentazione, la propaganda, l'arte e gli svaghi

- a) La stampa (carta, inchiostri ecc.)
- b) La fotografia e la chimica fotografica
- c) Riproduzioni fotomeccaniche
- d) La cinematografia
- e) Fonografi e dischi
- f) Vetri d'ottica

*Presidente:* Prof. A. SEYEWETZ.

## SEZIONE VIII - La chimica e l'agricoltura

- a) Chimica Agraria
- b) Fertilizzanti e tecnica della fertilizzazione
- c) Industrie agricole e tecnologie chimico-agricole

*Presidente:* Prof. Emil VOTOCEK.

~ ~

## SEZIONE IX - La chimica e l'industria

- a) Le macchine e gli impianti chimici
- b) La chimica nelle industrie non chimiche
- c) I problemi dell'unificazione nella chimica

*Presidente:* Dr. Fr. TER MEER.

## SEZIONE X - La chimica e i trasporti

- a) Trasporti terrestri
- b) Navigazione
- c) Aeronavigazione

*Presidente:* Prof. Franz FISCHER.

~ ~

## SEZIONE XI - La chimica e la difesa

- a) Gli esplosivi
- b) Gli aggressivi chimici e i mezzi di protezione
- c) La chimica e gli altri materiali di guerra
- d) I surrogati

*Presidente:* Prof. Marston Taylor BOGERT.

## COMITATO DI ORGANIZZAZIONE DEL CONGRESSO

### PRESIDENTE

S. E. Prof. NICOLA PARRAVANO

Accademico d'Italia - Presidente della "Union Internationale de Chimie."  
Direttore dell'Istituto Chimico della R. Università di Roma

### VICE PRESIDENTI

On. Prof. Giuseppe Bruni: Direttore dell'Istituto di Chimica Generale e Inorganica del R. Politecnico di Milano - Deputato al Parlamento;

On. Ing. Guido Donegani: Presidente della "Montecatini" - Deputato al Parlamento;

On. Principe Piero Ginori-Conti: Presidente dell'Associazione Italiana di Chimica - Presidente e Amministratore Delegato della Società Boracifera di Larderello - Senatore del Regno;

On. Dr. Giovanni Morselli: Amministratore Delegato della Soc. An. Carlo Erba - Presidente e Amministratore Delegato della Società Elettrica ed Electrochimica del Caffaro - Deputato al Parlamento;

On. Dr. Angelo Tarchi: Vice Presidente della Corporazione della Chimica - Deputato al Parlamento.

### TESORIERE

Prof. Guido Bargellini: Ordinario di Chimica Organica nella R. Università di Roma.

### SEGRETARIO

Prof. Domenico Marotta: Direttore dell'Istituto di Sanità Pubblica del Ministero degli Interni.

## COMITATO SCIENTIFICO

### PRESIDENTE

S. E. Prof. Francesco Giordani: Accademico d'Italia - Direttore dell'Istituto di Chimica Generale e Inorganica della R. Università di Napoli.

### MEMBRI

Prof. Mario Betti - Prof. Giov. Battista Bonino - Prof. Livio Cambi - S. E. Prof. Dante De Biasi - Conte Dott. Franco Grottanelli - Prof. Carlo La Rotonda - Prof. Mario Giacomo Levi - Prof. Carlo Mazzetti - Prof. Domenico Meneghini - Prof. Arturo Miolati - Prof. Giulio Natta - Prof. Adolfo Quilico - Prof. Luigi Rolla - Prof. Umberto Sborgi - On. Prof. Sabato Visco.

### SEGRETARIO

Prof. Vincenzo Cagliotti: Straordinario di Chimica Fisica nella R. Università di Roma.

| Nazione          | N          | %             |
|------------------|------------|---------------|
| Argentina        | 3          | 0,56          |
| Austria-Ungheria | 36         | 6,77          |
| Belgio           | 19         | 3,57          |
| Bulgaria         | 2          | 0,38          |
| Francia          | 121        | 22,74         |
| Germania         | 45         | 8,46          |
| Gran Bretagna    | 11         | 2,07          |
| Grecia           | 14         | 2,63          |
| Italia           | 219        | 41,17         |
| Messico          | 1          | 0,19          |
| Norvegia         | 2          | 0,38          |
| Paesi Bassi      | 5          | 0,94          |
| Portogallo       | 4          | 0,75          |
| Romania          | 8          | 1,50          |
| Russia           | 13         | 2,44          |
| Serbia           | 1          | 0,19          |
| Spagna           | 7          | 1,32          |
| Svezia           | 2          | 0,38          |
| Svizzera         | 5          | 0,94          |
| USA              | 14         | 2,63          |
| <b>TOTALE</b>    | <b>532</b> | <b>100,00</b> |

### Congresso del 1906 - Distribuzione delle Comunicazioni per Nazione

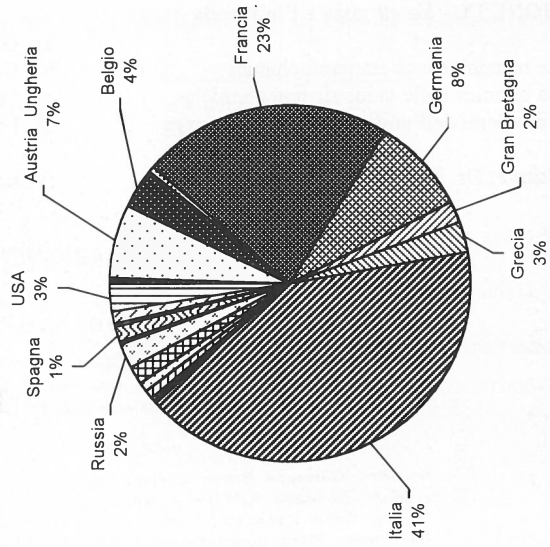
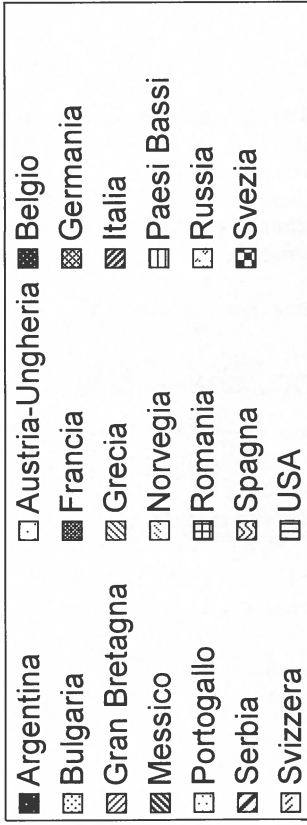


Fig. 3

| Nazione        | N          | %             |
|----------------|------------|---------------|
| Argentina      | 3          | 0,56          |
| Belgio         | 3          | 0,56          |
| Bulgaria       | 4          | 0,75          |
| Cecoslovacchia | 6          | 1,13          |
| Cile           | 3          | 0,56          |
| Finlandia      | 1          | 0,19          |
| Francia        | 57         | 10,71         |
| Germania       | 82         | 15,41         |
| Grecia         | 4          | 0,75          |
| India          | 2          | 0,38          |
| Italia         | 281        | 52,82         |
| Jugoslavia     | 3          | 0,56          |
| Norvegia       | 4          | 0,75          |
| Paesi Bassi    | 6          | 1,13          |
| Perù           | 1          | 0,19          |
| Polonia        | 36         | 6,77          |
| Romania        | 6          | 1,13          |
| Svezia         | 4          | 0,75          |
| Svizzera       | 9          | 1,69          |
| Ungheria       | 1          | 0,19          |
| USA            | 16         | 3,01          |
| <b>TOTALE</b>  | <b>532</b> | <b>100,00</b> |

## Congresso del 1938 - Distribuzione delle Comunicazioni per Nazione

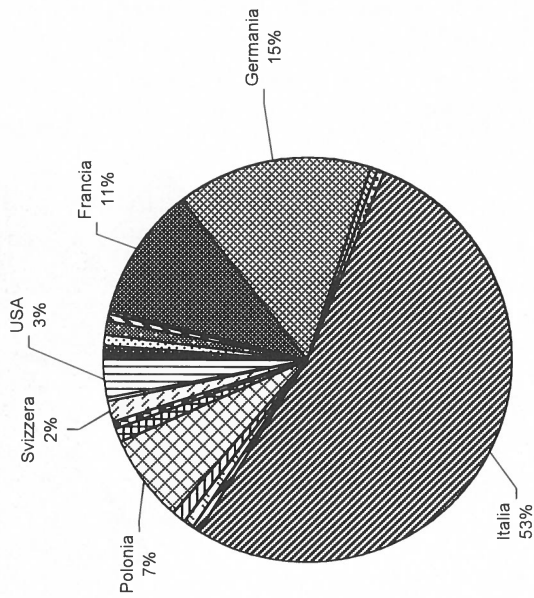
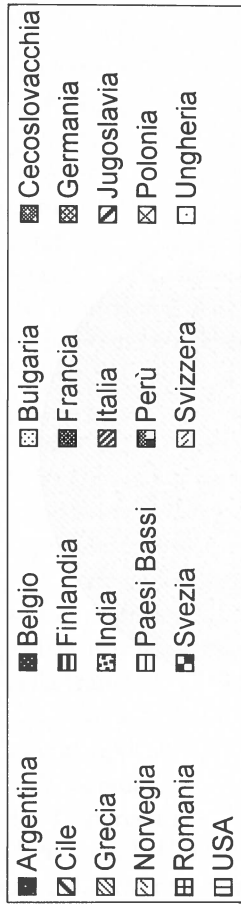


Fig. 4

| Nazione        | N          | %             |
|----------------|------------|---------------|
| Bulgaria       | 3          | 1,32          |
| Cecoslovacchia | 3          | 1,32          |
| Francia        | 28         | 12,33         |
| Germania       | 26         | 11,45         |
| Grecia         | 3          | 1,32          |
| India          | 1          | 0,44          |
| Italia         | 127        | 55,95         |
| Jugoslavia     | 1          | 0,44          |
| Paesi Bassi    | 5          | 2,20          |
| Polonia        | 20         | 8,81          |
| Romania        | 2          | 0,88          |
| Svezia         | 2          | 0,88          |
| Svizzera       | 3          | 1,32          |
| USA            | 3          | 1,32          |
| <b>TOTALE</b>  | <b>227</b> | <b>100,00</b> |

### Congresso del 1938: Sezione 1 - Distribuzione delle Comunicazioni per Nazione

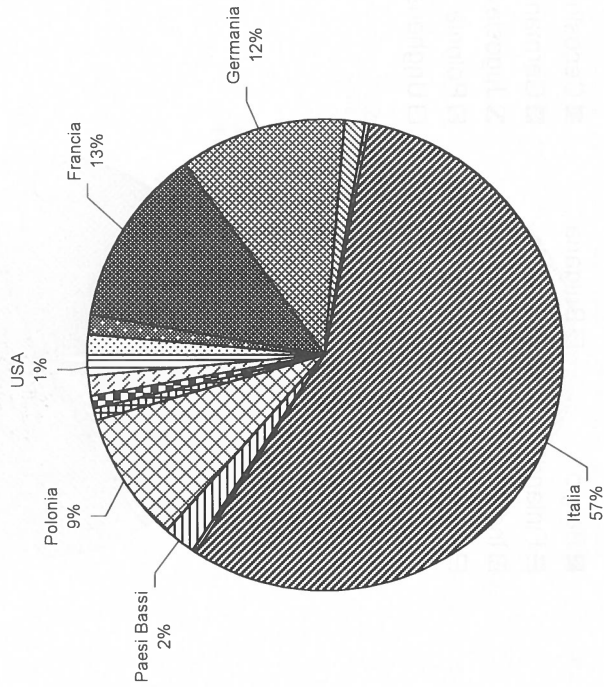
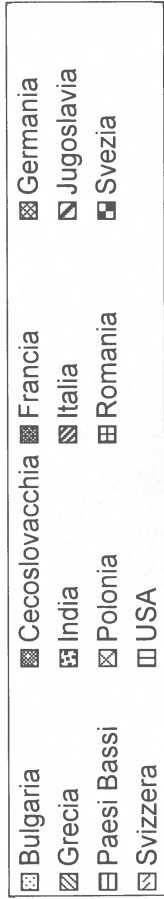


Fig. 5



### *Distribuzione geografica delle comunicazioni italiane*

Nella Figura 6 sono riportati i dati relativi alle città di provenienza dei chimici italiani partecipanti al Congresso del 1906 con una comunicazione. Sono presenti 51 diverse località, indice di una frammentazione di iniziative di ricerca più o meno significative, senza che vi fosse né una sede né un'area geografica che esercitasse un effettivo ruolo trainante. Questi dati indicano una ricerca di carattere sporadico, frammentato e una mancanza di un quadro di programmazione nazionale o di pianificazione centralizzata delle risorse nel settore.

