

LISTA DEI PARTECIPANTI

- AMBI FERDINANDO, Agliana (PT)
 AIMO EMILIA, Venezia
 AMAT DI SANFELEPPO PAOLO, Cagliari
 AMENDOLA PAOLA, Venezia
 ANSONE CATERINA, Bologna
 ANCOLESE CAMILLA, Napoli
 BADELLO ROBERTO, S. Lazzaro (BO)
 BARBADORO SERGIO, MENTANA (RM)
 BASSANI ANGELO, Venezia
 BATTILOBO GIOVANNA, Cadoneghe (PD)
 BATTIMELLI GIOVANNI, Roma
 BATTISTIN GRAZIELLA, Imperia
 BECCARO CLAUDIO, Venezia
 BENCINGHA LIBERA, Fraitamaggiore (BO)
 BENEDETTI ALBERTO, Venezia
 BENSI PAOLO, Genova
 BERARDI MARIA CRISTINA, Roma
 BINOZZO ROBERTA, Montecchio Precalcio (VI)
 BLEZZA FRANCO, Treviso
 CAGNIN GIANNI, Dolo (VE)
 CALASCIBETTA FRANCO, Roma
 CAPUANO FABRIZIA, Bozzano (RE)
 CARAMAZZA RAFFAELE, Napoli
 CARASSO MOZZI FAUSTA, Mogliano Veneto (TV)
 CARATTO ALESSANDRA, Milano
 CARSI PAOLA, Roma
 CATTALINI LUCIO, Padova
 CAVALCHI BRUNO, Reggio Emilia
 CAVINATO FRANCA, Padova
 CERRETA PIETRO, Calitri (AV)
 CERRETI LUIGI, Vidovo (TO)
 CHIENA GAYANO, Dossoro (TV)
 CARLO STEFANIA, Lido di Venezia
 CIARDI MARCO, Firenze
 CIUFFI MARCELLA, Napoli
 CONSIGLIO GIOVANNI, Bologna
 CONTI RENATO, Roma
 CONTINI ROBERTA, Treviso
 COSTA MARIAGRAZIA, Firenze
 CROVATTA GIUSEPPE, Mirano (VE)
 CREMASCHI BARBARA, Mestre (VE)
 CURI ETTORE, Verona
 DALL'OLIO GIULIANO, Montecchio Maggiore (VI)
 DAL MAS LUCIANO, San Vendemiano (TV)
 DEBIS ALLEN G., Chicago (USA)
 DICER FARRI, Feltre (BL)
 DE LUGGHI OTTORINO, Padova
 DI CATALDO FRANCO, Venezia
 DI MEDO ANTONIO, Roma
 DORONZO SALVATORE, Bartolotta
 DRAGO ANTONINO, Napoli
 ESPOSITO SALVATORE, Campalto (VE)
 FELICCIOTTI JACQUELINE, Roma
 FIORENTINI CARLO, Firenze
 FONTANA ROMANO, Padova
 FOSCHI FRANTO, Roma
 FOX ROBERT, Oxford (GB)
 FRATTINI ROMANA, Padova
 GALEONE RENZO, Feltre (BL)
 GELSOMINI NEDO, Firenze
 GIROMANI VIRGILIO, Venezia - Lido
 GUNELLA TARNO, Codevigo (PD)
 INCORVATI GIOVANNI, Roma
 LANZILOTTA FRANCO, Padova
 LENARDA MAURIZIO, Venezia
 LEVI GIULIA, Torino
 MAGNANINI DANIELA, Venezia
 MANZILLA MARIA TERESA, Roma
 MANZILLA PAOLO, Tavarnuzze (FI)
 MANZINI PAOLA, Reggio Emilia
 MARINI-BETTIOLO G.B., Roma

MARINO GIANLORENZO, Perugia
MARGINETTI MASSIMO, Mestre (VE)
MICHELON BRUNO, Mestre (VE)
MICHELON GIANNI, Albignasego (PD)
MIBONE PAOLO, Bologna
NADALI GIAMPIETRO, Noale (VE)
NICOLINI NICOLETTA, Roma
NUNZIANTE CESARO STELLA, Roma
PAOLONI GIOVANNI, Roma
PAOLONI LEONELLO, Palermo
PAREO LAURA, Genova
POLIZZI STEFANO, Venezia
PILARO RENZO, Treviso
RAMBALDI GABRIELLA, Genova
RIBEZZI MARIA CHIARA, Padova
REZZUTI FERRUCCIO, Cosenza

SEVERINO PATRIZIO, Padova
STEVANATO NICOLETTA, Spinea (VE)
TIDESCO RAFFAELLE, Mestre (VE)
TOLLOT MARIA GRAZIA, Mirano (VE)
TOMASONI LUCIA, Padova
TORRACCA EUGENIO, Anguillara (RM)
TRALCI ALFIO, Folanò della Chiana
TUGNOLI PATTARO SANDRA, Bologna
URBANI FLAVIA, Venezia
VACCARI EZIO, Verona
VANZAN NICOLETTA, Borgoricco (PD)
VAVANZI ANDREA, Venezia
VILLANI PASSARO
ZANIATO GIANCARLO, Venezia
ZERBO FEDERICO, Mestre (VE)
ZUCARELLO FELICE, Catania

PROGRAMMA DEL CONVEGNO

Giovedì 7 novembre 1991

- Apertura del Convegno; saluti del Presidente GNFSG prof. G.B. MARINI-BETTOLO
- PL1 Plenary lecture del prof. Allen G. DEBUS: «The History of Chemistry: Key to Modern Science»
- A1 Paola CARUSE: «L'alchimia di Bernard Palissy»
- A2 Sergio TIBA: «Amedeo VIII e l'oro potabile suo e nei domini sabaudi»
- B1 Antonio DI MEO: «I composti e la metafisica»
- B2 Sandra TUGNOLI PATTARO: «Alle origini della chimica moderna»
- B3 Ferdinando ABBI: «Una grande alternativa': il *Traité* di Lavoisier nella cultura italiana di fine Settecento»
- B4 Ettore CURI: «Le analisi chimiche delle acque delle Terme di Caldiero nel XVII e XVIII secolo»
- B5 Marco CARDE: «Manuali, modelli, equazioni. La fisica teorica di Amedeo Avogadro»
- C1 Gianlorenzo MARINO: «Una dinastia di chimici perugini: i Purgotti»
- C2 Nicoletta NICOLINI: «Se è pane, è pane attossicato': il dibattito sull'uso del fosforo bianco nell'industria dei fiammiferi»
- C3 Paolo AMAT DI SAN FILIPPO: «Unità protoindustriali nella Sardegna sabauda»
- C4 Paolo BENZI: «Icilio Guareschi tra storia della chimica e storia dell'arte»
- C5 Patrizio SEVERINO: «Analogie teoriche e differenze teoretiche fra il modello VB e quello LCAO-MO-SCF»

Venerdì 8 novembre 1991

- D1 Antonino DRAGO: «La riqualificazione della Termodinamica a partire dalla teoria chimica»
- D2 Leonello PAOLONI: «La scuola di Cannizzaro a Palermo: gli anni di avvio»
- D3 Franco CALASCIBETTA: «La legge periodica e l'idea di un unico tipo di materia (1869-1889): le diverse possibili letture di una molteplicità di dati sperimentali»

- D4 Paolo MIRONI: «Wilhelm Ostwald fra 'teoria' e 'ipotesi' atomica (1890-1908)»
- D5 Giovanni SEMERANO: «La fotochimica alla Scuola del prof. Arturo Miolati»
- D6 Stella NUNZIANTE-CESARO: «'Darkness visible': procedure sperimentali e risvolti teorici nella prima spiegazione della fluorescenza (G. Stokes 1852-1853)»
- PL2 Plenary lecture del prof. Luigi CERRUTE: «Le parole / preferiscono il sonno. Analisi linguistica e pratica storiografica»
- Sessione posters e software:
- P1 Roberto BADIELLO, Giancarlo CESCHIEL, Giorgio PEDROCCO: «Evoluzione storica nella didattica chimico-farmaceutica in Italia e nel Regno Unito: esperienze a confronto»
- P2 Alberto BENEDETTI, Franco Di CATALDO, Gianni MICHELON: «Aspetti storici rilevanti della teoria cinetica dei gas: un percorso ipertestuale»
- P3 Maria G. COSTA, Carlo FIORENTINI, Nedo GELSOMINI, Paolo MANZELLE: «La chimica a Firenze tra 800 e 900»
- P4 Antonino DRAGO, Ornella VITIELLO: «Riformulazione della Termodinamica secondo il metodo originale di Sadi Carnot»
- P5 Paolo AMAT DI SANFILIPPO: vedi C3
- P6 Sergio BARRADORO, Eugenio TORRACCA: vedi E3
- P7 Paolo BENSI: vedi C4
- P8 Giuliano DALL'OLIO: «Giovanni Bizio chimico veneziano dell'Ottocento»
- P9 Carlo FIORENTINI: vedi E2
- P10 Giulia LEVI: vedi E5
- P11 Stella NUNZIANTE-CESARO, Eugenio TORRACCA: vedi D6
- P12 Fabrizia CAPUANO, B. CAVALZHI, Paola MANZINI: «Trasformazione di un territorio: l'analisi chimica come verifica della qualità ambientale da Lazzaro Spallanzani ad oggi»
- P13 Roberto BADIELLO, Alberto BRECCIA: «Lo Studio delle Scienze nell'Antica Università di Fermo all'inizio del 1800»
- E1 Ferruccio RIZZUTI: «Etudes sur les affinités chimiques» di C.M. Guldberg e P. Waage. Una lettura storica di un concetto fondante del pensiero chimico»
- E2 Virgilio GIORMANI: «Giovanni Arduino e il problema del salnitro nella Repubblica Veneta»
- E3 Sergio BARRADORO: «Ricostruzione di esperimenti storici: le reazioni dell'idrogeno con il cloro nel periodo 1832-44»
- E4 Angelo BANNANI: «Una perizia di Giovanni Arduino: l'analisi chimico-merceologica del Natro»
- E5 Giulia LEVI: «H.A. Krebs e il ciclo dell'acido citrico»

Sabato 9 novembre 1991

- F1 Giovanni INCORVATE: «Corti scientifiche e Corti giuridiche: sviluppi di un dibattito»
- F2 Carlo FIORENTINI: «Il ruolo della riflessione storico-epistemologica nella riforma del processo educativo»
- F3 Franco BLEZZA: «Elementi di Chimica', 1905 - Per una storia dell'insegnamento della chimica nella scuola elementare italiana»
- F4 Pietro CERRETA: «L'uso degli esempi della chimica nella storiografia di Kuhn»
- F5 Isia IANNACCONE: «La chimica in Cina nella stampa specialistica tra la fine del XIX secolo e i primi decenni del XX»
- F6 Giovanni PARLONI: «Alcune fonti documentarie per la storia della chimica in Italia tra XIX e XX secolo»
- PL3 Plenary lecture del prof. Robert FOX: «Exploring the roots of industrial sciences»

RINGRAZIAMENTI

E' mio doveroso compito, ma nel contempo graditissimo, porgere un sentito ringraziamento, anche a nome del GNFS, del GDS e del CIRED dell'Università di Venezia:

- al *Ministro della Pubblica Istruzione* per avere concesso l'esonero dall'insegnamento, a livello nazionale, per gli insegnanti partecipanti al convegno;
- all'*Università di Venezia*, e al suo *Magnifico Rettore, prof. Giovanni Castellani*, per la concessione dell'uso dell'Aula Magna e della disponibilità di personale di controllo, coordinato dal sig. Renzo Fondacci;
- alla segreteria del Dipartimento di Chimica, nelle persone di *Elisabetta Babacco, Paola Contessotto, Concetta Colaianni e Daniela Stocco*, per la gestione dell'amministrazione dei fondi e della corrispondenza;
- a *Marina Bortoletto* del CIRED e *Claudia Beccaro* del Dipartimento di Chimica per l'aiuto prestato nella segreteria del convegno;
- a *Claudia Beccaro ed Augusto Tassan*, del Dipartimento di Chimica per la collaborazione nella raccolta e trascrizione dei testi delle relazioni;
- ad *Antonio Petroni e Piero Trebbi* per i servizi logistici in occasione del convegno;
- ai colleghi *Gavino Chessa, Franco Di Cataldo, Maurizio Lenarda ed Angelo Bazzani* per la fattiva collaborazione ai vari livelli organizzativi e conclusivi del convegno;
- ai relatori tutti, per i loro qualificanti e significativi interventi;
- ai partecipanti, per l'interesse dimostrato durante i lavori;
- al *Dipartimento di Matematica* per la disponibilità nel risolvere alcuni problemi (di carattere informatico) contingenti;
- a quanti altri si sono prodigati, a qualsiasi titolo, per la riuscita del convegno.