I dati relativi al X Congresso (1938), riportati nella Figura 7, ci aiutano a comprendere la situazione della Chimica in Italia nel periodo in questione. Le località coinvolte passano da 51 a 30, ma non sembra essere cambiato il quadro di una realtà policentrica, senza nette preponderanze di una o poche sedi sulle altre. Se andiamo ad analizzare analogamente la situazione francese troviamo ad esempio che il 59% delle comunicazioni presentate venne da Parigi, (nel 1906 tale percentuale era addirittura del 64%). Potremmo dire, utilizzando una espressione in voga pochi anni fa in un contesto diverso, che anche qui si evidenzia «l'Italia delle cento città», figlia certamente della particolare storia del nostro paese. Tale dato, se da un lato testimonia di una vitalità diffusa, dall'altro però porta con sé come possibile conseguenza il frazionamento delle risorse a disposizione per la ricerca. La riduzione della frammentazione dal 1906 al 1938 potrebbe essere letta come effetto di un tentativo accentratore da parte del regime fascista.

Dai dati riportati nelle Figure 6 e 7, si nota in ogni caso una presenza maggioritaria delle comunicazioni provenienti dall'Italia del Nord. Tenendo conto del fatto che i due Congressi si svolsero entrambi a Roma ed avendo presenti le attenzioni particolari di cui la Chimica romana poteva godere, non si può non notare come la presenza della ricerca chimica nella capitale risulti alquanto modesta. Questo è ancora più evidente se esaminiamo, per il 1938, i contributi per le sezioni di carattere più applicativo, escludendo quelle della prima sezione (vedi Figura 8). Ciò testimonia le caratteristiche essenzialmente nordiche della Chimica italiana, soprattutto nei suoi aspetti più produttivi, connotazione che oltrepassa il periodo in questione, risultando confermata anche ai nostri giorni.

### *Enti e realtà produttive coinvolte*

Un'altra possibile analisi delle comunicazioni presentate ai due Congressi che costituiscono l'oggetto della nostra ricerca è una loro classificazione per provenienza «istituzionale» degli autori (vedi Figure 9 e 10). Tale approccio ci ha creato qualche difficoltà nell'esame dei dati relativi al Congresso del 1906. Innanzi tutto molte comunicazioni risultano presentate da autori per i quali viene indicato l'indirizzo personale e non quello di una qualunque istituzione od ente, pubblico o pri-

| Città              | N   | %      |
|--------------------|-----|--------|
| Alba               | 3   | 1,37   |
| Asmara             | 1   | 0,46   |
| Asti               | 2   | 0,91   |
| Avellino           | 2   | 0,91   |
| Bergamo            | 1   | 0,46   |
| Bologna            | 13  | 5,94   |
| Cagliari           | 1   | 0,46   |
| Caltanissetta      | 1   | 0,46   |
| Casal Monferrato   | 2   | 0,91   |
| Cesena             | 1   | 0,46   |
| Como               | 3   | 1,37   |
| Ferrara            | 7   | 3,20   |
| Firenze            | 2   | 0,91   |
| Follonica          | 2   | 0,91   |
| Fontana Liri       | 1   | 0,46   |
| Forlì              | 1   | 0,46   |
| Garessio           | 2   | 0,91   |
| Genova             | 2   | 0,91   |
| Iglesias           | 1   | 0,46   |
| La Spezia          | 4   | 1,83   |
| Livorno            | 4   | 1,83   |
| Locate Triulzi     | 1   | 0,46   |
| Lodi               | 1   | 0,46   |
| Massa Marittima    | 1   | 0,46   |
| Melfi              | 3   | 1,37   |
| Messina            | 2   | 0,91   |
| Milano             | 31  | 14,16  |
| Modena             | 1   | 0,46   |
| Napoli             | 21  | 9,59   |
| Padova             | 5   | 2,28   |
| Palermo            | 1   | 0,46   |
| Parma              | 11  | 5,02   |
| Pavia              | 6   | 2,74   |
| Perugia            | 2   | 0,91   |
| Pisa               | 9   | 4,11   |
| Pont Saint Martin  | 1   | 0,46   |
| Pontelagoscuro     | 1   | 0,46   |
| Reggio Emilia      | 5   | 2,28   |
| Rieti              | 3   | 1,37   |
| Roma               | 30  | 13,70  |
| S.Vito al Tagliam. | 1   | 0,46   |
| Santa Fiora        | 1   | 0,46   |
| Sassari            | 3   | 1,37   |
| Scandicci          | 3   | 1,37   |
| Solbiate Olona     | 1   | 0,46   |
| Taranto            | 1   | 0,46   |
| Torino             | 13  | 5,94   |
| Udine              | 1   | 0,46   |
| Varese             | 1   | 0,46   |
| Venezia            | 2   | 0,91   |
| Verona             | 1   | 0,46   |
| TOTALE             | 219 | 100,00 |

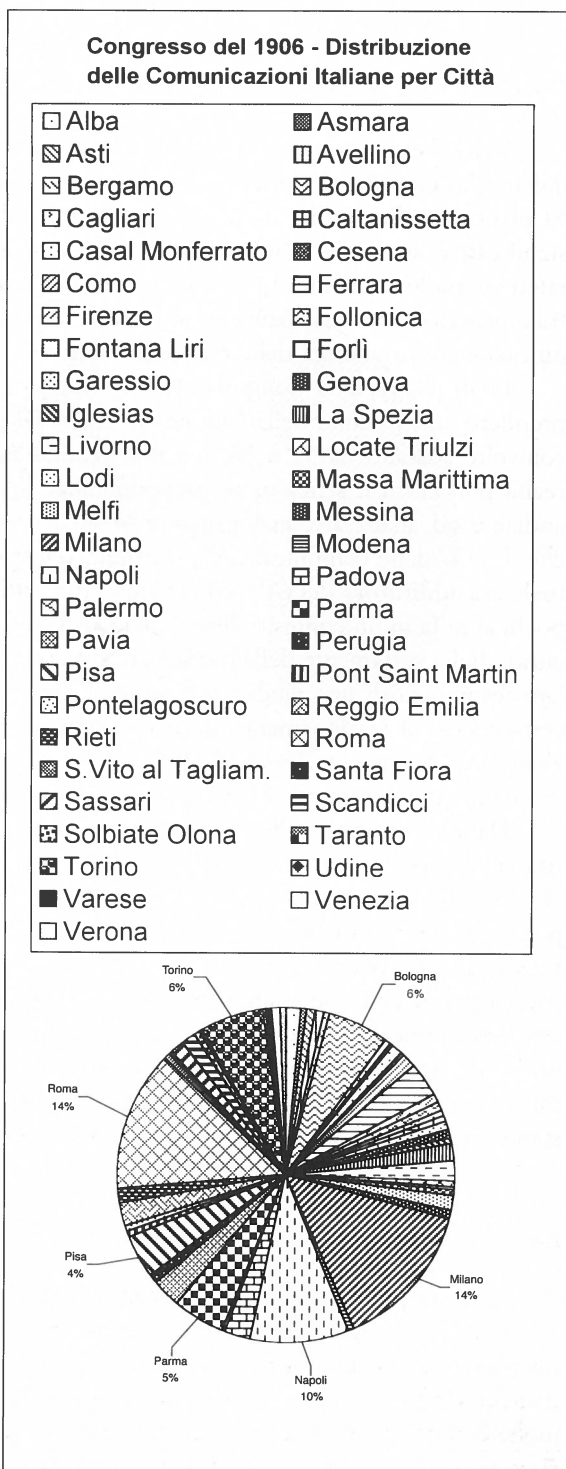


Fig. 6

| Città'        | N          | %             |
|---------------|------------|---------------|
| Avigliana     | 1          | 0,36          |
| Bari          | 1          | 0,36          |
| Bologna       | 26         | 9,25          |
| Cagliari      | 3          | 1,07          |
| Camerino      | 2          | 0,71          |
| Carmignano    | 1          | 0,36          |
| Catania       | 3          | 1,07          |
| Cesano Mad.   | 3          | 1,07          |
| Colleferro    | 3          | 1,07          |
| Conegliano    | 1          | 0,36          |
| Ferrara       | 8          | 2,85          |
| Firenze       | 14         | 4,98          |
| Fiume         | 1          | 0,36          |
| Genova        | 8          | 2,85          |
| Gorizia       | 2          | 0,71          |
| La Spezia     | 3          | 1,07          |
| Messina       | 3          | 1,07          |
| Milano        | 59         | 21,00         |
| Modena        | 1          | 0,36          |
| Napoli        | 25         | 8,90          |
| Novara        | 3          | 1,07          |
| Padova        | 12         | 4,27          |
| Palermo       | 10         | 3,56          |
| Parma         | 1          | 0,36          |
| Pavia         | 6          | 2,14          |
| Perugia       | 3          | 1,07          |
| Pisa          | 7          | 2,49          |
| Roma          | 41         | 14,59         |
| Terni         | 2          | 0,71          |
| Torino        | 28         | 9,96          |
| <b>TOTALE</b> | <b>281</b> | <b>100,00</b> |

## Congresso del 1938 - Distribuzione delle Comunicazioni Italiane per Città

|              |           |               |              |              |
|--------------|-----------|---------------|--------------|--------------|
| ■ Avigliana  | □ Bari    | ⊠ Bologna     | ⊠ Cagliari   | ■ Camerino   |
| ▨ Carmignano | □ Catania | ⊠ Cesano Mad. | ⊠ Colleferro | □ Conegliano |
| ▨ Ferrara    | ⊠ Firenze | ⊠ Fiume       | ■ Genova     | ▨ Gorizia    |
| ▨ La Spezia  | ■ Messina | ▨ Milano      | ▨ Modena     | □ Napoli     |
| □ Novara     | ⊠ Padova  | ⊠ Palermo     | ■ Parma      | ▨ Pavia      |
| ■ Perugia    | ▨ Pisa    | ⊠ Roma        | ⊠ Terni      | ■ Torino     |

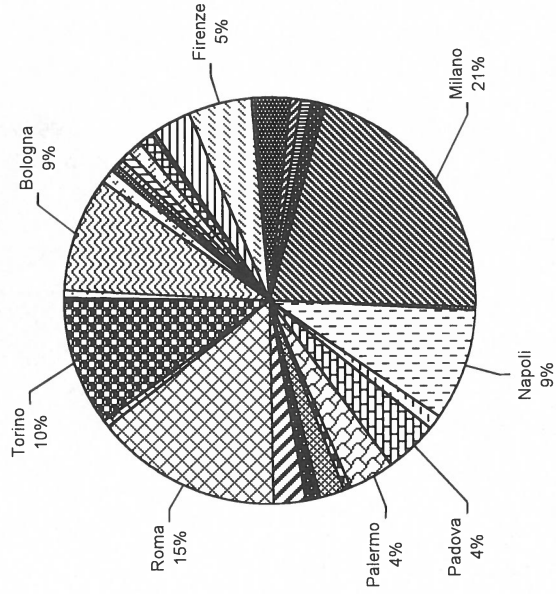


Fig. 7

| Città         | N          | %             |
|---------------|------------|---------------|
| Avigliana     | 1          | 0,65          |
| Bari          | 1          | 0,65          |
| Bologna       | 6          | 3,90          |
| Carmignano    | 1          | 0,65          |
| Catania       | 1          | 0,65          |
| Cesano Mad.   | 3          | 1,95          |
| Colleferro    | 3          | 1,95          |
| Conegliano    | 1          | 0,65          |
| Ferrara       | 4          | - 2,60        |
| Firenze       | 2          | 1,30          |
| Fiume         | 1          | 0,65          |
| Genova        | 3          | 1,95          |
| Gorizia       | 2          | 1,30          |
| La Spezia     | 3          | 1,95          |
| Messina       | 1          | 0,65          |
| Milano        | 42         | 27,27         |
| Modena        | 1          | 0,65          |
| Napoli        | 19         | 12,34         |
| Novara        | 3          | 1,95          |
| Padova        | 5          | 3,25          |
| Palermo       | 4          | 2,60          |
| Pavia         | 2          | 1,30          |
| Perugia       | 2          | 1,30          |
| Pisa          | 4          | 2,60          |
| Roma          | 21         | 13,64         |
| Torino        | 18         | 11,69         |
| <b>TOTALE</b> | <b>154</b> | <b>100,00</b> |

### Congresso del 1938: Sezioni 2-11 - Distribuzione delle Comunicazioni Italiane per Città

|             |            |            |            |         |
|-------------|------------|------------|------------|---------|
| Avigliana   | Bari       | Bologna    | Carmignano | Catania |
| Cesano Mad. | Colleferro | Conegliano | Ferrara    | Firenze |
| Fiume       | Genova     | Gorizia    | La Spezia  | Messina |
| Milano      | Modena     | Napoli     | Novara     | Padova  |
| Palermo     | Pavia      | Perugia    | Pisa       | Roma    |
| Torino      |            |            |            |         |

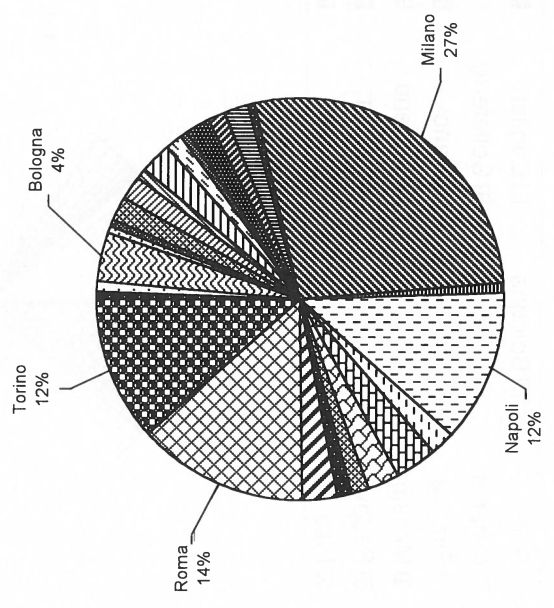


Fig. 8

vato, di appartenenza. Poiché, se esistente, un qualsiasi incarico, anche se non di ruolo, viene in altri casi indicato, saremmo tentati di definire, provvisoriamente in assenza di altre informazioni, questi relatori «liberi professionisti». In realtà però tale figura all'epoca era, almeno a livello italiano, quanto mai rara, per cui la soluzione migliore è di riunire tali dati in una non meglio definita categoria «Altro», in attesa magari di una più completa analisi relativa ai singoli autori, caso per caso. Un'altra realtà del periodo che dobbiamo prendere in considerazione è che, sotto l'egida ad esempio del Ministero dell'Agricoltura, Industria e Commercio, erano nate nella seconda metà del XIX secolo delle scuole superiori, costituenti un complesso di istituzioni formative tecnico-commerciali, che solo più tardi, sotto il fascismo, saranno trasformate in facoltà e inglobate nella struttura universitaria.<sup>5</sup> A fianco di queste istituzioni legate comunque all'istruzione, svolgevano un'attività di ricerca applicata che non può essere trascurata molti enti pubblici, centrali o periferici, quali ad esempio le Stazioni Sperimentali e i Laboratori Chimici municipali. Tutto ciò emerge anche dalla nostra analisi delle comunicazioni italiane al Congresso Internazionale del 1906 e spiega la relativa consistenza delle «voci» «Scuole» e «Funzione pubblica». Nella tabella e nell'areogramma mostrati (Figura 9), si nota infine una modesta presenza dell'industria, che anche da altri studi appare generalmente rappresentare, almeno nel periodo in esame, «il punto debole del sistema ricerca italiano».<sup>6</sup>

Il quadro delle realtà pubbliche o private coinvolte nella ricerca chimica in Italia alla fine degli anni trenta, quale appare dall'analisi delle comunicazioni italiane presentate al X Congresso Internazionale di Chimica del 1938, risulta di più immediata lettura (vedi Figura 10). La voce «Altro», comprende la scuola superiore (che in questo caso coincide quasi del tutto con quella attuale), i liberi professionisti e tutti coloro per i quali non è stata possibile una diversa catalogazione. Come si vede, il tutto ha assunto ormai un peso decisamente minore nel panorama globale della ricerca. Anche il ruolo e la presenza dei laboratori pubblici, dipendenti da Ministeri diversi da quello dell'Istruzione, è divenuto meno significativo.

È al contrario aumentato notevolmente il ruolo assunto dall'Università nella ricerca anche in campo chimico. In questa presenza dell'Università pesano innanzi tutto i dati delle comunicazioni della Sezione 1, di taglio squisitamente teorico. In essa le comunicazioni provenienti dalle varie università italiane furono 106, su un contributo totale del nostro paese di 127, pari all'83%. Se togliamo però dall'analisi i dati di questa sezione riscontriamo che, anche per ricerche concernenti gli aspetti più applicativi della Chimica, il ruolo delle Università resta alto (vedi Figura 11). Abbiamo voluto distinguere nell'ambito delle comunicazioni di area accade-

<sup>5</sup> M. MORETTI, I. PORCIANI, *Il volto ambiguo di Minerva. Le origini del sistema universitario italiano*, in R. SIMILI (a cura di), *Ricerca ed istituzioni scientifiche in Italia*, Bari 1998, p. 83.

<sup>6</sup> G. PAOLONI, *Ricerca e Istituzioni nell'Italia liberale*, in R. SIMILI (a cura di), *Ricerca ed istituzioni scientifiche in Italia*, Bari 1998, pp. 99-107.

| Città           | N          | Ind.      | F.Pub.    | Sc.       | Univ.     | Altro     |
|-----------------|------------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| Alba            | 3          |           |           | 3         |           |           |
| Asmara          | 1          |           | 1         |           |           |           |
| Asti            | 2          |           | 2         |           |           |           |
| Avellino        | 2          |           |           | 2         |           |           |
| Bergamo         | 1          | 1         |           |           |           |           |
| Bologna         | 13         |           | 4         |           | 8         | 1         |
| Cagliari        | 1          |           |           |           |           | 1         |
| Caltanissetta   | 1          |           |           |           |           | 1         |
| Casal Monf.     | 2          |           |           | 2         |           |           |
| Cesena          | 1          | 1         |           |           |           |           |
| Como            | 3          |           |           | 1         |           | 2         |
| Ferrara         | 7          | 1         |           | 3         |           | 3         |
| Firenze         | 2          |           |           | 1         |           | 1         |
| Follonica       | 2          | 2         |           |           |           |           |
| Fontana Liri    | 1          | 1         |           |           |           |           |
| Forlì           | 1          |           |           | 1         |           |           |
| Garessio        | 2          | 2         |           |           |           |           |
| Genova          | 2          |           | 1         |           |           | 1         |
| Iglesias        | 1          | 1         |           |           |           |           |
| La Spezia       | 4          |           | 1         |           |           | 3         |
| Livorno         | 4          |           | 3         |           |           | 1         |
| Locate Triulzi  | 1          |           |           |           |           | 1         |
| Lodi            | 1          |           | 1         |           |           |           |
| Massa Maritt.   | 1          |           |           |           |           | 1         |
| Melfi           | 3          |           | 3         |           |           |           |
| Messina         | 2          |           |           | 1         |           | 1         |
| Milano          | 31         | 5         |           | 6         |           | 20        |
| Modena          | 1          |           |           |           | 1         |           |
| Napoli          | 21         |           | 1         | 5         | 7         | 8         |
| Padova          | 5          |           |           |           | 3         | 2         |
| Palermo         | 1          |           |           |           |           | 1         |
| Parma           | 11         | 2         |           |           | 9         |           |
| Pavia           | 6          |           |           |           | 6         |           |
| Perugia         | 2          |           | 1         | 1         |           |           |
| Pisa            | 9          |           |           |           | 6         | 3         |
| Pont S. Martin  | 1          | 1         |           |           |           |           |
| Pontelag.       | 1          |           |           |           |           | 1         |
| Reggio Emilia   | 5          |           | 4         | 1         |           |           |
| Rieti           | 3          |           | 3         |           |           |           |
| Roma            | 30         |           | 14        | 2         | 6         | 8         |
| S.Vito al Tagl. | 1          | 1         |           |           |           |           |
| Santa Fiora     | 1          | 1         |           |           |           |           |
| Sassari         | 3          |           |           |           | 3         |           |
| Scandicci       | 3          |           |           |           |           | 3         |
| Solbiate Olona  | 1          |           |           |           |           | 1         |
| Taranto         | 1          |           | 1         |           |           |           |
| Torino          | 13         | 2         | 2         |           |           | 9         |
| Udine           | 1          |           |           |           |           | 1         |
| Varese          | 1          |           |           | 1         |           |           |
| Venezia         | 2          |           |           | 1         |           | 1         |
| Verona          | 1          |           | 1         |           |           |           |
| <b>TOTALE</b>   | <b>219</b> | <b>21</b> | <b>44</b> | <b>30</b> | <b>49</b> | <b>75</b> |