Voglio anche ricordare e ringraziare in particolare Enti e Società che, con il loro contributo, non solo finanziario, hanno permesso l'organizzazione e la gestione di questo IV Convegno di Storia e Fondamenti della Chimica:

- l'*Università di Venezia* e i membri del Suo Consiglio di Amministrazione, per la sensibilità dimostrata nel concedere un contributo e l'utilizzo di strutture e personale universitario;
- l'*Enichem*, ed in particolare il Presidente dr. Giorgio Porta, il Direttore dell'Enichem di Marghera Ing. Zerbo, e la dott.ssa Nascimbene, della sede di Milano, per l'interesse dimostrato, la loro disponibilità e cortesia;

- l'*Enrobate*, e in particolare il rag. E. Vilasco, anche per la fornitura di varie copie del fascicolo di I. Cerruti, *Temî di Ricerca della Chimica Classica*, per la distribuzione a tutti i partecipanti al convegno;
- la *Sezione Veneto* della *SCI*, Società Chimica Italiana, anche per la sua poliedrica attività nel campo della diffusione della cultura chimica;
- la *Computer Service s.r.l.* di Mestre, per aver messo a disposizione personale e attrezzature informatiche per la segreteria durante il convegno;
- l'*Accademia Nazionale delle Scienze detta dei XL*, che, continuando nella sua emerita attività nel settore della storia e dell'epistemologia delle Scienze, si è accollata il gravoso carico della stampa e della diffusione di questi atti; ma sento gradito e doveroso rivolgere soprattutto un affettuoso ringraziamento al prof. G.B. Marini-Bettolo, che si è sempre prodigato nella sensibilizzazione verso le problematiche storiche e filosofiche della Scienza e che mi è stato di fondamentale aiuto nella realizzazione di questi atti.

Desidero ringraziare i partecipanti e gli organizzatori di questo Convegno di studio su «Storia e Fondamenti della Chimica», giunto oramai alla quarta edizione, e portare il saluto dell'Accademia Nazionale delle Scienze, detta dei XL, che ha rinnovato in Italia questa linea e questo indirizzo di studi, seguendo anche i suggerimenti dello scorso secolo di Emanuele Paternò.

Porto anche il saluto del Gruppo Nazionale di Fondamenti e Storia della Chimica al quale da anni partecipano attivamente molti di voi.

Un mio saluto particolare ai partecipanti stranieri.

Questa nuova linea di studi, adottata dal GNFSFC, rappresenta un indirizzo fecondo, non solo per la rivalutazione dei contenuti essenziali della chimica, ma anche un punto di incontro con le scienze umanistiche e può favorire il superamento di quella divaricazione tra scienze umane e sperimentali che costituì la grande conquista della scuola di Galilei poiché oggi, in un mondo così complesso, i due aspetti della conoscenza non possono rimanere separati.

Auguro pieno successo a questa manifestazione i cui Atti costituiranno un nuovo volume della serie da noi iniziata all'Accademia delle Scienze.

Un ringraziamento particolare al Prof. Michelon che ha organizzato il Convegno, all'Università di Venezia che lo ospita ed infine a quanti hanno permesso, con il loro contributo finanziario, la sua realizzazione.

Vi invito ora a dare inizio ai lavori.

G.B. MARINI-BETTÒLO

La Storia ed i Fondamenti della Chimica. Ruolo, problemi, soluzioni possibili

Il IV Convegno di Storia e Fondamenti della Chimica, di cui questo volume costituisce gli atti, è nato nel segno della continuità delle attività del GNFSG (Gruppo Nazionale di Fondamenti e Storia della Chimica) e del GDS (Gruppo di Didattica Chimica dell'Università di Venezia), con la collaborazione del CIRED (Centro Interfacoltà per la Ricerca Educativa e Didattica della stessa Università); esso ha costituito una ulteriore occasione di incontro e di confronto per quanti operano nel campo degli studi storici ed epistemologici della Chimica. Anche se l'ambiente universitario sembra poco o comunque solo superficialmente interessato alle ricerche in questo settore, numerose sono state le richieste degli Atti dei precedenti convegni e lusinghiere le recensioni che ne sono state fatte su varie riviste italiane e straniere; un buon auspicio per la diffusione anche di questo volume e delle stimolanti relazioni in esso contenute.

Vorrei qui accennare ad alcune considerazioni che, assieme al cortese ma fermo invito di alcuni amici-colleghi, mi hanno spinto ad accettare il non facile incarico di organizzare il Convegno e di curarne gli Atti; desidero anche premettere che non sono uno studioso, bensì un «curioso» (scientificamente parlando) della materia, e che nutro un grande interesse per tutto ciò che può essere utile per giungere ad una più profonda e corretta conoscenza della disciplina di cui mi occupo da molto tempo.

La parola «chimica» suscita, nella maggior parte dei comuni cittadini, l'immagine immediata di una tecnologia che produce inquinamento e deterioramento dell'ambiente in generale e della salute umana in particolare. Ben pochi sono quelli che associano a questo termine il concetto di una scienza che, nel corso degli ultimi due secoli, ha elevato enormemente il livello di vita dell'uomo; certamente ciò ha avuto anche effetti negativi, ma nessuno, in buona fede, può negare che il bilancio generale sia nettamente positivo; basti pensare, a settori esemplari come quelli degli alimenti, dei farmaci, dei materiali (tessili, semiconduttori, materie plastiche), del restauro, del recupero di materie prime e seconde, del controllo degli inquinanti, del disinquinamento.

Né si possono disconoscere i contributi fondamentali alla conoscenza, dovuti a studi cosiddetti «accademici», cioè non applicati o finalizzati, né, tantomeno quelli legati ai processi logici e alle metodologie che hanno condotto la Chimica ai livelli attuali, apportando alla Scienza contributi assolutamente originali e specifici della nostra disciplina.

Se pochi pensano a ciò, pochissimi poi si pongono il problema di conoscere e far conoscere come questa scienza e le tecnologie che ne conseguono si siano evoluti nel tempo — campo questo privilegiato dagli storici — o di individuarne natura e limiti attraverso una analisi delle strutture logiche e metodologiche — campo degli epistemologi — oppure ancora di studiarne gli effetti sulla società e sulla sua evoluzione — campo d'azione dei sociologi della scienza —

Le colpe? Certamente si possono far risalire alla scuola, di ogni ordine e grado, ma i difetti di formazione degli insegnanti sono un retaggio di cui tutti noi siamo più o meno responsabili, a partire dai vari ministri che non hanno dimostrato, durante la loro attività, la necessaria sensibilità verso il settore scientifico; passando attraverso i docenti universitari che, nella maggior parte dei casi, non si sono mai posti problemi di questo genere, né tanto meno hanno cercato di revisionare e ristrutturare i loro corsi in questa prospettiva; per arrivare infine ai docenti di scuola secondaria, frequentemente insensibili alle iniziative di formazione in servizio e adagiati sulla routine di un insegnamento puramente teorico, dogmatico e mnemonico.

Altre grosse colpe ricadono sui mass-media e sui loro attori, cioè giornalisti e pseudo-esperti, molto spesso incompetenti e presuntuosi tanto da permettersi, forse senza neppure rendersene conto, di trattare argomenti di cui ignorano non solo i contenuti ma anche il linguaggio minimale. Problema analogo si presenta ovviamente anche per i mass-media visivi, come la televisione.

Le origini di ciò direi che si possano far risalire, da una parte alle note insufficienze conoscitive e formative nel settore — sempre legate ad una scuola carente per programmi, attrezzature, tempi ed insegnanti —, dall'altra ad una malintesa identificazione, da parte dei giornalisti, di «notizia» ed «informazione» con «scoop» e «scandalismo» e ad un atteggiamento storico legato alla campagna denigratoria e demagogica verso la Chimica (pur, talvolta, con motivazioni parziali ma corrette), che è stata portata avanti alla fine degli anni sessanta e a metà degli anni settanta, da parte di vari settori della società, politicamente organizzati o spontanei: un'eredità difficile da accantonare o correggere.

Una via d'uscita sembra prospettarsi ora, con la istituzione delle scuole di specializzazione universitarie per la formazione degli insegnanti, in cui vengono considerati essenziali, giustamente, corsi storico-epistemologici delle singole discipline; almeno questa sembra essere l'intenzione, se si analizzano le proposte avanzate da quelle nuove strutture universitarie che sono i Centri Interdipartimentali per la Ricerca Educativa e Didattica, la cui attività, volta ad una effettiva riqualificazione della didattica, è molto intensa presso vari atenei; è auspicabile che le loro proposte non restino lettera morta o non vengano stravolte, dovendo passare per il vaglio ministeriale.

Un problema emerge però, a questo punto, drammatico: le competenze, almeno per la chimica, dove sono? C'è sì una copertura e, a mio parere, di alto livello, da parte di componenti del Gruppo Nazionale di Fondamenti e Storia della Chimica e della Divisione Didattica della Società Chimica Italiana, per la serietà del lavoro di indagine ed approfondimento nel settore; ma è sufficiente per coprire le esigenze a livello nazionale? Problemi concreti sorgono sicuramente, almeno nelle sedi lontane dai poli culturali più attivi. La mia preoccupazione è ancora maggiore

dato che, conoscendo il costume universitario italiano, prevedo che, nel momento in cui si chiederà chi possa coprire questi nuovi corsi, molti si offriranno, affermando una loro presunta competenza dovuta ad una pluridecennale attività didattica: e qui sta il pericolo maggiore, di affidare a docenti cosiddetti «di chiara fama», carichi didattici che hanno solo la presunzione di poter coprire, ma non assolutamente la competenza e la capacità, né, spesso, chi glieli affiderà, sarà in grado di capirli.

Tutto ciò diventa sintomatico di una situazione che, più o meno volontariamente, è stata creata nel mondo accademico, da molti, troppi anni, con una programmatica penalizzazione ed emarginazione di quanti si sono dedicati a ricerche didattiche, storiche o epistemologiche.