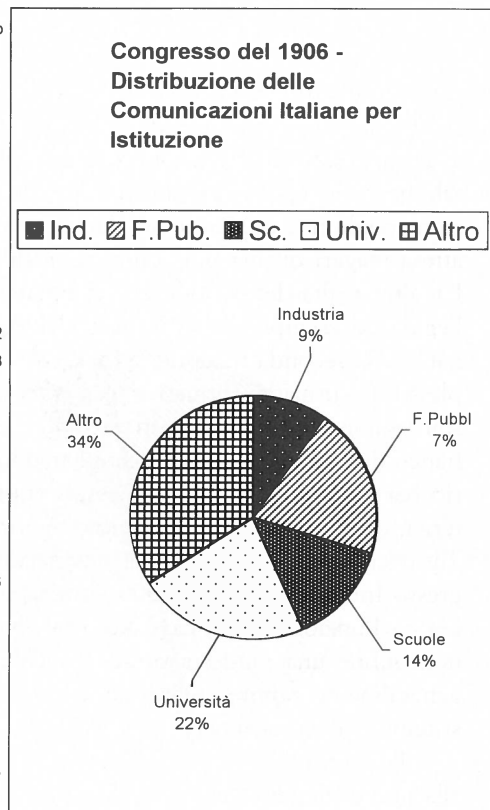


Fig. 9

| Citta'      | M   | Ind. | F.Pub. | Univ. | Politec. | Altro |
|-------------|-----|------|--------|-------|----------|-------|
| Avigliana   | 1   | 1    |        |       |          |       |
| Bari        | 1   |      | 1      |       |          |       |
| Bologna     | 26  | 1    |        | 25    |          |       |
| Cagliari    | 3   |      |        | 3     |          |       |
| Camerino    | 2   |      |        | 2     |          |       |
| Carmignano  | 1   | 1    |        |       |          |       |
| Catania     | 3   |      |        | 3     |          |       |
| Cesano Mad. | 3   | 3    |        |       |          |       |
| Colleferro  | 3   | 3    |        |       |          |       |
| Conegliano  | 1   |      | 1      |       |          |       |
| Ferrara     | 8   |      | 2      | 6     |          |       |
| Firenze     | 14  |      |        | 14    |          |       |
| Fiume       | 1   |      | 1      |       |          |       |
| Genova      | 8   | 1    | 1      | 6     |          |       |
| Gorizia     | 2   |      | 1      |       |          | 1     |
| La Spezia   | 3   |      | 3      |       |          |       |
| Messina     | 3   |      |        | 3     |          |       |
| Milano      | 59  | 16   | 9      | 10    | 23       | 1     |
| Modena      | 1   |      |        | 1     |          |       |
| Napoli      | 25  | 4    | 3      | 17    |          | 1     |
| Novara      | 3   |      |        |       |          |       |
| Padova      | 12  |      |        | 12    |          |       |
| Palermo     | 10  |      |        | 10    |          |       |
| Parma       | 1   |      |        | 1     |          |       |
| Pavia       | 6   |      |        | 6     |          |       |
| Perugia     | 3   |      |        | 3     |          |       |
| Pisa        | 7   |      |        | 7     |          |       |
| Roma        | 41  | 1    | 5      | 31    |          | 4     |
| Terni       | 2   |      |        |       |          |       |
| Torino      | 28  | 3    | 2      | 14    |          | 8     |
| TOTALE      | 281 | 39   | 29     | 174   | 31       | 8     |

### Congresso del 1938 - Distribuzione delle Comunicazioni Italiane per Istituzione

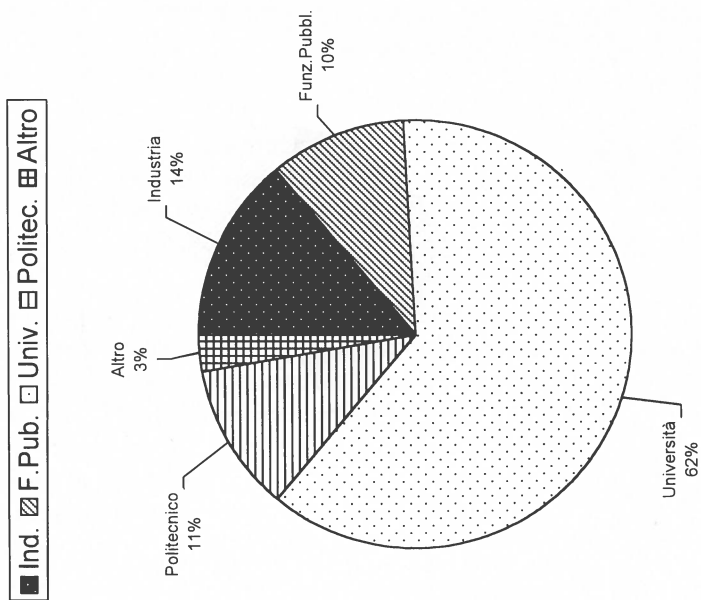


Fig. 10

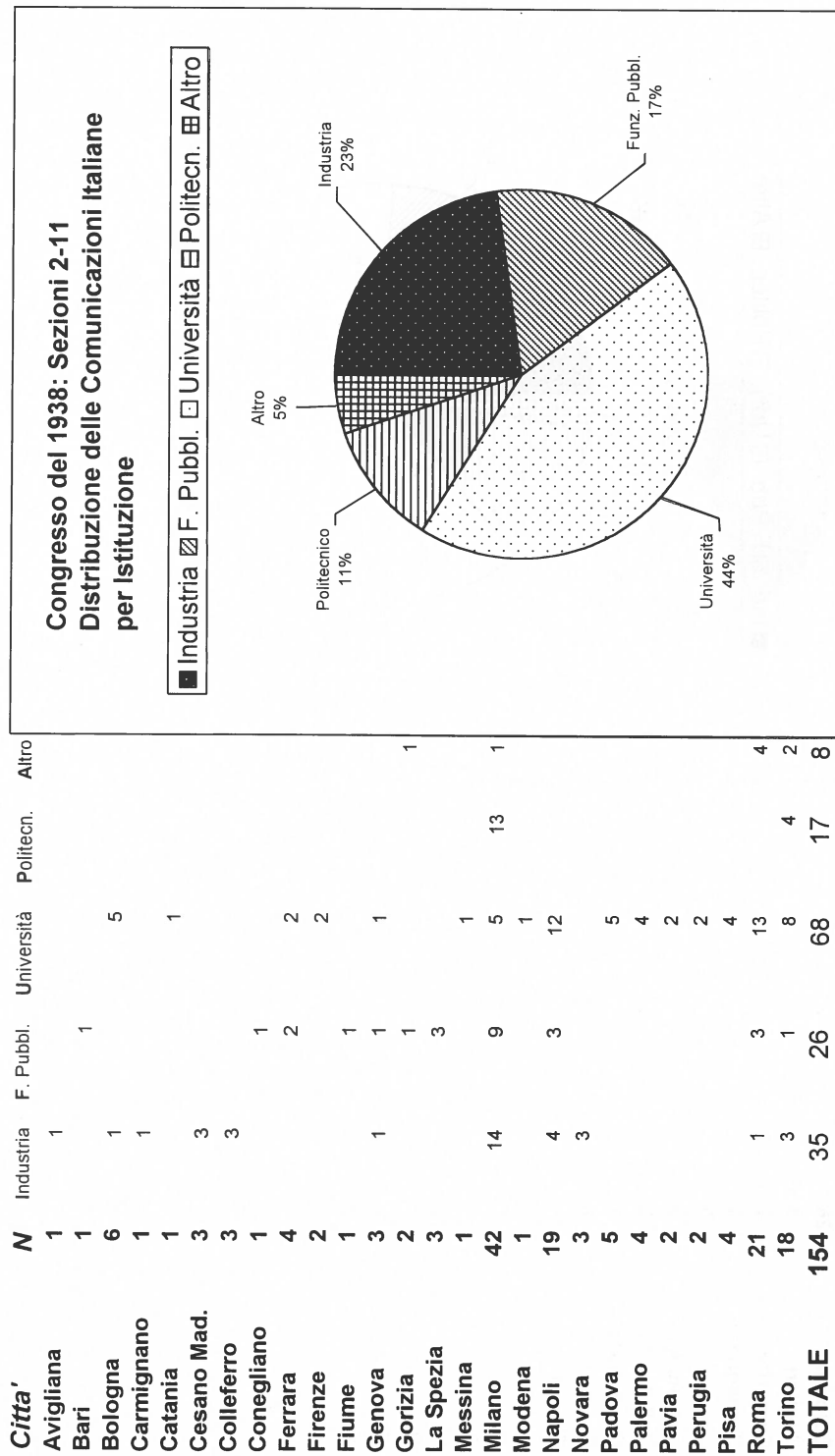


Fig. 11



mica i contributi provenienti dai Politecnici di Milano e di Torino, il cui ruolo ed il cui approccio alla ricerca non appaiono completamente coincidenti con la realtà universitaria più tipica. Ricordiamo che gli Istituti di Chimica Industriale nei due Politecnici erano diretti all'epoca da M.G. Levi (Milano) e G. Natta (Torino).

Un'altra notazione che merita di essere fatta riguarda la pressoché totale assenza di comunicazioni di due enti istituiti da pochi anni, che assumeranno, anche in campo chimico, un ruolo rilevante nella ricerca italiana nel secondo dopoguerra, il CNR e l'Istituto di Sanità. Il CNR, nato formalmente nel 1923, non possedette in realtà per molti anni né laboratori né personale ed ebbe una sede solo dal 1937.<sup>7</sup> Meno prevedibile è invece il dato relativo all'Istituto di Sanità, che pure dal 1934 possedeva una sede, dotata tra l'altro di laboratori specializzati in cui lavoravano una cinquantina di ricercatori laureati e un adeguato numero di addetti di livello inferiore.<sup>8</sup> Occorre ricordare comunque che l'allora Direttore dell'Istituto, Domenico Marotta, fu impegnato nell'organizzazione scientifica del Congresso in qualità di Segretario.

Concludiamo questa analisi notando una certa consistenza (specialmente se confrontata con la situazione del 1906) del ruolo delle industrie nella ricerca chimica, soprattutto di tipo applicato. C'è da dire però che circa il 50% delle comunicazioni provenienti da laboratori di ricerca industriali fa riferimento in realtà al Gruppo Montecatini e Aziende consociate (ACNA, Dinamite Nobel, Duco ecc.). La non significativa ricorrenza di altre industrie nella nostra analisi potrebbe dare conferma alla tesi espressa da Parravano qualche anno prima, circa la scarsa considerazione riservata da molti industriali italiani al ruolo di un laboratorio di ricerca all'interno delle propria industria. Nel 1933 egli infatti affermava: «Purtroppo molti industriali, specie nei momenti di crisi, considerano il lavoro di laboratorio come un lusso da abolire, e non è raro il caso di sentire come giustificazione che costa meno acquistare un nuovo procedimento acquistato da altri, anziché mantenere in efficienza laboratori di ricerche di incerto successo».<sup>9</sup>

### *Analisi dei temi trattati*

Crediamo che, dopo le considerazioni generali esterne, sin qui proposte, non ci si possa esimere dal tentare una sia pur sommaria analisi dei contenuti delle comunicazioni presentate nei due Congressi. Ovviamente esse risultano in entram-

<sup>7</sup> L. CERRUTI, *La Chimica*, in G. PAOLONI, R. SIMILI (a cura di), *Per una Storia del C.N.R.*, Vol. 1, Roma-Bari (in corso di stampa).

<sup>8</sup> R. MAIOCCHI, *Gli Istituti di ricerca scientifica in Italia durante il fascismo*, in R. SIMILI (a cura di), *Ricerca ed istituzioni scientifiche in Italia*, cit., pp. 182-212.

<sup>9</sup> La citazione del pensiero di Parravano è tratta da R. MAIOCCHI, *Il ruolo delle Scienze nello sviluppo industriale italiano*, in *Storia d'Italia, Annali III*, Torino 1980.

be le situazioni quanto mai disomogenee negli argomenti affrontati e nella loro effettiva rilevanza scientifica. Una esaustiva analisi di tale tipo è quindi praticamente impossibile e comunque richiederebbe un approfondimento ben più ampio. Tuttavia abbiamo cercato già da una prima lettura di operare una classificazione dei contenuti che potesse suggerirci qualche utile riflessione. Poiché, come abbiamo più volte ricordato, il Congresso del 1906 fu dedicato quasi esclusivamente ad aspetti applicativi mentre quello del 1938 ebbe anche una sezione di «ricerche pure» numericamente consistente, ci occuperemo prima delle comunicazioni più specificamente centrate sui rapporti tra Chimica e mondo della produzione, riservando all'analisi delle ricerche italiane in Chimica pura presentate al Congresso del 1938 solo qualche specifica considerazione nel paragrafo conclusivo.

Una guida al nostro tentativo di classificazione sulla base dei temi trattati l'abbiamo costruita a partire dalla lettura del volume *La Chimica in Italia*, di cui Parravano stesso curò la pubblicazione e che venne distribuito ai partecipanti al Congresso del 1938. Il volume contiene una forte dose di retorica fascista; per dirla con le parole dell'autore il suo scopo era di «mostrare che l'Italia, nel giro di pochi anni è divenuta una grande nazione nella quale la vita pulsa vigorosa in tutti i campi ...» e che tale intenso progresso era dovuto «all'Uomo inviato dal destino». <sup>10</sup> È bene sottolineare come il panegirico di Parravano in lode del fascismo e del suo duce fosse espressione non di semplice piaggeria ma di reali sentimenti del chimico romano e di numerosi suoi colleghi. Quanto accennato ci basta in ogni caso per comprendere come il contenuto dell'opera sia da leggere anche alla luce di queste finalità propagandistiche. In effetti coloro che contribuirono al volume, G.B. Bonino, M.G. Levi, G. Fauser, G. Natta e tutti gli altri, in vario modo, si adeguarono ad una linea generale tesa a mostrare i successi più o meno rilevanti ottenuti dalla Chimica italiana in tutti i campi di applicazione presi in considerazione.

Più che per i contenuti (che pure in certi casi risultano interessanti per le informazioni tecniche che forniscono) il volume evidenzia, almeno in parte, i settori più vitali della Chimica italiana quali appaiono dalle comunicazioni presentate al Congresso del 1938. Ciò, inoltre, ha permesso un raffronto tra la situazione del 1938 con quella del 1906. Il tentativo di ordinamento per aree produttive a cui siamo pervenuti non si discosta per altro dalla classificazione proposta alcuni anni or sono da Vera Zamagni. <sup>11</sup>

Come risulta dai dati così analizzati (abbiamo considerato solo le comunicazioni che appaiono essere realmente finalizzate ad aspetti produttivi) e dall'istogramma relativo (vedi Figura 12), le comunicazioni italiane presentate nel 1906 furono, in maniera preponderante, centrate sulle applicazioni della Chimica all'a-

<sup>10</sup> N. PARRAVANO (a cura di), *La Chimica in Italia*, Roma 1938, p. 5.

<sup>11</sup> V. ZAMAGNI, *L'Industria Chimica in Italia dalle Origini agli anni '50*, in F. AMATORI, B. BEZZA (a cura di), *Montecatini 1888-1966. Capitoli di storia di una grande impresa*, Bologna 1990, pp. 69-139.

| 1938 | N   | %      | 1906 | N   | %      |
|------|-----|--------|------|-----|--------|
| AGR  | 26  | 17,33  | AGR  | 29  | 21,17  |
| ALM  | 8   | 5,33   | ALM  | 58  | 42,34  |
| CEM  | 7   | 4,67   | CEM  | 2   | 1,46   |
| COL  | 9   | 6,00   | COL  | 1   | 0,73   |
| CRT  | 11  | 7,33   | CRT  | 1   | 0,73   |
| ENR  | 20  | 13,33  | ENR  | 3   | 2,19   |
| ESP  | 6   | 4,00   | ESP  | 5   | 3,65   |
| FIB  | 9   | 6,00   | FIB  | 2   | 1,46   |
| FRM  | 26  | 17,33  | FRM  | 14  | 10,22  |
| INO  | 7   | 4,67   | INO  | 6   | 4,38   |
| MET  | 14  | 9,33   | MET  | 11  | 8,03   |
| ORG  | 3   | 2,00   | ORG  | 1   | 0,73   |
| PLS  | 1   | 0,67   |      |     |        |
| ALT  | 3   | 2,00   | ALT  | 4   | 2,92   |
| TOT. | 150 | 100,00 | TOT. | 137 | 100,00 |

AGR = Fertilizzanti e prodotti per l'agricoltura

ALM = Prodotti alimentari

CEM = Cemento e materiali da costruzione

COL = Coloranti

CRT = Cellulosa e carta

ENR = Chimica e fonti di energia

ESP = Esplosivi

FIB = Fibre

FRM = Prodotti farmaceutici

INO = Prodotti inorganici

MET = Siderurgia e metallurgia

ORG = Prodotti organici

PLS = Materie plastiche

ALT = Altro

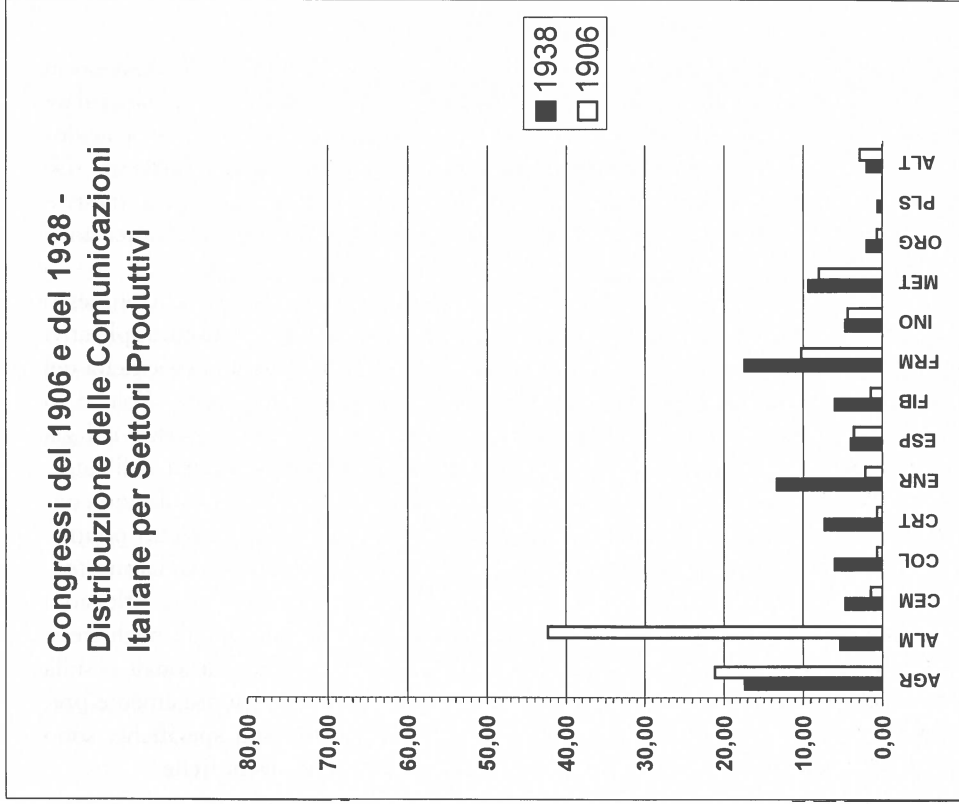


Fig. 12

gricoltura e all'alimentazione. È innegabile che già l'articolazione del Congresso in sezioni e sottosezioni suggerisca come tali temi dovessero suscitare una particolare attenzione da parte dei chimici in tutto il mondo. Tuttavia dalla nostra analisi emerge come gli interessi della ricerca chimica in Italia fossero particolarmente sbilanciati a favore dei settori succitati, mentre sembrano pochi coloro che si interessavano di campi applicativi, già ben sviluppati in altri paesi, quali la fabbricazione di coloranti o di esplosivi.

Il quadro che si evince dall'analisi delle comunicazioni italiane al Congresso del 1938 è molto differente. Sembra che in quegli anni tutti i campi applicativi finissero per essere esplorati, senza particolari predilezioni legate alla specificità del nostro paese, alle risorse in esso presenti, alla sua storia precedente. Poiché in molte delle comunicazioni presentate e quasi in tutti i contributi riportati nel già citato volume *La Chimica in Italia* si fa un riferimento esplicito al tema dell'autarchia, in quegli anni centrale nella retorica del regime, i dati riportati sembrano confermare una tendenza dei nostri scienziati ad aderire con zelo al progetto politico di mobilitazione nazionale del regime. Troppo spesso tali ricerche si rivelarono tentativi velleitari destinati all'insuccesso, anche perché privi delle adeguate riflessioni teoriche e di un'attenta analisi preliminare delle ricerche internazionali negli stessi settori. I casi degli studi sulla produzione di cellulosa da piante nazionali o sulla fabbricazione del «lanital», lana artificiale ricavata dalla caseina, puntualmente presenti tra le comunicazioni al Congresso, pur nelle loro diversità specifiche, sono indicativi di ricerche basate più su motivazioni politiche che scientifiche.<sup>12</sup>

### *Considerazioni conclusive*

Quanto ora espresso si collega ad alcune considerazioni che intendevamo fare sulla partecipazione italiana alla Sezione 1 del Congresso, quella dedicata agli aspetti teorici della Chimica. Pur essendo presenti ben 5 premi Nobel (Aston, Bergius, von Euler-Chelpin, Joliot e Karrer), il X Congresso Internazionale di Chimica non merita in assoluto di essere ricordato come una tappa fondamentale nella storia della disciplina, cosa per altro pienamente comprensibile dati i tempi e dati anche gli scopi veri di tali adunanze. Comunque, pur con tutta la difficoltà che un'analisi complessiva comporta, ci sentiremmo di affermare che, se dovessimo limitarci ai contributi di taglio teorico, presentati dai chimici italiani, dovremmo concludere che la ricerca di base in Chimica nel nostro paese in quegli anni non attraversava certo un periodo di particolare splendore. In tale opinione siamo confortati da quanto espresso esplicitamente da un importante chimico dell'epoca, membro tra l'altro del Comitato

<sup>12</sup> Si veda F. PALAZZO, «Cellulosa per raion dal pino marittimo ...» e L. SETTIMI, «Il 'Lanital': proprietà e determinazione quantitativa nei tessuti», entrambi in *Atti del X Congresso Internazionale di Chimica*, Roma 1938, Vol. IV, pp. 782-784 e 812-819.

scientifico del Congresso, il prof. L. Rolla, all'epoca Direttore dell'Istituto di Chimica Generale dell'Università di Genova. In un suo intervento proprio nel 1938 egli affermava: «A tanto fervore di iniziative in campo applicativo non corrisponde l'attività dei nostri chimici nella ricerca scientifica pura. Si può confessare che ciascuno di noi, partecipando a riunioni scientifiche di chimici in Germania, in Inghilterra, in America, in Francia, abbia deplorato con amarezza, facendo istintivamente dei confronti, questa grave deficienza. Anche una statistica facile di un qualunque "Zentralblatt" porta ad amare considerazioni». <sup>13</sup>

Le ricerche finalizzate alla realizzazione del programma autarchico, fossero o meno condotte sotto pressione politica o per intimo convincimento, per adesione ad una moda o con la speranza di accedere così a finanziamenti maggiori, non si basarono quindi su un'attenta analisi degli aspetti teorici delle problematiche che si voleva affrontare. Si tentò in pratica di colmare in pochissimo tempo un «gap» che per alcuni settori era estremamente grave, fidando magari nella «inventiva italiana» come unica arma da contrapporre alle deficienze nel background di conoscenze indispensabili e alla mancanza delle strutture sperimentali ed organizzative necessarie.