Ora, per superare questo atteggiamento di critica, apparentemente poco costruttiva, penso sia necessario fare alcune proposte operative, pur senza seguire un filo logico e gerarchico troppo rigido, ma partendo dal presupposto che il GNFSFC rappresenta una realtà viva, un ambiente ricco di entusiasmo e di stimoli per chi sia onestamente disponibile e aperto alle tematiche ed alle finalità del Gruppo, proporrei di agire in queste direzioni:

— adesione al GNFSFC: ciò può rappresentare un sostegno, soprattutto morale, per chi opera in questo settore, perché non si senta attore di una commedia senza spettatori interessati al problema;

— collaborazione attiva dei soci, se possibile a livello di ricerca, ma quanto meno come centro di diffusione e divulgazione locale delle attività del gruppo;

— attività di promozione di un approccio storico-epistemologico alla disciplina, a livello didattico, per contribuire a modificare pregiudizi e distorte opinioni sulla chimica, con lo scopo di darle coscientemente una autonomia come Scienza; scienza che troppo spesso viene, riduzionisticamente, accorpata ad altre scienze o da queste derivata, (questo pur senza negare evidenti sovrapposizioni ed interazioni con altre discipline);

— istituzione, redazione e diffusione di un bollettino informativo del GNFSFC; anche se ciò comporta un grosso onere sia dal punto di vista finanziario che di impegno personale, penso sia una via importantissima per il movimento delle idee e per la creazione di una potenziale base di cultori, ricercatori ed esperti del settore; un'alternativa più sofisticata ma legata ai tempi, può essere la costituzione di una rete informatica (network) fra i cultori, tipo le cosiddette «reti di discussione», basate sul sistema della posta elettronica;

— azione diretta alla divulgazione delle scienze chimiche attraverso interviste per i mass-media, nei quali l'approccio storico-epistemologico può essere un mezzo per correggere una corrente visione distorta della chimica, legata allo «scoop» anziché alla corretta informazione e alla formazione (sono continui i riferimenti alla «chimica» come imputata principale di incidenti o fenomeni di degrado, senza tener conto che ciò è dovuto prevalentemente ad un cattivo uso di conoscenze, a miopia politica interna ed internazionale, ad insufficiente sviluppo di tecnologie adeguate, ad ignoranza nell'utilizzazione di materiali); per togliere cioè alla chimica quella funzione di capro espiatorio di buona parte degli effetti dannosi sulla società e sull'ambiente, valorizzandone invece le sue attività in positivo;

— azione effettuata a livello di scuola, sia con interventi diretti di vari esperti nei settori didattico, storico, epistemologico e sociologico (intervento un po' palliativo, non risolutivo), sia con interventi, molto più efficaci, a livello di formazione iniziale e continua degli insegnanti, così da contribuire a modificare l'atteggiamento mentale negativo del comune cittadino sulla chimica ed evitare anche che la disciplina sia affrontata in modo dogmatico, astratto ed acritico, avulso da ogni realtà sociale, storica e filosofica;

— azione di sensibilizzazione sugli organi deliberanti, competenti in materia, per ottenere più adeguati finanziamenti per le ricerche nel settore;

— azione di sensibilizzazione in ambito universitario su docenti e ricercatori, per cercare di acquisire forze nuove che possano, da una parte, operare in questi settori di ricerca e, dall'altra, costituire un patrimonio di vere competenze didattiche per le scuole di specializzazione per insegnanti di scuola secondaria e per il corso di laurea per maestri, di prossima istituzione.

Ho enumerato alcuni punti non per la presunzione di aver trovato le soluzioni di così gravi ed inveterati problemi, ma solo per proporre possibili vie, da meglio definire, per contribuire alla diffusione di una vera cultura e formazione scientifica attraverso un approccio di tipo didattico, storico, epistemologico della nostra scienza.

Auspico che le competenze e l'entusiasmo, adombrati fra le righe delle interessanti relazioni che seguono, possano spingere qualche lettore a farsi parte attiva per seguire le strade e conseguire gli obiettivi che ho qui sopra brevemente delineato.

GIANNI MICHELON

ALLEN G. DEBUS (*)

History of Chemistry: Key to Modern Science (**)

If we were living in late antiquity — say the fourth or the fifth centuries after Christ — rather than today ... and if we had an interest in the intellectual progress of mankind ... we might well have written a different history of antiquity than we do today. Such an historian if he lived in Europe would most likely have been a Christian who considered the revelation of God's truth and the salvation of man's soul the chief end of our understanding and of our endeavor here on earth. His finished history would emphasize the development of Christianity and the theological debates that were so much a part of his world. As we know, such histories do exist from that period and from the medieval period. In such works the accomplishments of the Hellenistic mathematicians and astronomers and the medical work of the contemporary physicians play little or no part. The point is that historians normally look at the world about them and search past records to establish those steps that have led to the present. And what is considered important in one age may be considered relatively unimportant in another. We may then be presented with radically different interpretations of the same period.

This problem of historical interpretation has a real parallel in the development of the history of science in this century.¹ The philosophes of the eighteenth-century Enlightenment saw a real difference between traditional histories and the sciences. The former dealt with politics and wars, the obscurantism of religion and the anecdotal stories that were connected with the kings, queens and courtiers of an earlier age. Little of this contributed to our knowledge of the human spirit. But the history of the sciences was something quite different since here we could chart the progress of the human mind and our ever expanding knowledge of the world about us. Nowhere was this more evident than in the triumph of Newtonian physics which had abandoned the mysticism and magic of an earlier era. So impressive had been

(*) The Morris Fishbein Center for the Study of the History of Science and Medicine - The University of Chicago - USA.

(**) Presented at the IV National Meeting «Storia e Fondamenti della Chimica» (Venezia, 7-9 novembre 1991).

... I have addressed this problem in a series of lectures presented at the University of Coimbra in 1983: *Science and History: A Chemist's Appraisal* (Coimbra, Portugal: The University of Coimbra Press, 1984).

the success of the new mechanical philosophy by the closing decades of the seventeenth century that authors were already writing works on the debate between the ancients and the moderns. The meaning seemed to be quite clear: the ancients were the Aristotelians, the Galenists and their medieval commentators; the moderns were those figures of their century and the preceding one — figures such as Copernicus, Tycho, Kepler, Galileo and Newton — whose work had led to a "new philosophy" or a mechanical philosophy, one that had replaced an educational system founded on ancient learning. This interpretation was almost universally accepted thirty years ago and it is still to be found in many current histories of science.

But if we as historians of science write our histories to establish the various steps leading from Copernicus to Newton and then go on to interpret post-Newtonian science as positivists we are writing only one kind of history, a history termed by the British historian, Herbert Butterfield, as "Whig" history. Butterfield's goal in his 1931 essay on "The Whig Interpretation of History" had nothing to do with the history of science. Rather, he was distressed by English historians who interpreted the English Civil War of the mid-seventeenth century solely from the liberal or "Whiggish" point of view. The historian, Butterfield argued, should not take sides ...

His role is to describe; he stands impartial between Christian and Mohammedan; he is interested in neither one religion nor the other except as they are entangled in human lives ... He is back in his proper place when he takes us away from simple and absolute judgments and by returning to the historical context entangles everything up again. He is back in his proper place when he tells us that a thing is good or harmful according to circumstances, according to the interactions that are produced. If history can do anything it is to remind us of those complications that undermine our certainties, and to show us that all our judgments are merely relative to time and circumstance.¹

To this point I have said nothing about the history of chemistry. Although the writing of the history of chemistry has had a long history of its own,² those interested in the origins of modern science seldom mention it as a major factor among sixteenth and seventeenth century developments. And this may be admissible if we are interested only in the establishment of Copernican astronomy and Newtonian physics. However, if we are to follow Herbert Butterfield in history or Walter Pagel who spoke more directly to historians of science and medicine,³ we must try to recreate the world of our authors rather than hunting only for the stepping stones leading to Newton, Darwin, Einstein or any other great figure in the sciences. If we do this we find immediately that sixteenth and seventeenth century science and medicine presents us with a far richer texture than a simple ladder of success leading to classical mechanics.

¹ HERBERT BUTTERFIELD, *The Whig Interpretation of History* (1931, New York: W. W. Norton & Co., Inc., 1965), pp. 74-75.

² See ALLEN G. DEBUS, "The Significance of Chemical History", in *Science and History* (note 1, above), pp. 34-51.

³ For an assessment of Walter Pagel's contextual concept of the history of science and medicine see ALLEN G. DEBUS, "Introduction", in *Science, Medicine and Society in the Renaissance: Essays in Honor of Walter Pagel* (2 vols., New York: Science History Publications, 1972), I, pp. 1-9.

If we turn to the early decades of the seventeenth century we find that figures closely associated with the development of a new science such as Marin Mersenne, Pierre Gassendi — even Johannes Kepler — were concerned about the claims of chemical philosophers who sought to replace the natural philosophy and medicine of the ancients with their own vision of a chemically operating nature. We know of the Hermetic interests of Giordano Bruno and Tommaso Campanella while William Gilbert's early interests were centered on chemistry no less than on magnetism or medicine. As for Tycho Brahe, historians of astronomy have had little interest in his belief in the importance of a terrestrial astronomy linking the heavens and earth.

But why should these figures and others have had such an interest in chemistry? At first this might seem unlikely. If we look at the late fifteenth century we find that the scientific and medical humanists sought to replace the texts in use with newly discovered and newly translated works of Ptolemy in astronomy and Galen in medicine. The first phase of a new science was to discard the incomplete texts and barbarous translations of the medieval period. Physicians in particular welcomed these new texts and praised Galen as the "Prince of Physicians". As a result, this new Galenism along with Aristotelian philosophy dominated the universities and faculties of western Europe.⁷

Two additional factors were to affect the development of the sciences in the sixteenth century. The rediscovery of the *Corpus Hermeticum* seemed to make available the genuine works of the ancient sage, Hermes Trismegistus. These texts seemed to demand a close connection of religion and a mystical interpretation of nature. And with them were associated a body of alchemical texts and works on natural magic. No less important was the Protestant Reformation which called into question not only traditional Roman Catholicism, but also the university curricula of European universities which was allied to it.

It was this world of shifting and uncertain values that Paracelsus lived in. Born in 1493 in the Swiss town of Einsiedeln, he learned something of alchemy and medicine from his father ... perhaps something of the occult sciences from the Abbott Johannes Trithemius of Sponheim ... and surely something of the metallurgical practices of the period from the Fugger mining towns in which his father practiced.⁸ Nor was he ignorant of the higher education of his day since he reputedly visited many universities during his *wanderjahren*. There is neither need nor time to discuss his life here ... suffice to say that it was an unsettled one. He moved frequently before his death at Salzburg at the early age of 48 in 1541.

⁷ The best introduction to Galenic medicine is OTHO TEMKIN, *Galenism: Rise and Decline of a Medical Philosophy* (Ithaca and London: Cornell University Press, 1973). For the role of Galenic medicine in the sixteenth century, see the essays included in A.J. WEAR, K. FRANCH and I.M. LONIE, *The Medical Renaissance of the Sixteenth Century* (Cambridge: Cambridge University Press, 1985).

⁸ The literature on Paracelsus is voluminous. The most authoritative work remains Walter Pagel's *Paracelsus: An Introduction to Philosophical Medicine in the Era of the Renaissance* (1958; 2nd, revised ed., Basel: Karger, 1982). Giancarlo Zattera has contributed a number of important studies of the Paracelsian literature in Italian. See especially his *L'Espressione e l'Immagine: Introduzione a Paracelsus* (Trieste: Edizioni Lint, 1988) and *Medicina e Filosofia tra '300 e '600* (Milan: Franco Angeli Editore, 1983).

Here we are more concerned with the impact Paracelsus made on medicine and the sciences. But what did he believe? It is difficult to summarize a complex system in a few minutes, but it is clear that Paracelsus rejected traditional learning. True learning, he thought, was based upon true religion and man might understand his Creator not only through Holy Scripture, but through the Book of Created Nature. In short, he insisted that we should go out and observe nature rather than read the texts of long dead Greek authors who had been heathens. Because of the interconnection of nature and supernature, Paracelsus placed great stress on the macrocosm-microcosm analogy. Whatever was in the great world would also be found in man. It need hardly be added that medicine was a subject closely identified with more general studies of nature.

This new philosophy of nature was to be founded on chemistry. The Creation itself was pictured as a chemical separation which led directly to the determination of the elements. In addition to his use of the traditional earth, water, air and fire, Paracelsus introduced the *triac prima*, salt, sulphur and mercury which became the favored system for most of his followers. They pictured the earth as a great distillation flask with an internal fire which accounted for volcanoes and mountain streams. A life spirit was required not only for man and animals, but for inorganic growth processes as well in this vitalistic system.