Le considerazioni e le riflessioni da noi presentate sono il frutto di un primo esame dei dati raccolti. Come detto all'inizio, un'analisi come quella da noi intrapresa va comunque combinata con altri metodi di ricerca per essere pienamente significativa. In molti casi solo un'attenta lettura di tutte le comunicazioni potrà avvalorare o smentire dati che emergerebbero da una pura analisi statistica. Un possibile ulteriore sviluppo dell'approccio potrebbe essere quello di esaminare i Convegni Nazionali di Chimica che con varie denominazioni si tennero varie volte in Italia tra il 1906 ed il 1938, per seguire in maniera più continua la nascita, lo sviluppo ed il tramonto di questo o quel filone di ricerca. Crediamo però che sin da ora il lavoro da noi intrapreso possa risultare in grado di fornire alcuni dati originali, utilizzabili da coloro che intendano ricostruire l'evoluzione della ricerca chimica italiana negli anni precedenti la seconda guerra mondiale.

Per la nostra ricerca abbiamo avuto bisogno di una meticolosa e prolungata consultazione dei volumi degli Atti dei due Congressi internazionali. Questo ci è stato consentito anche per la comprensione e la pazienza mostrate dal personale della Biblioteca «Alessandrina» di Roma, che ringraziamo quindi sentitamente.

<sup>13</sup> L. ROLLA, «I risultati ottenuti in Italia nel campo della Chimica generale, organica e inorganica, industriale ed applicata, durante l'Anno XV E.F.», in *Atti XXVIII Riunione Sips*, 1938, p. 303.

PAOLO MALTESE \*

## La «Gomma del Governo»: storia di una straordinaria impresa industriale \*\*

### “Government Rubber”: History of an extraordinary Industrial Enterprise.

**Summary** – After the discovery of rubber vulcanization (1839) and the invention of the internal combustion engine (1885), natural rubber, produced in the Far East plantations, was increasingly used in the motorization industry. Because of natural rubber great abundance, the United States did not start an industrial production of synthetic rubber until they were compelled to by the Japan occupation of the Far East territories in december 1941. Starting from the information acquired on synthetic rubber by a former joint venture with the German I.G. Farbenindustrie (1930), the United States in an unprecedented industrial effort were able to build up 51 plants from nil in only 18 months (12 years in peace time!) at a total cost of 700 million USD, under government property (G R-S: Government Rubber-Styrene). This tremendous achievement was only possible because of the joint efforts of fundamental and applied research (18 Universities, 29 industrial and 6 private laboratories), and put the basis for the modern petrochemical industry.

### *Introduzione*

Il 27 giugno 1942 il presidente degli Stati Uniti, F.D. Roosevelt, parlò alla radio alla nazione, e rivolse al popolo americano l'urgente appello di consegnare tutti gli oggetti in gomma usati disponibili: con lo scoppio della guerra, sei mesi prima, gli Stati Uniti erano stati completamente tagliati fuori dalla fornitura di gomma naturale dai paesi dell'Estremo Oriente occupati dal Giappone, e disponevano come produzione propria di appena 8.400 ton/a di elastomeri di sintesi, a fronte di un consumo di 600.000 ton/a in tempo di pace, di 1.000.000 di ton/a nelle condizioni critiche di una guerra.

\* Villaggio Polymer, 15 - 05100 Terni.

\*\* Relazione presentata all'VIII Convegno Nazionale di «Storia e Fondamenti della Chimica» (Arezzo, 28-30 ottobre 1999).

L'appello diede c.a. 300.000 ton di gomma recuperabile e fu seguito da altre consegne, ma questo materiale sarebbe stato del tutto insufficiente per sostenere una lunga guerra su due vastissimi fronti.

Le parole di Bernard Baruch, Presidente del Comitato per la Gomma, che seguirono a breve distanza non lasciarono ombra di dubbio: «Se noi non saremo in grado di produrre rapidamente una grande quantità di gomma di sintesi il nostro sforzo bellico e la nostra economia andranno al collasso» [1-3].

La storia di come gli Stati Uniti siano pervenuti ad una simile situazione e di come l'abbiano superata è la storia di gravissimi errori di valutazione politico-strategica, ma è anche la storia della più grande impresa di chimica industriale di tutti i tempi [4, 5].

### *La gomma naturale*

Di ritorno dal Nuovo Mondo Colombo portò un nuovo materiale ottenuto dal lattice di una pianta che gli indigeni dell'Amazzonia chiamavano «Cahutchu» («legno piangente»), che aveva proprietà elastiche ma che acquistò importanza industriale soltanto 300 anni dopo, a seguito della scoperta casuale della vulcanizzazione (C. Goodyear, 1839) [6].

Da quel momento la crescente applicazione industriale del nuovo materiale e gli interessi europei in Estremo Oriente spinsero gli inglesi a trapiantare i semi della pianta («*Hevea Brasiliensis*») dall'Amazzonia a Ceylon, e a razionalizzare la cultura delle piantagioni e la raccolta del lattice (H. Wickam, 1876; H. Ridley, 1888) in una vasta area (Indie Orientali Olandesi, Sumatra, Malacca, ecc.) [6-8].

Con la scoperta del petrolio negli Stati Uniti (1859) e la fabbricazione del motore a scoppio (1885) aveva inizio a fine secolo decimonono la motorizzazione con grande richiesta di gomma naturale. La formazione dello «Stevenson Restriction Scheme» (Cartello della Gomma Inglese) all'inizio degli anni venti di questo secolo spinse gli Stati Uniti, divenuti i più grandi consumatori di gomma (75% della produzione mondiale dopo la Prima Guerra) ad estendere le piantagioni di gomma in altre aree (Panama, Costa Rica, Liberia, Filippine) ma essi rimasero comunque totalmente dipendenti dall'estero e soprattutto dall'Estremo Oriente fino all'inizio delle ostilità col Giappone (1941).

### *La gomma sintetica*

A seguito delle ricerche di Faraday, che nel 1826 aveva attribuito alla gomma naturale la formula ( $C_5 H_8$ ), e di Williams, che nel 1860 aveva individuato nell'isoprene ( $C_5 H_8$ ) il costituente della gomma naturale [9], Tilden ottenne nel 1884 un elastomero identico alla gomma naturale partendo dall'isoprene. L'isoprene non era

però agevolmente ottenibile per sintesi, e d'altra parte l'abbondanza della gomma naturale sul mercato non ne rendeva necessaria una produzione per sintesi, almeno per tutti quei paesi le cui economie si basavano su grandi flussi di approvvigionamenti via mare.

Ben diversa era la situazione in Europa: Russia e Germania preoccupate di un possibile blocco delle forniture avevano già da anni puntato sulla sintesi chimica della gomma: la Russia aveva polimerizzato il butadiene (Lebedev, 1910) mediante sodio come catalizzatore; la Germania durante la Prima Guerra mondiale, aveva polimerizzato il dimetilbutadiene («Gomma Metile») [10], con tempi di polimerizzazione di 2-6 mesi, e ne aveva prodotto in totale appena 2.350 ton., con proprietà così scadenti da decretarne la fine alla fine delle ostilità.

Nel 1926, a seguito dell'aumento del prezzo della gomma naturale (piano Stevenson) l'industria tedesca riprese gli studi sugli elastomeri di sintesi (I.G. Farbenindustrie) [9], inizialmente mediante catalisi anionica del butadiene a base di sodio in solvente (Buna), e successivamente mediante catalisi radicalica (perossidi) in emulsione; quest'ultimo processo risultò preferito a partire dal 1927 [11].

Tuttavia le caratteristiche della gomma ottenute erano molto scadenti dal punto di vista della processabilità e delle prestazioni, e quindi si optò per la copolimerizzazione: per l'applicazione nel settore della motorizzazione il copolimero con lo stirolo diede i migliori risultati (Buna-S.) [11, 12]. Con l'avvento del regime nazionalsocialista la Germania, puntò ad una totale indipendenza dall'estero nel settore della gomma sintetica, e l'impegno nella sperimentazione ai livelli di ricerca, produzione e applicazione portò ad un notevole successo nel 1938. Altri importanti risultati si ottennero con la Buna-N (copolimero butadiene-acrilonitrile) per applicazioni speciali (resistenza agli oli e grassi), e con il poliisobutilene (1931) ottenuto mediante catalisi cationica dell'isobutilene (floruro di boro) a bassa temperatura ( $-75 \div -100^\circ \text{C}$ ) [13]. Il poliisobutilene non era, però, vulcanizzabile, e pertanto nel 1937 fu copolimerizzato con un diene (butadiene, isoprene), dando così un polimero vulcanizzabile («Gomma Butile») che risultò adatto per camere d'aria data la sua elevata impermeabilità ai gas (1942).

Negli stessi anni Staudinger, lavorando sulla gomma naturale, introdusse i principi della chimica macromolecolare (1925) mentre Mark e Guth, elaborarono la celebre equazione di stato relativa alla elasticità entropica della gomma (1934) [14, 15]: pertanto l'industria tedesca degli elastomeri di sintesi ricevette da questi lavori scientifici un imponente supporto alla ricerca applicata.

Negli anni '20-'30 la ricerca chimica in Germania non si limitò ai risultati sopra esposti, che avrebbero avuto imponenti conseguenze sull'intera economia mondiale, ma puntando sulla propria abbondanza di carbone mise a punto su scala pilota, e successivamente su scala industriale, due sintesi rivoluzionarie degli idrocarburi petroliferi a partire dal carbone: il processo Bergius di idrogenazione del carbone (1913), e il processo Fischer-Tropsch di gasificazione del carbone, e produzione di idrocarburi dal gas di sintesi ottenuto ( $\text{CO} + \text{H}_2$ ) (1922) [16].



*L'accordo Standard Oil - I.G. Farbenindustrie*

L'insieme degli eventi che portarono a introdurre negli Stati Uniti due dei più grandi risultati della ricerca chimica tedesca ha radici lontane. Nella primavera del 1925 la Standard Oil (Stati Uniti) ricevette una richiesta di visita dei suoi impianti petroliferi da parte di una delegazione tedesca della I.G. Farbenindustrie: in quel momento era infatti intenzione della Germania di rendersi indipendente dal petrolio mediante produzione di idrocarburi dal carbone [2]. Questo fu l'inizio di una serie di incontri e di visite reciproche che evidenziarono alcuni punti essenziali:

1) L'eccellenza dei risultati della ricerca chimica tedesca condotta con grandissimo impegno di mezzi e di personale, in base alla quale si poteva ottenere petrolio da qualsiasi fonte di carbonio organico;

2) La possibilità di incrementare fortemente la produzione di idrocarburi leggeri (benzina), in continua e crescente richiesta, mediante idrocracking delle frazioni pesanti del petrolio, specialmente in considerazione del fatto che gli Stati Uniti ritenevano allora di avere riserve di petrolio soltanto per altri sette anni;

3) La decisione della Standard Oil di creare un importante complesso di ricerca sulla idrogenazione delle frazioni pesanti del greggio, basato su ricerche chimiche di laboratorio e loro applicazione in impianti pilota: una struttura chimico-ingegneristica (1927) che si sarebbe rivelata preziosa negli anni della crisi;

4) Le imponenti dimensioni dell'industria del petrolio ridimensionarono alquanto le idee tedesche relative ad una illimitata estensione della sintesi del petrolio dal carbone.