Still, it was medicine that was of most interest to late sixteenth-century chemists. The Paracelsians rejected the humoral theory of the Galenists. Rather than seek an explanation of disease in terms of a humoral imbalance, these chemists sought the origin of disease in external factors that entered the body through food or respiration and became localized in body organs. The various organs had within them certain forces or *arches*, which acted like alchemists by separating pure essences from waste. These essences were distributed where needed and the waste eliminated through the pores, the digestive tract, and the lungs. If the arches of any organ did not function properly, the waste might not be completely eliminated, and disease or even death could result.

Seeds of disease that did become lodged in the body grew in a fashion similar to the growth of metals in the earth; that is, in the earth metalline seeds were thought to grow into a metal or metallic ore when introduced into a proper earthly matrix whereas in the human body, a disease seed would grow if lodged in an appropriate organ. It followed almost as a corollary that chemically-prepared medicines should be added to the traditional, herbal based, Galenicals. New and stronger preparations — often prepared from metals — were prescribed by these chemical physicians who saw a need for more potent remedies to combat the new and violent diseases of sixteenth century Europe.

Galenic medical cure was dominated by the belief that contraries cure: A disease characterized as hot and of a given degree must be cured by an opposed medicine, one that was cold and of the same degree; in this fashion humoral balance might be achieved. Paracelsians turned to folk tradition and insisted on

³ Again, the literature on this subject is substantial. Here I base my comments primarily on my *The Chemical Philosophy: Paracelsian Science and Medicine in the Sixteenth and Seventeenth Centuries* (2 vols., New York: Science History Publications, 1977), I, pp. 1-126.

cure by similitude, arguing that a poisonous disease had to be cured by a like poison. For this reason we find that the Paracelsians had a great interest in drugs compounded from mercury, arsenic, antimony, and a host of other metals and minerals. These substances were frequently used as purges, to the anger and despair of the Galenists.

Here again was a direct challenge to the medical establishment. Galenists charged their adversaries with the indiscriminate prescription of poisons. Not so, countered the chemical physicians; not only did they remove the poisonous qualities of metals by chemical preparation, they also gave careful attention to proper dosage with their stronger substances. But they could not deny that they used reagents that were originally poisons.

Consider the situation in the mid-sixteenth century. Physicians who were members of the European medical faculties felt that they had firmly reestablished the authority of Galen and other ancient medical authors with new translations as well as newly discovered texts. But now there had appeared a new group of medical practitioners who would do away with all this and base medicine on chemistry, a lowly art at best. Nor were the natural philosophers in any less jeopardy since the Paracelsian chemical philosophers raved against Aristotle and sought an understanding of the world founded on the macrocosm and the microcosm, on sympathy and antipathy and on natural magic. This world system with its myriad analogies which were to be discovered through chemical laboratory analyses was anathema to them.

In short, the work of Paracelsus and his disciples was in the sixteenth century a frontal attack on both the natural philosophy and the medicine of the educational establishment. These Chemical Philosophers demanded educational reform to accommodate their views in the universities of Europe. The Galenists and the Aristotelians were further placed on the defensive by the insistence of the chemists that the ancient authorities had been heathens while they, in turn, were seeking a union of Christianity with the study of both man and nature. We now know the importance of the work of Copernicus and its implications, but to a scholar living in 1600 the Chemical Philosophy may well have posed a greater threat to tradition. And if this is true I think there is little doubt that we must reconstruct the chemical system of that period and follow the chemical debates to understand the origins of modern science. The study of the establishment of a heliocentric cosmos alone is simply insufficient.

Here we cannot discuss the Paracelsian debates in detail for lack of time.⁵ The views of Paracelsus were not well known during his lifetime due probably to the fact that he had published so little while he was alive. It was not until the 1560s that his disciples began to publish these works — first individually, then in collected volumes, and finally in the ten volume *Opera* of Huser (1589-1591) which has served as the basis for all subsequent editions down to our own century. As early as 1572-74 Thomas Erastus (1524-1583) published a detailed critique of the Paracelsian position in which he attacked the chemical explanation of the Creation,

⁵ DEBS, *Chemical Philosophy*, 1, pp. 127-204.

the three Paracelsian principles, the use of chemically prepared medicines, and the Paracelsian reliance on the macrocosm-microcosm analogy. Rather, he praised the Aristotelian elements and the Galenic humoral explanation of disease. A learned professor of both medicine and theology, Erastus taught at both Heidelberg and Basel. He clearly upheld the primacy of Galen in medicine and Aristotle in natural philosophy. As for chemistry, he considered it at best a subject useful for the preparation of a very limited number of medicines.

In France the debate was at first a practical one centered on the introduction of chemically prepared medicines.⁹ A work praising the value of antimony as a purge in 1564 led to a swift reaction by the Parisian Medical Faculty whose members proscribed the internal use of this mineral in 1566. From there the debate spread to the use of all chemicals in medicine and it took a century before antimony and its compounds were accepted by the Parisian physicians.

The reaction to the use of antimony and the work of Erastus indicate that from the start there were two levels to this debate: the first relating to the competing philosophies and the medical systems of the ancient authorities and the chemists, the second relating to the *materia medica*. Those who sought compromise such as Günter von Andernach held to Galenic physiology, but praised the new chemical medicines (1571).¹⁰ These strands of conflict continued to dominate scientific and medical debates for the next century. In France the defense of chemical medicine by the royal physician, Joseph Duchesne (1603)¹¹ led to an acrid pamphlet war between the chemists and the conservative members of the Medical Faculty. One immediate casualty was Theodore Turquet de Mayerne who had defended Duchesne and for this sin was ostracized by the members of the Faculty. This led to Mayerne's departure for London where he became the First Physician to the King and led the drive for the inclusion of chemicals in the first national pharmacopoeia, the *Pharmacopoeia Londinensis* of 1618.¹² In the course of the following decades the new chemicals — particularly the metallic and mineral compounds — became increasingly popular. The first appointment of a chemical physician to a professorial chair in a European university was Johannes Hartmann at Marburg in 1609, but by the end of the century there were chairs in chemistry in the medical faculties of most European universities.¹³

⁹ *Ibid.*, pp. 145-82. The debate is discussed in considerably more detail in ALLEN G. DENIS, *The French Paracelsians: The Chemical Challenge to Medical and Scientific Tradition in Early Modern France* (Cambridge: Cambridge University Press, 1991).

¹⁰ J. GÜNTHERUS [Günter] VON ANDERNACH, *De medicina veteri et nova tum cognoscenda, tum faciunda commentarij duo* (2 vols., Basel: Henricpetrina, 1571).

¹¹ JOSEPH DUCHESNE [Quercetanus], *Libre de praconon philosophorum verae medicinae materiae, preparacionis modo, atque in curandi morbis, praesentia ...* (1603; I have used the 1615 edition published in Leipzig by Thom. Schürer and Barthol. Voight).

¹² Royal College of Physicians, *Pharmacopoeia Londinensis of 1618 Reproduced in Facsimile with a Historical Introduction by George Urdang* (Madison: University of Wisconsin Press, 1944).

¹³ On Hartmann see BRUCE T. MOROS, *Chemical Pharmacy Enters the University: Johannes Hartmann and the Didactic Care of 'Chymistria' in the Early Seventeenth Century* (Madison: American Institute of the History of Pharmacy, 1991). For a more general overview see ALLEN G. DENIS, 'Chemistry and the Universities of the Seventeenth Century', *Academiae Scandinavicae Classis der Wissenschaften*, 48 (1986), 13-33.

The seventeenth century acceptance of an essentially pharmaceutical chemistry was not the original goal of those Paracelsians who had sought to overturn the total philosophy of the ancients. During the course of the seventeenth century the chemical physiology of the iatrochemists was to become a major medical sect, but the chemical philosophy was never to become the dominant school of natural philosophy. If we are to go beyond pharmaceutical and medical questions we must seek a different locus of debate and here we may turn to the work of Robert Fludd (1574-1637).¹⁴ Although he was a respected court physician and a member of the Royal College of Physicians, Fludd had little interest in practical pharmacy. His concern was with the establishment of a new philosophy based on a proper — and for him a thoroughly Christian and chemical — interpretation of the macrocosm and the microcosm.

Fludd had been convinced of the truth of the mystical Hermetic world view as a student at Oxford in the 1590s and he had decided then to prepare a monumental work on the great and the small worlds. However, little came of these plans for well over twenty years and he first published a short "apology" for the Rosicrucians in 1616. The first volume of his work on the macrocosm appeared the following year. Here he described the Creation as a chemical separation and he described the harmonic arrangement of the heavens. This was a subject of great interest to Johannes Kepler who was then completing his *Harmonices mundi*. Kepler paused to write a short appendix as a reply to Fludd and here as in later works he made the point that Fludd and other Hermeticists forced their data to fit preconceived views on cosmological harmonies. He, on the other hand, revised his theories to correspond to his data. This for Kepler was the true difference between a scientist and an alchemist/hermeticist. Kepler's reply surely did not convince Fludd, and a series of statements and answers were published over the next five years until Kepler finally ceased replying to his adversary. Kepler surely was not a total "modern" as any study of his views on heavenly harmonies will ascertain. However, the Kepler-Fludd exchange is of considerable interest since it deals with the proper role of mathematics in the interpretation of scientific data.

No less interesting is the debate between Fludd and Marin Mersenne. Fludd surely stood in the vanguard of those of the early seventeenth century who sought a replacement for the Aristotelian-Galenic world view. In contrast with others, his answer was a mystical-chemical cosmology based on a mix of the *Corpus Hermeticum*, alchemy, and experimental evidence, and this was understandably anathema to Mersenne and his friends. Fludd believed that the world had been formed by a divine alchemical separation and that chemistry is the true key to both Nature and supernature. For Mersenne this was clearly heretical and in his *La verite des sciences*

¹⁴ Over the past three decades there has developed an extensive literature on Fludd. I have summarized this to the mid-1970s in my *Chemical Philosophy*, I, pp. 205-93 and in my introduction to my edition of Robert Fludd's *Philosophical Key* (New York: Science History Publications, 1979). Jocelyn Godwin has prepared a useful and well illustrated work in his *Robert Fludd: Hermetic philosopher and surveyor of two worlds* (London: Thames and Hudson, 1979) and more recently William H. Hoffman has offered much new biographical information in *Robert Fludd and the end of the Renaissance* (London and New York: Routledge, 1988).

(1625)¹⁵ he dismissed the broad claims of the chemists and argued that mathematics is the key to a new science. Mersenne felt that chemists should confine themselves to making medicines rather than dabbling in heretical interpretations of *Genesis*.

In 1628 Mersenne sent a set of Fludd's publications to his friend, Pierre Gassendi, with the request that he prepare an answer to them. Along with these works he enclosed a copy of William Harvey's recently published *De motu cordis* (1628) describing the circulation of the blood.¹⁶ To Mersenne Harvey's work reflected Fludd's views on the macro-microcosmic circulation of the spirit of life. Gassendi dutifully wrote a rather detailed reply to Fludd in the course of which he rejected both the views of Fludd and Harvey on the cardiovascular system. Fludd then replied to Gassendi noting that Harvey was correct. The Galenic system that Gassendi supported required pores in the intraventricular septum of the heart. Fludd argued that these did not exist and he knew this for a fact since he had witnessed Harvey's attempt to find them on numerous occasions in his dissections. It was thus on observational evidence that Fludd supported Harvey in his own exchange with Gassendi.

There are those who would dismiss Fludd as not being in the mainstream of science. But in their rejection of Fludd's call for a new mystical chemical philosophy, Kepler, Mersenne and Gassendi had discussed subjects central to the establishment of a new science: the role of mathematics in the interpretation of data, the relative merits of mathematics versus chemistry as a key to a new science, and the place of observational and experimental evidence as opposed to tradition. I believe that debates such as these are essential for our understanding of the complex nature of early seventeenth-century science.