Gli incontri, le visite reciproche e le trattative proseguirono per vari anni e si conclusero con un accordo generale (1929-1930) con la costituzione di una società mista, la Joint American Study Company (JASCO) (50-50%) per lo studio e lo sviluppo di nuovi prodotti e processi del petrolio. L'accordo prevedeva anche l'estensione ad altri prodotti fra i quali la sintesi degli elastomeri [1, 2].

La crisi del 1929, la scoperta di nuovi immensi giacimenti di petrolio nel Texas, e il crollo del prezzo della gomma lasciarono la situazione ferma per alcuni anni; ma verso la fine degli anni '30 il deterioramento della situazione mondiale avrebbe trasformato la JASCO nel punto focale per lo sviluppo della gomma di sintesi negli Stati Uniti.

*Gli anni della crisi: 1941-1942*

Verso la fine degli anni '30, con l'aggravarsi della situazione generale in Europa e in Estremo Oriente, alcuni settori militari statunitensi manifestarono interesse verso la gomma di sintesi per pneumatici sperimentata da cinque industrie del ramo di cui iniziava negli Stati Uniti una modesta produzione su scala pilota.

La caduta della Francia nel giugno 1940, pose, sia pure tardivamente, in movi-

mento alcune strutture governative americane, e nell'agosto 1940, mentre l'Inghilterra combatteva uno scontro epico contro il blitz aereo tedesco, venne avanzato un piano di produzione di 100.000 ton./a di gomma di sintesi presso dodici società del settore, con un impegno di cento milioni di dollari a carico dello Stato. Tuttavia la previsione fu quasi subito ridotta a 40.000 ton/a su quattro impianti da 10.000 ton/a ciascuno, posto che il Governo non poteva finanziare il piano per più di 25 milioni di dollari (75% del costo). Questa decisione riduttiva fu una decisione politica e fu almeno in parte dovuta alla fiducia degli Stati Uniti nella propria potenza militare, in parte al timore di una reazione negativa anglo-olandese nei confronti di un eventuale cartello americano della gomma, in parte alla fiducia in una politica di risparmio e recupero delle proprie riserve di gomma: idee non condivise né dall'industria né dalle sfere militari, in quanto in tal modo si sottovalutava la crescente pericolosità della situazione all'inizio del 1941 con la guerra già in corso in Europa da due anni e col deterioramento progressivo dei rapporti col Giappone.

Continuando a perseverare nell'errore, all'inizio del 1941 (20 febbraio) un memorandum di origine governativa dichiarò che «ancorché tagliati fuori da qualsiasi fornitura di gomma gli Stati Uniti ne avevano una riserva sufficiente per 3 anni», e quindi un mese dopo (28 marzo 1941), fu deciso che i quattro impianti previsti da 10.000 ton/a avrebbero dovuto produrre soltanto 2.500 ton/a ciascuno: e fu soltanto per le pressioni dei tecnici che nell'ottobre del 1941 fu ripreso il piano dei quattro impianti da 10.000 ton/a, già varato un anno prima, e ancora in fase di progetto: un anno era stato irrimediabilmente perduto, malgrado la guerra in Europa avesse assunto dimensioni gigantesche con l'invasione tedesca della Russia nel giugno 1941 [2].

Nel dicembre 1941 con una improvvisa e fulminea offensiva [17] il Giappone condusse due attacchi devastanti sulla flotta americana ancorata a Pearl Harbour e sulla flotta inglese in movimento da Singapore; contemporaneamente occupò tutta l'area dell'Estremo Oriente dove, fra l'altro, sorgevano le piantagioni per la produzione della gomma naturale: qualsiasi fornitura di questo prezioso materiale risultò preclusa; Ceylon, India, America latina ne potevano fornire non più del 10% del necessario. La pianificazione della produzione della gomma sintetica negli Stati Uniti subì un primo balzo in avanti dopo il disastro di Pearl Harbour: già il 20 dicembre 1941 si passò da 40 a 120 mila ton/a e subito dopo a 400 mila; dopo il disastro di Singapore a 600 mila (3 marzo 1942) e infine a 900 mila (21 aprile 1942). Le restrizioni al consumo della gomma furono drastiche: la velocità dei veicoli su strada fu imposta a 35 miglia/ora; fu istituito il controllo dello stato di usura dei pneumatici; la gestione delle riserve di gomma fu posta sotto controllo federale.

### *La reazione del pubblico*

L'opinione pubblica americana inizialmente non ebbe la sensazione che l'attacco a Pearl Harbour avesse tagliato fuori il paese dalla fornitura di gomma natu-

rale e avesse posto in una gravissima crisi il trasporto su gomma su cui si basava gran parte dell'economia americana: si sperava ancora nella forza del dispositivo navale anglo-americano; ma a poco a poco si comprese l'entità del disastro, e l'umiliazione per la grave sconfitta e il timore per i pericoli incombenti provocarono nell'opinione pubblica una violenta reazione verso tutto ciò che aveva portato ad una simile situazione. Fu anzitutto lanciato un duro (e del tutto ingiustificato) attacco contro il pool degli industriali che si erano associati per la produzione della gomma sintetica, sulla base della legge anti-trust, e fu necessario l'intervento del Presidente per bloccarlo (marzo 1942). Un nuovo attacco fu sferrato, (altrettanto ingiustamente) contro la Standard Oil, accusata di avere realizzato un cartello con l'industria tedesca per monopolizzare l'industria del petrolio e della gomma, provocando la totale impreparazione del paese in quel settore vitale. Altrettanto dura fu la reazione della comunità tecnico-scientifica che invitò tutti i gruppi interessati a smettere di baloccarsi e a confluire senza indugio nel programma per la produzione della gomma sintetica. Contemporaneamente l'eccedenza di produzione del frumento e la inevitabile crisi del prezzo, attirò l'attenzione del Congresso sul fatto che il grano eccedente si poteva fermentare ad alcool e dall'alcool si poteva ottenere il butadiene: fu pertanto varata una legge in base alla quale butadiene e gomma si dovevano produrre in impianti situati presso le aziende agricole che avrebbero dovuto risponderne direttamente al Congresso (22 luglio 1942).

Di fronte a questa gravissima situazione il Presidente inviò al Congresso un messaggio di veto rispetto alla legge appena emanata (6 agosto 1942), e pur riconoscendo che errori erano stati commessi nominò un Comitato costituito da personaggi eminenti come B. Baruch, Presidente, ex responsabile della mobilitazione dell'industria americana durante la Prima Guerra Mondiale, J. Conant, chimico, presidente della Harvard University e il fisico Premio Nobel A. Compton, Presidente del MIT (vice presidenti). Il Comitato Baruch nominò 25 fra i più prestigiosi esperti degli Stati Uniti fra i quali famosi nomi dell'Università e dell'Industria, e condusse un'indagine a tutto campo che in un solo mese, il 10 settembre 1942, presentò un rapporto accuratissimo ed un piano dettagliato di produzione degli elastomeri sintetici (Tabella 1). Il progetto gomma divenne proprietà del Governo che finanziò gli impianti, la ricerca, i brevetti: di qui il nome di Gomma del Governo (GR-S = Government Rubber-Styrene).

### *Una nuova industria*

All'inizio del 1943 la situazione della gomma era ancora confusa: il programma era gigantesco ed estremamente complesso; vi partecipavano 65 industrie principali oltre a decine di industrie minori ed una vastissima rete di trasporti; tuttavia a metà 1943 i 51 impianti, sorti praticamente dal nulla, erano già funzionanti e la grande impresa iniziava ad operare. Questa impresa industriale è stata confrontata, come

Tabella 1 - *Piano Baruch per la produzione annuale di elastomeri sintetici negli Stati Uniti durante la seconda guerra mondiale (10 Settembre 1942) [3].*

| PRODOTTO                    | TON/ANNO<br>equivalenti di BUNA-S | PROCESSO   |
|-----------------------------|-----------------------------------|--|
| 1) Butadiene                | 242.000                           | Alcool<br>(Union Carbide)  |
| 2) Butadiene                | 50.000                            | Gas naturale<br>(Phillips Petroleum)   |
| 3) Butadiene                | 16.000                            | Butano<br>(Houdry)   |
| 4) Butadiene                | 283.000                           | Butene<br>(Cracking petrolio:<br>Standard Oil)                                     |
| 5) Butadiene                | 20.000                            | Cracking gas e idrocarburi<br>(processo di conversione<br>termica o di raffineria) |
| 6) Butadiene                | 93.000                            | 4) + 5)  |
| Totale BUNA-S               | 705.000                           |  |
| Neoprene                    | 49.000                            |  |
| Gomma Butile                | 132.000                           |  |
| Totale elastomeri sintetici | 886.000                           |  |

complessità di pianificazione, coordinamento ed esecuzione, col D-Day, cioè con l'operazione dello sbarco alleato in Normandia il 6 giugno 1944: dai giorni bui di Pearl Harbour erano passati solo diciotto mesi per l'avvio e trenta mesi per l'equilibrio fra produzione e richiesta; in tempi normali sarebbero stati necessari dodici anni.

Nella figura 1 relativa alla situazione della gomma negli anni 1941-45 negli Stati Uniti, la curva 1 indica la fortissima caduta della fornitura di gomma naturale dal 1941 in poi; la curva 2 dà la produzione della gomma riciclata, che nel 1942-43 è stata una risorsa fondamentale, assieme alla scorta di gomma naturale in rapido consumo; la curva 3 indica la forte crescita della produzione di gomma sintetica a partire dal 1943, mentre la curva 4 indica la crisi di disponibilità negli anni critici

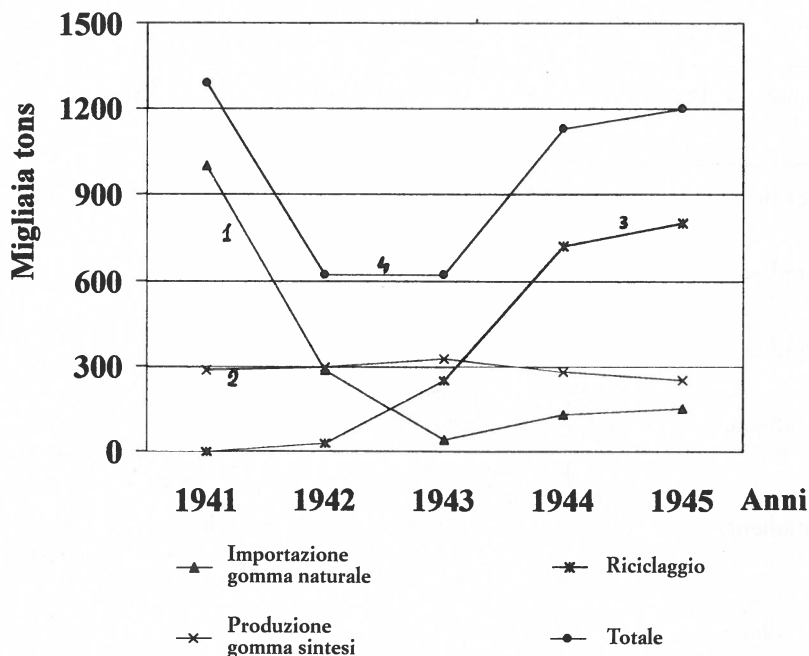


Fig. 1 - Stati Uniti 1941-45.

1942-1943, nei quali le scorte di gomma naturale, il riciclaggio e l'inizio della produzione di gomma sintetica evitarono il disastro.

Nel 1941 e 1942 non si ebbe alcuna produzione dei monomeri butadiene e stirene; nel 1943-44 malgrado la sviluppatissima industria petrolifera il principale contributo alla produzione di butadiene fu dato dall'alcool (processo Union Carbide) a sua volta ottenuto per il 65% da fermentazione di melasse, per il 15% dal grano, per il 20% da sintesi: la produzione di alcool industriale negli Stati Uniti era di 650.000 ton/anno nel 1940-41, ma nel maggio 1942 fu portata a 1,8 milioni di ton/anno. Gli impianti di butadiene da alcool produssero con una resa del 165% rispetto al preventivato, ma dati i costi più alti furono i primi ad essere chiusi dopo la guerra. La produzione di butadiene per pirolisi di idrocarburi fu facilitata dalla scoperta di un nuovo processo catalitico della Standard Oil che aumentò la resa in buteni dal 10 al 25%, e subentrò parzialmente alla produzione da alcool (Fig. 2). Gli impianti per la produzione di butadiene furono 17 con una produzione di 622.500 ton/anno, quelli per lo stirolo 5, gli impianti di polimerizzazione 18 con una potenzialità totale di 705.000 ton/anno di Buna-S. Gli impianti per tutti i prodotti chimici ausiliari necessari all'impresa 11. La produzione di gomma sintetica,

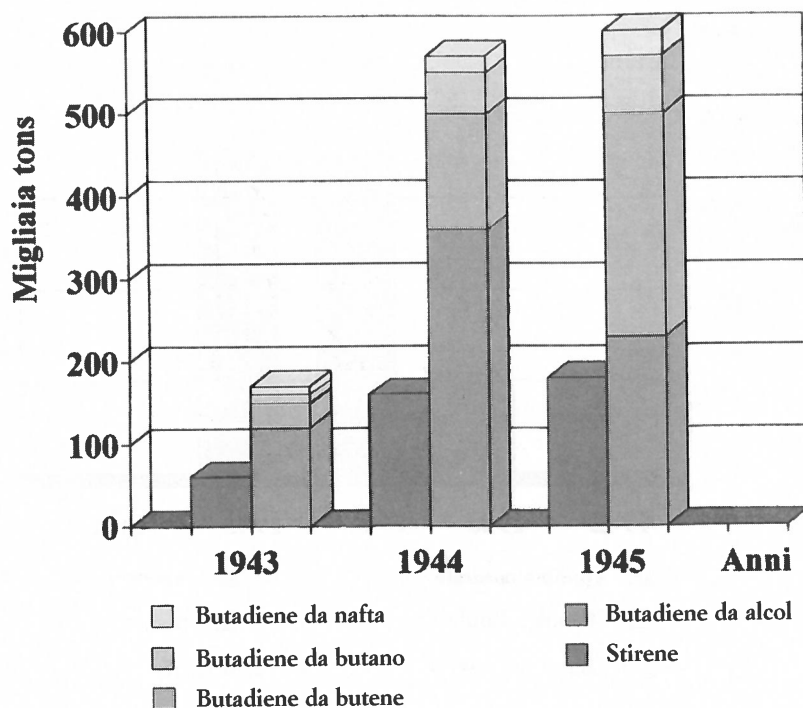


Fig. 2 - Stati Uniti 1941-45. Produzione di stirene e butadiene.

dopo un modesto inizio nel 1943 (meno di 200.000 ton.) raggiunse l'obiettivo previsto già nel 1944 (Fig. 3) [5].

### *La ricerca*

Nel decennio 1943-1953 la ricerca sulla gomma negli Stati Uniti è stata finanziata dal Governo con 56 milioni di dollari, corrispondenti a circa 400 milioni di dollari del 1990 [1, 18]. Vi parteciparono numerose istituzioni ed industrie: 2 laboratori governativi, tra cui il National Bureau of Standards; 2 istituti privati; 2 istituti di consulenza; 18 università; 29 industrie, con libero scambio di documenti e informazioni ma con proibizione di pubblicare fino alla fine della guerra, cessata la quale furono pubblicati oltre 800 lavori.

La Ricerca Universitaria ha conseguito risultati che sono vere e proprie pietre miliari nella scienza dei polimeri e che hanno dato a questa uno sviluppo imponente; se ne considerano soltanto alcuni:

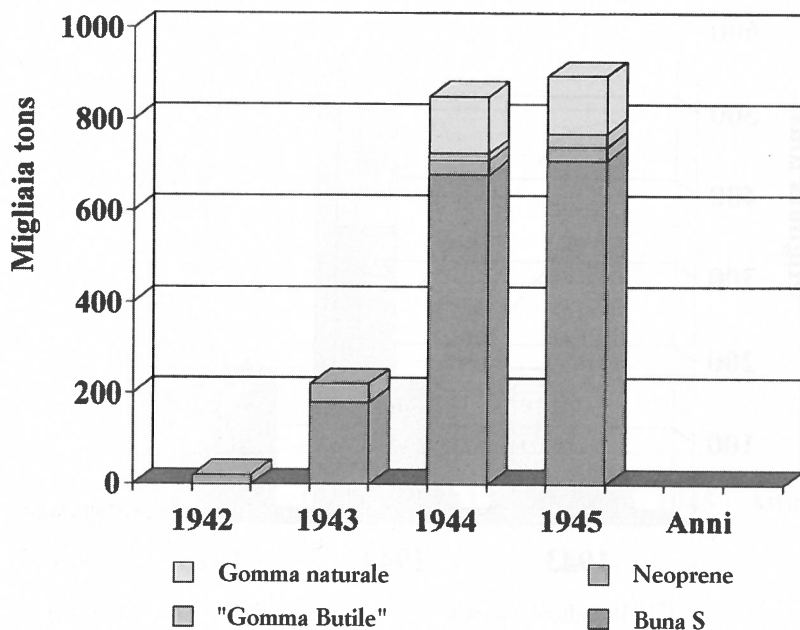


Fig. 3 - Stati Uniti 1941-45. Produzione di elastomeri.

- la cinetica della polimerizzazione radicalica in emulsione (Harkins, Kolthoff, Morton, Marvel);
- l'impiego del chain transfer nella polimerizzazione radicalica (Flory);
- la valutazione della conformazione, dimensione e peso molecolare dei polimeri (Flory, Debye: metodo della luce diffusa);
- l'analisi infrarossa della struttura (Richards, Binder, Field, Kolthoff);
- la spettroscopia dinamico-meccanica (Marvin, Markovitz);

La ricerca industriale ha avuto problemi e ottenuto risultati non meno importanti, posto che la gomma di sintesi Buna-S è risultata all'inizio inferiore alla gomma naturale; i problemi superati e i risultati ottenuti sono stati:

- maggiori difficoltà di processing, con minore diminuzione del peso molecolare durante la «masticazione» e il compoundig;
- minore resistenza all'abrasione e a rottura;
- minori proprietà dinamiche con maggiore isteresi e quindi maggiore riscaldamento nei cicli a flessione (problema specialmente serio per i copertoni dei mezzi pesanti);
- produzione della «gomma fredda», cioè del prodotto della polimerizzazione a

- bassa temperatura (5°C) che dà macromolecole più lineari, meno ramificate, più lavorabili;
- produzione della gomma «oil-extended», cioè trattata con il 25-30% di un olio minerale, che ne rende la lavorazione molto più agevole, pur mantenendone le proprietà;
  - produzione della «gomma artica» col 10% di stirolo anziché 25%, resistente alle basse temperature;
  - polimerizzazione stereospecifica dell'isoprene coi catalizzatori Ziegler-Natta (1956) [9, 19].

### *Conclusione*

La nascita della nuova industria della gomma sintetica ha segnato l'inizio della grande Industria Petrolchimica ed è avvenuta in un contesto generale costituito da tre processi: scientifico, tecnologico, politico [20].

1) Il processo scientifico è consistito nella risoluzione del problema fondamentale del legame macromolecolare, della ridefinizione del peso molecolare quando lo si riferisce a grandi molecole, del chiarimento del concetto di Colloide. La ricerca sulla gomma ha dato un impulso determinante allo sviluppo della scienza dei polimeri;

2) Il processo tecnologico ha avuto due aspetti, ambedue vincolanti per la motorizzazione: i carburanti e la gomma;

3) Il processo politico è consistito in una costante attenzione dei governi tedeschi ai processi industriali che potevano dare alla Germania autonomia in due settori strategici e vitali (carburanti ed elastomeri) mentre negli Stati Uniti l'impegno politico è stato molto più tardivo, ma è divenuto imponente sotto la pressione degli eventi bellici.

In estrema sintesi da tutto il contesto degli eventi sopra descritti è stato il ruolo fondamentale della Scienza ad emergere, come è stato espresso da Harry Holmes nel suo intervento presso la Società Chimica Americana nel 1942, anno della crisi [21]: «Il pubblico americano si attende che il Chimico e l'Ingegnere siano capaci di compiere il miracolo: assicurare la sopravvivenza della nazione mediante la Scienza; all'entrata della biblioteca Rochester c'è un'iscrizione scolpita sulla pietra che dice:

«Scienza  
Maestra della Luce e dell'Energia,  
del Tempo, dello Spazio, del Suono,  
Nemica delle forze  
che attentano alla Vita»

La Scienza ha una visione che il pubblico e molti dei suoi leaders non hanno: senza questa visione i popoli periscono».



BIBLIOGRAFIA

- [1] V. HERBERT, A. BISIO: *Synthetic Rubber: a Project that had to succeed*, Westport, Greenwood Press, 1985.
- [2] F.A. HOWARD: *Buna Rubber: the Birth of an Industry*, New York, Van Nostrand, 1947.
- [3] «Industrial Engineering Chemistry» 34, 1256 (1942).
- [4] F. AFTALION: *A History of the International Chemical Industry*, Philadelphia, University of Pennsylvania Press, 1991.
- [5] P. MALTESE: «Materie Plastiche ed Elastomeri», 1999, p. 136.
- [6] P. MALTESE: «Materie Plastiche ed Elastomeri», 1995, p. 277.
- [7] M. MORTON: «Chemical Engineering News», May 7, 1990, p. 64.
- [8] R.B. SEYMOUR: *History of Polymer Science and Technology*, New York, M. Dekker, 1982.
- [9] J.P. KENNEDY, E.G.M. TORNUST: *Polymer Chemistry of Synthetic Elastomers*, Part I, New York, Interscienze, 1968, Cap. 2.
- [10] M. GIUA: *Chimica Industriale*, Vol. 10, Uses, Firenze, 1976.
- [11] J.P. KENNEDY, E.G.M. TORNUST, Cap. 4 A.
- [12] J.P. KENNEDY, E.G.M. TORNUST, Cap. 4 B.
- [13] J.P. KENNEDY, E.G.M. TORNUST, Cap. 5.
- [14] E. GUTH: «J. Polymer Sci., Macromolecular Symposium», 35, 1 (1979).
- [15] H.F. MARK: *From small Organic Molecule to Large*, Seeman, Washington DC, A.C.S., 1993.
- [16] P. MALTESE: «Materie Plastiche ed Elastomeri», 1991, p. 130.
- [17] B.H. LIDDELL HART: *Storia militare della Seconda Guerra Mondiale*, Milano, Mondadori, 1970.
- [18] P.J.T. MORRIS: *The American Synthetic Rubber Research Program*, Philadelphia, University of Pennsylvania Press, 1989.
- [19] F.M. MC MILLAN: *The Chain Straighteners*, London, Mac Millan Press, 1979.
- [20] G. BATTIMELLI, M. DE MARIA, A. ROSSI: *La ristrutturazione delle Scienze fra le due guerre mondiali*, Vol. II, Roma, La Goliardica.
- [21] H. HOLMES: «Industrial Engineering Chemistry», 34, 1410 (1942).