If it has been customary for historians of science to concentrate on the steps leading to the establishment of the Copernican system in the seventeenth century, it has also been customary to discuss the search for a new scientific methodology. Here the main figures have always been Francis Bacon and René Descartes. But if their work is integral to the rise of a "new philosophy", we may also turn to the largely neglected chemical tradition and the work of Jean Baptiste van Helmont (1580-1644). Published posthumously in 1648,¹⁷ the collected works of van Helmont seemed to many of his contemporaries to offer an updated chemical philosophy largely devoid of the mystical extremes of earlier Paracelsians. He openly attacked specific views of Paracelsus, among them the concept of a microcosm containing within it all the things of the great world. Still, he admitted that there were enough

¹⁵ Reprinted at Stuttgart/Bad Cannstatt: Friedrich Fromman Verlag, 1969.

¹⁶ On the relation of Fludd to Harvey and the problem of the circulation of the blood see ALLEN G. DESUS, "Robert Fludd and the Circulation of the blood", *Journal of the History of Medicine and Allied Sciences*, 16 (1961), 374-95 and "Harvey and Fludd: The Irrational Factor in the Rational Science of the Seventeenth Century", *Journal of the History of Biology*, 3 (1970), 81-105.

¹⁷ The standard edition of the works is the first edition, the *Ortus medicinae* of 1648 which was reprinted at Brussels by Culture et Civilisation, 1966. I have discussed van Helmont's work in my *Chemical Philosophy*, 2, pp. 295-370. Walter Pagel's life-long interest in van Helmont culminated in his *Jean Baptiste Van Helmont: reformer of science and medicine* (Cambridge: Cambridge University Press, 1982).

similarities between man and nature as a whole to make such comparisons valid. Like the earlier Paracelsians, van Helmont was particularly interested in medicine and for him chemistry was the true basis for the study of both nature and man. He wrote:

I praise my bountiful God, who hath called me into the Art of the fire, out of the dregs of other professions. For truly, Chymistry, hath its principles not gotten by discourses, but those which are known by nature, and evident by the fire: and it prepares the understanding to pierce the secrets of nature, and causeth a further searching out in nature, than all other Sciences being put together...¹⁸

Van Helmont was convinced that fresh observations and laboratory experience were necessary in the training of students. Only in this way would it be possible to "destroy the whole natural Physology of the Antients, and to make new the Doctrines of the Schooles of Natural Physology".¹⁹ To this end van Helmont outlined a seven year program of education in which students would learn first a group of fundamental subjects, and only then be initiated into the wonders of chemistry. Such a student, returning from such a school, would be a marvel since he would be so much above "the Philosophers of the Universities and the vain reasoning of the Schooles".²⁰

It would be incorrect to think that van Helmont believed that Scriptural evidence played no part in establishing scientific truth. Indeed, he relied on the first chapter of *Genesis* for his rejection of the four Aristotelian elements. However, he, no less than his contemporary, Galileo, rejected theology and theological training as appropriate for the sciences. In a debate with the Jesuit, Roberti, regarding the weapon salve cure in 1621, van Helmont wrote that

... Nature ... called not Divines for to be her Interpreters: but desired Physicians only for her Sons; and indeed, such only who being instructed by the Art of the Fire, doe examine the Properties of things ... Certainly we also, who are the only faithful Interpreters of Nature, do by the same helps draw forth the Properties of things from Darkness into Light.²¹

It is no less interesting to note that like Galileo, van Helmont was tried and jailed by the Inquisition for his views.²²

Van Helmont called his program a "nova Philosophia" and for many mid-century reformers this version of the Chemical Philosophy was the true "new philosophy". Walter Charleton (1620-1701) wrote three works in 1650 alone praising the work of the Belgian chemist-physician. And much of Robert Boyle's (1627-1691)

¹⁸ VAN HELMONT, *Ortus medicinae* (1966), p. 463, from the «Pharmacopolum ac dispensatorium modernorum»: sect. 32). I have used the English translation of JOHN GUASTALIZZI, *Ortiatrike or Physick Reformed*... (London: Lodowick Lloyd, 1662), p. 462.

¹⁹ VAN HELMONT, «Promissa authoris», *Ortus medicinae*, p. 6; *Ortiatrike*, p. 1.

²⁰ VAN HELMONT, «Physica Aristotelis et Galeni ignata» (sects. 9-11), *Ortus medicinae*, pp. 49-50; *Ortiatrike*, p. 45.

²¹ VAN HELMONT, «De magnetica» (sect. 8), *Ortus medicinae*, p. 750; *Ortiatrike*, p. 761.

²² The subject of van Helmont's prosecution is currently being investigated by Robert Halleux. I have summarized the earlier literature in my *Chemical Philosophy*, 2, pp. 308-11.

early work reflects that of van Helmont, "I must here confess to you once for all, that ... I have not seen cause to disregard many things he delivers as matters of fact, provided they be rightly understood ...".²⁵ In *The Sceptical Chymist*, first published in 1661 although written in abstracted form nearly a decade earlier, Boyle demolished the Aristotelian elements and criticized the Paracelsian *tria prima* on the basis of analytical evidence he lifted directly from the Helmontian opera. And again, using the work of van Helmont, he carefully considered the evidence that water might be the basic element from which all material things are made. The influence of van Helmont on Boyle, Charleton and many others in the third quarter of the seventeenth century points to a continuing influence and broad appeal of Paracelsian thought during the most crucial period of the Scientific Revolution. We know now that even Isaac Newton read van Helmont with care and took notes on Helmont's concept of an inherent motive power of living things for which he coined the word *Blas*. In his discussion van Helmont considered, and then rejected, the possibility that there might be an equal and opposed reaction to any given action. For van Helmont this was a Galenic position, but it was to become Newton's Third Law of Motion.²⁶

Nor did van Helmont's educational reform plans go unnoticed. A number of mid-century chemists turned to the Chemical Philosophy as a basis for a new educational system based on a proper understanding of the Book of Divine Revelation, Holy Scripture, and the Book of Nature. In 1654 John Webster said that such a program was needed so that future ministers would not be led astray by the heathenish writings of the Greek philosophers.²⁷ He thought that Robert Fludd might be followed for a Christian and an experimental approach to nature, but he literally plagiarized van Helmont's praise of chemistry as a mean of reaching God's truth in his Creation. Webster's call for curricular reform at Oxford and Cambridge Universities was rejected by the Oxford dons, John Wilkins and Seth Ward, who like Mersenne nearly thirty years earlier, sought a more mathematically based investigation of nature. Indeed, Wilkins and Ward argued that the traditional curriculum was far more valid than that of the Chemical Philosophers proposed by John Webster. And when Thomas Hall, a diehard Aristotelian, reviewed the debate, he felt that the position taken by Wilkins and Ward was far more acceptable than that of Webster. In this case we can not speak simply of a debate between ancients and moderns, but rather of a chemical philosopher whose views were opposed to those of both mechanists and Aristotelians.

The work of van Helmont had given a new lease of life to the Chemical Philosophy, but by the 1690s this debate was pictured in terms of ancients versus

²⁵ Robert Boyle, "Usefulness of Experimental philosophy" (Part II, Sect. 1) in *The Works of the Honourable Robert Boyle* (6 vols., London: J. and F. Rivington et al., 1772), 2, p. 149.

²⁶ ALLEN G. DEBUS, "Van Helmont and Newton's Third Law", in *Paracelsus, Work and Wirkung. Festschrift für Kurt Goldammer zum 60. Geburtstag*, edited by Sepp Domandl, Salzburg Beiträge zur Paracelsusforschung, 13 (Vienna: Verband der wissenschaftlichen Gesellschaften Österreichs Verlag, 1975), pp. 45-52.

²⁷ The texts of John Webster, John Wilkins, Seth Ward, and Thomas Hall are reproduced with an introduction by ALLEN G. DEBUS, *Science and Education in the Seventeenth Century. The Webster-Ward Debate* (London: Macdonald; New York: American Elsevier, 1970).

moderns as many texts would present the debate today. But what had happened to the Chemical Philosophy? In some cases we can witness a real conversion of scientists. Between 1650 and 1654 Walter Charleton changed from being a militant Helmontian to being a disciple of Copernicus, Gilbert, Merenne and Descartes.²⁵ And, having read Gassendi, he sought to explain natural phenomena in terms of atoms. Robert Boyle also became converted to this corpuscular philosophy during the 1650s and his later work is characterized less by an adherence to an earlier medically oriented chemistry than it is by an effort to explain natural phenomena in terms of the size, shape and motion of particles.²⁶ His more youthful Helmontian phase is frequently neglected in favor of his later interest in the mechanical philosophy. And only in recent years have Newton's extensive chemical and alchemical texts been examined both in the light of contemporary chemical interests and in their relation to his work on the physics of motion and the aether. R. S. Westfall has noted Newton's union of the Hermetic and the mechanical traditions and B. J. Dobbs is making a thorough investigation of his alchemical manuscripts.²⁷ But these connections with an earlier mystical chemistry were largely forgotten or ignored by the philosophes of the eighteenth century.

It has been customary to picture the late seventeenth century triumph of a mechanical, non-vitalistic, science to the fact that it was a better science than the Aristotelian science it replaced. It is as if there were a Gresham's Law of science in which a better science displaces a lesser science. More recently — with a swing of the intellectual pendulum — it has been suggested that the intrinsic value of the new mathematical physics had little to do with the acceptance of the work of Newton. The extreme example is that of Margaret Jacob who has written that "Historians of science have often presumed that the new mechanical philosophy triumphed in England simply because it offered the most plausible explanation of nature".²⁸ Jacob however, disagrees since she finds the triumph of Newtonianism to be in

its usefulness to the intellectual leaders of the Anglican Church as underpinning for their vision of what they liked to call the 'world politrck'. The ordered, providentially guided, mathematically regulated universe of Newton gave (them) a model for a stable and prosperous polity, ruled by the self-interest of men.

²⁵ NINA RAYNER GILBERT, «The Intellectual Development of Walter Charleton», *Ambix*, 18 (1971), 349-68.

²⁶ I have discussed Boyle's Helmontian phase in *my Chemical Philosophy*, 2, pp. 473-84. See also the important recent study of MICHAEL HUNTER, «Alchemy, magic and moralism in the thought of Robert Boyle», *British Journal of the History of Science*, 23 (1990), 387-410.

²⁷ RICHARD S. WESTFALL, «Newton and the Hermetic Tradition», in Allen G. Debus, ed., *Science, Medicine and Society in the Renaissance: Essays in honor Walter Pagel* (2 vols., New York: Science History Publications, 1972), 2, pp. 183-98 (195). See also Westfall's *Never at Rest: A Biography of Isaac Newton* (Cambridge, London, New York: Cambridge University Press, 1980). On the influence of alchemical thought on Newton see the many papers of Betty Jo Teeter Dobbs, but especially her *The Foundations of Newton's Alchemy or "The Hatching of the Grease Lyon"* (Cambridge, London, New York, Melbourne: Cambridge University Press, 1975).

²⁸ MARGARET C. JACOB, *The Newtonians and the English Revolution 1689-1720* (Ithaca: Cornell University Press, 1976), pp. 16-17.

Surely the new scientific academies in London (1662) and Paris (1665) contributed to the overwhelming acceptance of a mathematically/mechanically interpreted world. Those chosen as members of these new societies formed a new scientific establishment. It was to be expected that they would reject Aristotelians for membership, but Paracelsians fared little better. In the accounts of the earliest meetings leading to the Royal Society of London we are told that their discussions avoided all reference to religion and politics.³⁰ But in England the chemists were generally committed to Puritanical or even non-conformist religious views — views that were favored by the factions opposed to the King and the royalist party. In France, a Roman Catholic country, the Paracelsians and the Helmontians also were for the most part Protestants. When Louis XIV revoked the Edict of Nantes in 1685, many were forced to abjure their religious beliefs or flee the country.³¹

There may seem to be little here that conflicts with familiar interpretations. For some the real issue is the debate between the Aristotelians and the Mechanists while for others the main thread of the development is to be found in the growth of rationality with a corresponding decline of a religious-mystical world view. But whether we concentrate on the decline of the ancient authorities or the so-called irrational thought of the mystics, the result remains a growth of a rational-mechanist world view. However, the story is surely more complex than this. The Chemical Philosophy that we have sketched here presents us with a spectrum ranging from a total macrocosmic-microcosmic universe to the practice of pharmacy.

We have already spoken of the general acceptance of chemically prepared remedies in the course of the seventeenth century with the concurrent establishment of chairs in chemistry in the medical faculties of most European medical schools by the end of that century. At the same time the influence of van Helmont had led to a new interest in a chemical understanding of bodily processes. This new chemical physiology or iatrochemistry strongly influenced many physicians in the late seventeenth and early eighteenth centuries. Franciscus de la Boë Sylvius and Thomas Willis became the leaders of this sect and their collected works continued to be published well into the new century³² while the reviews in periodicals such as the *Journal des Sçavans* attest to the often sharp medical debates between this new brand of chemical physicians and those who sought to establish a mechanistic medicine. In the universities of Europe then, chemistry remained primarily a medical subject.³³

But the development of chemistry as an independent subject may also be

³⁰ The account of John Willis is quoted at length by DOUGLAS MCKIE in "The Origins and the Foundation of the Royal Society of London", *Notes and Records of the Royal Society of London*, 15 (1960), 1-37 (11-13). The original account is to be found in *A Defence of the Royal Society ...* (1678).

³¹ On the religion of the French Paracelsians see my *French Paracelsians, passim*. Some idea of the impact of the Revocation of the Edict of Nantes on French Protestant physicians may be had by noting the appropriate entries in WILLIAM MUNK, *The Roll of the Royal College of Physicians of London ...*, vol. I, 1518 to 1700 (London: Published by the College, 1878).

³² Editions of the work of Willis (Venice, 1720) and Sylvius (Paris, 1771) attest to the interest in their chemically based medicine until well into the eighteenth century.

³³ DEBUS, "Chemistry and the Universities in the Seventeenth Century", note 13.

traced to Paracelsian roots. The phlogiston theory of Georg Ernst Stahl has been normally linked with the work of Johann Joachim Becher and his inflammable earth or *terra pinguis*. And although both Becher and Stahl were medical doctors, they both discussed chemistry primarily in terms of inorganic processes. As a result, the phlogiston chemistry of the mid-eighteenth century was in many ways different from the pharmaceutical and physiological processes taught in the medical schools.²⁴ A new school of vitalistic medicine at Montpellier rejected chemical explanations of physiological processes,²⁵ and as Christoph Meinel has recently shown, there was a gradual decline of medical chemistry in mid-century with the ascendancy of mechanistic medicine.²⁶ As a result, the new phlogiston chemistry developed largely as an inorganic subject. It was this non-medical chemistry that Lavoisier reacted against in the third quarter of the eighteenth century.

Let me make one additional point. I have mentioned earlier that in the seventeenth century there was a rapid decline in interest in the macrocosm-microcosm system with its myriad analogies and sympathetic forces... a system that had been favored by most of the earlier Paracelsians. I have also pointed out that those chemical philosophers who believed in such a world view were excluded from the newly formed scientific academies. However, such exclusion did not mean that they no longer existed. The large volume of alchemical publications printed in all parts of Europe in the late seventeenth and throughout the eighteenth centuries shows that there was a continued fascination with this subject. Nor need we concern ourselves only with obscure figures when we deal with the latter century. Both Hermann Boerhaave and Georg Ernst Stahl devoted much time and effort to their study of transmutation. Here we have the case of two very different figures, both professors of medicine and chemistry, who saw no reason to reject the possibility of transmutation, and who both looked on the alchemical works ascribed to Isaac Hollandus as being of special value.²⁷

One characteristic of late eighteenth century science is the reaction against the long dominant mechanistic world view as seen in the work of Mesmer, Hahnemann, and the *naturphilosophie* of Central Europe. The background to these developments has not yet been worked out in satisfactory detail, but I believe that when it is, we will find that it is linked to the persistent interest in a non-mechanistic chemical world view that continued throughout the century outside of the scientific acade-

²⁴ DEBUS, *Chemical Philosophy*, 2, 458-60. There is a growing interest in the background to the Chemical Revolution of the eighteenth century. Of special interest is FERDINANDO ANGE, *Elementi, Principi e Particelle. Le opere chimiche da Paracelso a Stahl* (Torino: Loescher Editore, 1980) and his shorter paper, «Tradizioni chimiche nel settecento» in *Atti del I° Congresso di Storia della Chimica*, Paola Antonietti and Luigi Cerruti, eds. (Torino: A cura del Centro Stampa Università, 1986), pp. 1-23.

²⁵ ELIZABETH HAYES, *Xavier Bichat and the Medical Theory of the Eighteenth Century*, *Medical History*, Supplement No. 4 (1984). I have discussed the relationship of Montpellier medicine to the older vitalism in my *French Paracelsians*, pp. 198-201.

²⁶ CHRISTOPH MEINEL, «Artibus Academicis Invenenda: Chemistry's Place in Eighteenth and Early Nineteenth Century Universities», *History of Universities*, 7 (1988), 89-115.

²⁷ See my discussion of Herman Boerhaave and Georg Ernst Stahl in *The French Paracelsians*, pp. 189-201.

mies. The enemies of Mesmer accused him of plagiarizing the works of Paracelsus,³⁵ Robert Fludd and van Helmont, while nineteenth century histories of homeopathy linked Hahnemann's work with that of Stahl and van Helmont.³⁶ Studies of *naturphilosophie* show this to be a movement drawing upon concepts from an earlier vitalistic and chemical interpretation of nature. Surely this is true of Schelling while Kant attacked the views of Bacon, Boyle and Newton whose work had led to a mechanistic world picture.

In the course of the past hour I have skimmed rapidly over an enormous subject. I have attempted to show that the traditional interpretation of the Scientific Revolution based on a gradual acceptance of a heliocentric world view from Copernicus to Newton is quite insufficient. I hope to have shown that in addition to the mechanical philosophers there were the chemists who sought to establish their own version of a new philosophy in the sixteenth and seventeenth centuries. In his recent award-winning book, *Revolution in Science*, I. Bernard Cohen commented that little attention has as yet been paid to failed revolutions.³⁷ The proposed revolution of the chemical philosophers would surely be one of these for him. But the chemists clearly were looked upon as rivals and as a real threat to those who looked to a new science based on mathematics rather than chemistry — figures such as Kepler, Mersenne and Gassendi. As we have seen, this debate in the sciences continued through the seventeenth century, and in medicine well into the eighteenth century. I believe that a proper understanding of late eighteenth and early nineteenth century antimechanistic trends in the sciences will best be understood when we have unravelled the complex "underside" of eighteenth century science — that is, the persistent and continuing interest in vitalism, magic and alchemy.

As historians perhaps we should best return to the admonition by Herbert Butterfield that I quoted at the beginning, that the historian "is back in his proper place when he takes us away from simple and absolute judgments and by returning to the historical context entangles everything up again". If we as historians follow Butterfield's lead, we will find that we will have to pay more attention to views that were of real concern in the past, but which no longer form part of our present day science. Part of our task is — and always will be — to work out in detail the technical and internalist development of the sciences. This will always form an essential core of our histories. But such technical material must be set in a larger context that includes the intellectual, religious and social currents of the period we are inte-

³⁵ ALLEN G. DEBUS, «The Paracelsians in eighteenth-century France: A Renaissance Tradition in the Age of the Enlightenment», in *Transformation and Tradition in the Sciences: Essays in Honor of I. Bernard Cohen*, Everett Mendelsohn, ed. (Cambridge, London, New York, New Rochelle, Melbourne, Sydney: Cambridge University Press, 1984), pp. 195-214 (206-208). I plan to make this the subject of a full scale study.

³⁶ As an example see A. Gerald Hull, «... A Brief Survey of the Progress and Present State of Homeopathy in Europe» in Rev. THOMAS R. EVEREST, *A Popular View of Homeopathy ... from the Second London Edition* (New York: William Radde, 1842), pp. 179-243.

³⁷ I. BERNARD COHEN, *Revolution in Science* (Cambridge, Massachusetts and London, England, 1985), pp. 31ff.

rested in. If we approach the Scientific Revolution in this way we will be forced to realize that the chemical philosophers are fully as important for our understanding of the debates of the sixteenth and seventeenth centuries as is the development of the study of local motion in that period. In short, I believe that Paracelsus is fully as important for our understanding of sixteenth century science as is Copernicus, and van Helmsont should be studied with as much care as Galileo.

Endowment of Harvard College

The History of Harvard

Harvard's original endowment of 1636 was largely made up of land. The original donors of land for the college were members of the local community. The original donors of money for the college were members of the local community. The original donors of books for the college were members of the local community. The original donors of other things for the college were members of the local community.

Harvard's original endowment of 1636 was largely made up of land. The original donors of land for the college were members of the local community. The original donors of money for the college were members of the local community. The original donors of books for the college were members of the local community. The original donors of other things for the college were members of the local community.

Harvard's original endowment of 1636 was largely made up of land. The original donors of land for the college were members of the local community. The original donors of money for the college were members of the local community. The original donors of books for the college were members of the local community. The original donors of other things for the college were members of the local community.

Harvard's original endowment of 1636 was largely made up of land. The original donors of land for the college were members of the local community. The original donors of money for the college were members of the local community. The original donors of books for the college were members of the local community. The original donors of other things for the college were members of the local community.

Harvard's original endowment of 1636 was largely made up of land. The original donors of land for the college were members of the local community. The original donors of money for the college were members of the local community. The original donors of books for the college were members of the local community. The original donors of other things for the college were members of the local community.

Harvard's original endowment of 1636 was largely made up of land. The original donors of land for the college were members of the local community. The original donors of money for the college were members of the local community. The original donors of books for the college were members of the local community. The original donors of other things for the college were members of the local community.

PAOLA CARUSI (*)

L'alchimia di Bernard Palissy (**)

The alchemy of B. Palissy.

Summary - Bernard Palissy (d. 1590) the great French potter, persecuted as a Protestant, devotee of philosophy and natural sciences, is often thought as one of the leading figures in the scientific revolution of the early modern era: many students of the history and philosophy of science have come to this conclusion after studying his work.

Of his many writings on scientific subjects, there are very few dealings with chemistry even though it must be a fundamental element in the background of one skilled in the art of pottery.

However, a study conducted, at same time, on Palissy's scientific and artistic works (both "written" and "modelled") reveals somewhat surprising aspects of his chemistry. Palissy was well aware of how much he differed from the alchemists of his day, who were already on the way to be coming anachronistic witnesses of an outdated concept of the world. The *rustiques figures* and glazed pottery made by him show that he was a perfect example of the old kind of alchemist: an artist-creator to whom chemistry meant art and wisdom rather than science, creation and depiction of the world rather than scientific knowledge of it.

La compenetrazione strettissima di alchimia e di arte, così presente nella cultura alessandrina e nei primi secoli del medioevo islamico e latino,¹ è destinata ad attenuarsi e a venir meno lentamente fino a scomparire nei secoli che immediatamente precedono l'epoca moderna. Nell'Occidente latino, tra XIII e XIV secolo, prendono forma nel corpo della disciplina alchemica due diramazioni, che si differenzieranno sempre di più nei secoli successivi: la prima, che conserva il nome di

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

(**) Relazione presentata al IV Convegno Nazionale di «Storia e Fondamenti della Chimica» (Venezia, 7-9 novembre 1991).

¹ Le quattro preparazioni "alchemiche" cui è dedicata l'opera *Physikà kai mystikà* dello pseudo-Democrito e a cui fanno riferimento le ricette dei due papiri di Leida e di Saccolina sono oro, argento, pietre preziose sintetiche e porpora; ad esse si devono certamente aggiungere, in epoca antica e nel medioevo islamico, le arti del libro (preparazione degli inchiostri, rilegatura etc.). Questa alchimia "metallurgica", che si occupa di trasformazioni su corpi non vivi, e che sembra essere caratteristica del vicino Oriente antico, predomina, o è la sola coltivata, nel medioevo islamico e nel medioevo latino, nei primi due secoli che seguono la trasmissione dell'alchimia dal mondo arabo.

alchimia, trasferisce gli antichi e ormai piuttosto confusi contenuti di filosofia e di sapienza prevalentemente allo studio dei corpi viventi (nuova alchimia/medicina); l'altra, che non ha più nome, o meglio recupera l'antico nome di arte (o di tecnica), conserva la conoscenza delle operazioni sui corpi non vivi (antica alchimia metallurgica),² e con essa le tradizioni care da millenni agli artisti: prime tra tutte la segretezza, l'attaccamento al corpo del sapere tramandato, ivi comprese le allegorie, l'associazione consapevole o inconsapevole tra artigiano e demiurgo. In un futuro ancora piuttosto lontano, entrambe queste diramazioni, la medica e la metallurgica, porteranno, per vie diverse o parallele, i loro contributi alla nascita della chimica: da un lato la chimica di Paracelso, dall'altro, non meno importanti, la *Pirotechnia* di Biringuccio, e l'*Arte Vetraria* di A. Neri.³ Tra XIV e XV secolo, il progressivo maturare di questa evoluzione si manifesta in primo luogo nell'arte,⁴ più tardi, nel fervore di acquisizioni della prima epoca moderna, l'artista metallurgico è definitivamente chiamato ad avvicinarsi alla scienza. Sollecitato dalle pressioni del suo tempo, e tuttavia consapevole dell'impossibilità di rinunciare alle antichissime tradizioni dell'arte, mentre si annuncia da lontano la dolorosa frattura galileiana tra arte

² In apparenza diverse, perché indirizzate a diversi obiettivi, le due alchimie metallurgica e medica manifestano chiaramente, nel parallelismo delle operazioni e degli istenti, la loro appartenenza ad un unico e probabilmente lontanissimo ceppo: ad esempio, mentre l'alchimia metallurgica si propone di rendere più perfetti e inalterabili corpi inanimati (metalli etc.), l'alchimia medica, che vanta illustri antecedenti in India e in Cina, si propone di rendere inscalfibile, cioè eternamente giovane o immortale, il corpo dell'uomo. La divisione in due distinte diramazioni cui si accenna in questo lavoro può essere considerata, ed è infatti, forse un po' troppo netta. Quello che mi preme qui sottolineare, in realtà, è che nei secoli che immediatamente precedono l'epoca moderna, le antiche tecniche metallurgiche e le arti che utilizzano in gran parte materiali inorganici (pittura, arti del libro) prendono via via sempre più le distanze dall'alchimia loro contemporanea. Ma nella misura in cui l'alchimia compie una evoluzione che in definitiva l'allontana dall'arte, è proprio presso gli esponenti delle arti figurative, che discostano ed amareggiano l'alchimia del loro tempo, che troviamo molti caratteri propri degli artisti alchimisti più antichi.

³ V. BIRINGUCCIO, *De la pirotechnia Libri X...*, Venezia 1540; A. NERI, *L'arte vetraria distinta in libri sette*, Firenze 1612; C. PICCOLPASSO, *I tre libri dell'arte del vasaio*, Bologna 1983 (rist. anast. II ediz. it., Pesaro 1879).

⁴ A partire dalla seconda metà del XIV secolo si assiste (si veda B. OMBI, *Les débuts de l'imaginaire alchimique*, Paris 1982) alla nascita dell'iconografia alchemica: nei quadri, negli affreschi, nelle miniature, gli artisti introducono, talvolta, volentieri, il patrimonio delle loro stesse tradizioni. Opere come il *Paraso* di Andrea Mantegna, o le miniature del manoscritto Biblioteca Apostolica Vaticana Urbinate 899 sono delle eccellenti rappresentazioni 'alchemiche', che l'artista sembra utilizzare in perfetta libertà, indipendentemente dalla richiesta del mecenate e, nel caso delle miniature, dai contenuti del testo in cui sono inserite. Un esempio impressionante di alchimista *maître lui* è, soprattutto nei suoi aspetti demiurgici, anche Leonardo da Vinci, che G. Vasari chiama 'divinissimo artefice' e di cui dice testualmente (ed. S.P.E.S., IV, pp. 18-19): «... volle la natura tanto favorito, che dovunque e' rivolse il pensiero, il cervello e l'animo, mostrò tanta divinità nelle cose sue, che nel dare la perfezione, di prontezza, vivacità, bontade, vaghezza e grazia nessuno altro mai gli fu pari. Vedesi bene che Leonardo per l'intelligenza de l'arte cominciò molte cose, e nessuna mai ne finì, parendogli che la mano aggiungere non potesse alla perfezione dell'arte ne le cose che egli si imaginava, con ciò sia che si fermava nell'idea alcune difficoltà sottili e tanto meravigliose, che con le mani, ancora ch'elle fossero eccellentissime, non si sarebbero espresse mai. E tanti furono i suoi capricci, che filosofando de le cose naturali, attese a intendere la proprietà delle erbe, continuando et osservando il moto del cielo, il corso de la luna e gl'andamenti del sole».

e scienza, e tra ragione e bellezza.⁷ l'artista del XVI secolo vive una vita giocata sul filo dell'ambiguità; riproduce nei suoi scritti e negli atti della sua stessa vita le contraddizioni dell'epoca di cambiamento cui di buon grado o meno è chiamato a partecipare.

La sintesi di ciò che è stato detto fino a questo momento, sulla compenetrazione antica di alchimia e di arte, sulla divisione progressiva dei ceppi, sull'ambiguità del legame non ancora risolto della scienza e dell'arte, mi sembra possa essere rappresentata nel modo più perfetto nell'opera del grande ceramista francese Bernard Palissy (1510-1590);⁸ personaggio universalmente noto, celebrato anche recentemente nel quattrocentesimo anniversario della sua morte, questo studioso è stato sottoposto ad un gran numero di studi specialistici che di lui hanno elaborato una serie di diverse e non sempre interagenti immagini; l'esponente perseguitato della Riforma, l'uomo di scienza dei tempi nuovi, l'artista insuperato della corte degli ultimi Valois, l'esempio paradigmatico della lingua francese in epoca rinascimentale; a questi quattro personaggi (ma potrebbero essere anche di più), che sono tutti e nessuno Bernard Palissy, non si è aggiunto finora il Bernard Palissy conoscitore di alchimia. L'unico lavoro che in qualche modo si muove in questa direzione, un articolo pubblicato su *Ambix* da W. Kirsop⁹ nel 1961, che riconosce alcuni temi alchemici negli scritti di Bernard Palissy, anche se li riconduce ad esercizi di stile letterario, o, al massimo, a una geniale trasposizione della formula alchemica all'arte ceramica, non sembra aver avuto molto seguito tra gli studiosi.

Se si prendono in considerazione la particolare struttura della disciplina alchemica, costituita allo stesso tempo, è bene ricordarlo, dai suoi scritti sapienziali e

⁷ A proposito di questa dolorosa frattura, che non fu avvertita come tale dagli uomini che la vissero e la realizzarono all'epoca della rivoluzione scientifica, e che è invece oggi, dopo quattro secoli di separazione tra i campi, oggetto di meditazione e di scontro per molti contemporanei, può essere interessante citare il parere di uno storico dell'arte. Alla ricerca di qualche punto di confluenza tra la figura dell'artista e quella dello scienziato, G. KUBLER (*La forma del tempo. La storia dell'arte e la storia delle cose*, Torino 1989, p. 18) riconduce non a caso il discorso all'artigiano-artista del Rinascimento, ma, condizionato dai suddetti quattro secoli di storia, conclude il suo discorso all'insegna del più puro dualismo: «Scienza e arte si occupano ambedue di certi bisogni umani che la mente e le mani soddisfanno producendo cose. Arnesi e strumenti, simboli ed espressioni, corrispondono ugualmente a determinati bisogni e devono tutti essere prima progettati e poi eseguiti. Ai suoi albori la scienza sperimentale fu intimamente legata agli studi e alle botteghe del Rinascimento... Oggi appare di nuovo chiaro che l'artista è un artigiano e che egli appartiene a un raggruppamento umano distinto quale homo faber il cui compito è quello di evocare un perpetuo rinnovamento di forme nella materia: ed è proprio sotto questo aspetto di 'artigiano' che artisti e scienziati si avvicinano fra loro più che a qualunque altra persona. Dal punto di vista della nostra inchiesta sul divenire nel mondo delle cose, le differenze tra arte e scienza rimangono comunque irriducibili, quasi quanto le differenze tra sentimento e ragione o tra necessità e libertà». Utili suggerimenti e indicazioni bibliografiche sui rapporti arte-scienza in epoca tardomedievale e rinascimentale si possono trovare in F. HUIZEND, *Rubens and Galileo 1604 nature, art, and poetry*, «Wallraf-Richartz-Jahrbuch» XLIV (1983) pp. 175-196.

⁸ Per una piccola bibliografia delle opere di e su B. Palissy, mi permetto, per motivi di spazio, di rinviare alle note e alla bibliografia di un mio precedente lavoro: P. CARMI, *Il giardino allegorico di Bernard Palissy tra l'«Hypocotomachia Poliphili» attribuita a Francesco Colonna e la «New Atlantis» di Francesco Bacon*, Atti del III Convegno Nazionale di Storia e Fondamenti della Chimica, Arcovacata di Rende (Cosenza) 18-20 settembre 1989, Cosenza 1991, pp. 45-56.

⁹ W. Kirsop, *The legend of Bernard Palissy*, «Ambix» 9 (1961), pp. 136-54.

filosofici e dagli oggetti che produce,⁹ e i diversi e non sempre facilmente individuabili canali cui nel tempo si affida la trasmissione dei suoi concetti, non ci si deve meravigliare che dai numerosi studi di carattere specialistico dedicati all'approfondimento di singoli aspetti della personalità di Bernard Palissy, le componenti alchemiche eventualmente presenti non siano ancora venute alla luce. Il Palissy cui si deve rivolgere lo studioso di alchimia è allo stesso tempo l'uomo di fede, l'uomo di scienza, l'uomo di cultura, e anche, e io direi, soprattutto, l'artista di quell'arte ceramica, in cui scienza, fede e cultura confluiscono e producono i loro frutti.

Nei due dialoghi *Traité des métaux et alchimie* e *Traité de l'or potable* apertamente dedicati all'alchimia e agli alchimisti (*Discours admirables*, Paris 1580),¹⁰ Palissy si dichiara contrario alla disciplina cui nel suo tempo viene dato il nome di alchimia.

Se alchimia è l'arte che si vanta di produrre monete d'oro per arricchire o oro potabile per curare, allora — dice Palissy — non si può stare dalla parte degli alchimisti: l'uomo, infatti, non può fare ciò che solo Dio può fare, e l'oro, appena sottilmente macinato, non può essere assimilato dal corpo umano. È necessario dimostrare l'inconsistenza delle affermazioni pseudo-scientifiche degli alchimisti, svelare i trucchi di bassa lega cui essi ricorrono per ingannare gli ingenui. La sconfessione dell'alchimia, sia medica che metallurgica, che Palissy pone in atto nei dialoghi dedicati all'alchimia, e in altri dialoghi in cui gli alchimisti sono ampiamente citati, sembra dunque totale. Compito dell'uomo di scienza che si interroga, alle soglie della rivoluzione scientifica, sulla trasformazione chimica, non è produrre illusione o vane apparenze, ma conoscere i materiali, effettuare le trasformazioni, comunicare i risultati attenendosi ai fatti.¹¹ Eppure, le conoscenze alchemiche di Bernard Palissy vanno molto al di là di quello che ci si potrebbe aspettare. Anzitutto, non di tutti coloro che si occupano di alchimia — scrive Palissy — si può dare un giudizio negativo:

«Poiché so che molti cercano questa scienza senza pensare con inganno o malafede, ma perché sono convinti che la cosa è possibile, voglio dire, in questo scritto, che non voglio biasimare tre categorie di persone: i signori che vi si dedicano per occupare e ricreare i loro spiriti, senza desiderio di

⁹ P. CARUSI, *I filosofi con le mani sporche, ovvero comunità chimica, società e storia nell'Italia del X-XI secolo*, in «Le Comunità Scientifiche tra storia e sociologia della scienza», a cura di G. Battistelli, E. Gagliano, *Quaderni della Rivista di Storia della Scienza*, n. 2 (1992), pp. 177-188.

¹⁰ Le opere di B. Palissy menzionate in questo lavoro sono state consultate nella seguente edizione: B. PALISSY, *Discours admirables*, in *Oeuvres*, ed. a cura di A. France, Genève 1969 (réimp. éd. de Paris, 1880), pp. 159-461. I due trattati citati si trovano, l'uno dopo l'altro, tra le pp. 231 e 283.

¹¹ Per l'atteggiamento «nuovo» manifestato a proposito dell'acquisizione e della divulgazione della conoscenza scientifica, B. Palissy è stato da molti studiosi avvicinato a Francesco Bacon: ricordiamo a questo proposito i lavori di T.C. Allbutt, di P. Rossi, di B. Farrington. Non solo nell'opera di Bacon sembrano essere presenti riferimenti a Bernard Palissy (lo stesso giardino ideale descritto nella *Recepte véritable* costituisce forse una tappa intermedia tra l'*Hyperotomachia Poliphili* e la *New Atlantis*): sembra anche possibile che, in occasione del suo viaggio a Parigi, Francesco Bacon abbia conosciuto personalmente l'ormai anziano studioso francese e ne abbia riportato una viva impressione.

guadagno illegittimo; tutte le specie di fisici, ai quali è richiesto di conoscere le nature, quelli che hanno il potere e che credono che la cosa sia possibile, e che per niente vorrebbero abusarne».¹¹

In sostanza, dice Palissy, esiste la possibilità di una alchimia che sia praticata senza desiderio di arricchirsi, con purezza di cuore, e in un rigoroso spirito di ricerca; che non manchi di rispetto al Creatore di tutte le cose; che non pretenda di fabbricare cose o di produrre effetti che non è possibile fabbricare e produrre.

L'alchimia, per Palissy, è davvero tutt'altro che una conoscenza superficiale: nel dialogo dedicato all'alchimia, Palissy cita i nomi di coloro che ritiene i più grandi alchimisti (Geber, Arnaldo da Villanova);¹² discute, perfettamente a proposito, della conoscenza del fuoco, punto centrale dell'alchimia in ogni tempo, e dei molti e diversi gradi del fuoco che gli alchimisti devono conoscere, parla dei diversi tipi di operazioni cui gli alchimisti sottopongono i loro materiali, descrive con abbondanza di particolari i truci che essi utilizzano. Ma c'è di più: come ho già avuto modo di osservare in altra sede,¹³ la prima opera di B. Palissy, la *Recepte véritable* (pubblicata a La Rochelle nel 1563), è, a ben guardare, interamente dedicata al sale, che è allo stesso tempo il sale dei fisici e quello degli alchimisti, il sale visibile della scienza nuova e quello invisibile della sapienza di Salomone.

Dopo avere accertato, dalle stesse parole del nostro autore, che a suo parere l'alchimia del suo tempo è cosa vana, ed aver constatato d'altra parte che, mentre nega ogni effetto alle pratiche alchemiche, egli ben conosce ogni termine ed ogni operazione utilizzata dagli illusi o imbroglioni che sta criticando, si potrebbe essere effettivamente tentati di concludere, con Kirsop, che le allusioni alchemiche dei dialoghi dei *Discours admirables* altro non siano che riuscite esercitazioni di stile; avere una buona conoscenza di Bernard Palissy significa anche, però, sapere che in tutta la sua opera non c'è, si badi bene, non c'è una sola parola di troppo, una sola parola che indulga a un qualche vezzo sia pure appena marginale sovrapposto al discorso. Se negli scritti di Bernard Palissy sono presenti così tanti indizi che ci richiamano all'alchimia, è molto probabile che esista veramente, da qualche parte, una alchimia di Bernard Palissy.

La risposta alle nostre domande si può forse trovare in un altro dialogo della raccolta dei *Discours admirables*, dedicato non all'alchimia e agli alchimisti, ma,

¹¹ B. PALISSY, *op. cit.*, p. 252. Nel corso del XVI secolo, il significato della parola *physicien* sembra subire una progressiva evoluzione: utilizzata ancora piuttosto spesso, all'inizio del secolo, per indicare anche il medico, tra la fine del secolo XVI e gli inizi del secolo successivo passa a indicare sempre più lo studioso delle scienze della natura. E a questo secondo e più generale significato che ho dato la preferenza nella mia traduzione.

¹² B. PALISSY, *op. cit.*, pp. 234-235. L'idea di una presunta 'ignoranza' di B. Palissy, basata sulle affermazioni dello stesso autore, è accolta con entusiasmo e sottolineata da diversi studiosi che, considerando B. Palissy uno scienziato moderno, e saltando in lui il personaggio 'palisiano' *ante litteras* che non conosce la natura dai libri, amano vederlo in qualche modo spoglio del bagaglio culturale dell'Intellettuale tardomedievale e rinascimentale. La cultura di B. Palissy sembra invece tutta da rivalutare: nella seconda metà del '500 la sua dichiarata non conoscenza del latino e del greco non sembra essere più un ostacolo insormontabile per l'acquisizione di una cultura, e, nonostante ciò che il nostro autore dice di sé, il numero degli autori da lui citati in modo esplicito e implicito è veramente cospicuo.

¹³ P. CARUSI, *op. cit.*

significativamente, all'arte ceramica. Il dialogo, che si intitola *De l'art de terre, de son utilité, des esmaux et du feu*¹⁴ si svolge, come anche gli altri dialoghi, tra due personaggi, Théorique, che qui supplica di poter conoscere i segreti dell'arte, e Practique (in cui non è difficile riconoscere lo stesso Palissy) che glieli nega.

Già nella fase iniziale, il dialogo presenta a chiare lettere la contrapposizione che si va già da tempo delineando tra scienza e arte. Théorique, pur convinto che non riuscirà nel suo intento, si appella, velandolo appena con allusioni religiose, a quello che a partire dal XV secolo è il criterio fondamentale che permette di giudicare della dignità di una disciplina: la possibilità della disciplina di produrre cose utili per il bene della comunità.¹⁵ «Se vuoi tenere il tuo segreto nascosto — dice Théorique — lo porterai nella tomba e nessuno se ne gioverà, così la tua fine sarà maledetta; poiché è scritto che ognuno distribuisca agli altri secondo ciò che ha ricevuto dai doni di Dio. Così io posso concludere che se tu non mi mostri ciò che sai dell'arte suddetta, tu abusi dei doni di Dio».

La risposta di Practique è illuminante:

«Non è della mia arte, né dei suoi segreti, come è di molte altre. Io so bene che un buon rimedio contro una peste o un'altra malattia perniciosissima, non deve essere celato. I segreti dell'agricoltura non devono essere celati. Gli azzardi e i pericoli delle navigazioni non devono essere celati. La parola di Dio non deve essere celata. Le scienze che servono comunemente a tutto lo stato non devono essere celate. Ma della mia arte di terra e di molte altre arti non è così».

Il segreto è assolutamente necessario all'arte ceramica, continua Practique: troppe arti e invenzioni, per essere state divulgate, sono diventate comuni tra gli uomini e sono cadute nel disprezzo. Toccato nel cuore della sua attività, il celebrato uomo dei tempi nuovi si scopre a criticare non solo la meccanizzazione di varie arti, come quella del vetro, e dei bottoni di smalto, e l'utilizzazione di stampi che permettono di produrre molte copie dell'opera di uno scultore, ma anche l'arte della stampa, invenzione di un tedesco di nome Albert, che, come è noto, ha danneggiato molti pittori e ritrattisti sapienti. Posto di fronte alla necessità della conservazione del segreto, primo requisito essenziale per l'artista dell'arte di terra, Théorique si affretta a promettere che non divulgherà ciò che l'altro vorrà rivelargli. Ma ecco che Practique, che pure — dice — vorrebbe favorirlo come se fosse suo figlio (viene in mente tutta una serie di trattati alchemico/tecnici arabi e latini in cui il rapporto tra maestro e allievo è rappresentato significativamente da un 'figlio mio' che figura nell'*incipit*), oppone altre due condizioni indispensabili perché si

¹⁴ B. PALISSY, op. cit. 7, pp. 372-394.

¹⁵ B. PALISSY, op. cit. 7, p. 373. LEONARDO DA VINCI, *Fogli B d'Anatomia*, f. 31 v: «Ma della discorso umano stoltissimo è da essere reputato quello il quale s'istende alla credulità della negromanzia, sorella della archimia, partoritrice delle cose semplici naturali; ma è tanto più degna di repressione che l'archimia, quanto ella non partorisce alcuna cosa se non simile a sé, cioè bagie, il che non interviene nella archimia, la quale è ministratrice dei semplici prodotti della natura, el quale ufficio fatto essere non può da essa natura, perché in lei non è strumenti organici, colli quali essa possa operare quel che adopra l'uomo mediante le mani, che in tale ufficio ha fatto e veri etc.» (cit. tratta da L. REZI, *Le arti chimiche di Leonardo da Vinci*, «La Chimica e l'Industria», XXXIV (1952), pp. 1-36).

possa accedere all'arte: l'esperienza, che sola può produrre la capacità di esercitarla, e la disponibilità a dedicare ad essa i propri beni. Inutilmente Théorique spera di sfuggire alla dolorosa fase dell'apprendistato, illudendosi che il suo compagno gli metta per iscritto

«[...] tutti i mezzi per ovviare alle perdite ed ai rischi del fuoco, e anche i materiali di cui di cui tu fai gli smalti, e la dose, misure e composizione di essi».

Dopo aver ricordato i due beni che aveva al tempo in cui cominciò ad imparare l'arte, conoscenze che sono il complemento indispensabile dell'arte ceramica: l'arte della pittura, necessaria alla decorazione, e l'arte vetraria, necessaria alla realizzazione delle coperture, Practique si appresta a narrare come si dedicò ad apprendere, in un lungo e difficile apprendistato solitario, l'arte ceramica.

«Così cercando quest'arte, ho imparato a fare l'alchimia con i denti, cosa che a te darebbe molto fastidio fare».

La narrazione autobiografica di Practique, che è uno dei brani più famosi dell'opera di Palissy e ritenuti più caratterizzanti per la sua biografia,¹⁶ ricostruisce punto per punto nella sua struttura l'itinerario circolare che nell'alchimia-arte dell'epoca classica si muove tra la contemplazione pura ed inconsapevole della bellezza, propria dell'arte, e la consapevolezza razionale delle cause di questa bellezza, propria della scienza. Punto di partenza, è la contemplazione dell'oggetto: «[...] una coppa di terra — dice Practique —, tornita e smaltata di una tale bellezza, che da allora entrai in disputa con il mio stesso pensiero [...]».¹⁷ Nella ricerca degli smalti ceramici, in particolare dello smalto bianco, quello smalto candido che, gioverà forse ricordarlo, era stato molti secoli prima al centro delle ricerche degli alchimisti/ceramisti iracheni (imitazione della porcellana cinese),¹⁸ si

¹⁶ Nell'immagine dell'artista che, desideroso di aumentare il calore dei suoi fuochi, brucia perfino i mobili e le assi del pavimento del suo studio (B. PALISSY, op. cit.°, p. 383), è riconoscibile il ben noto *topos* dell'alchimista che, nel suo desiderio di realizzare la Grande Opera, si fa povero e abietto. Gli studiosi che considerano Bernard Palissy prevalentemente, o soltanto, sotto l'aspetto dello scienziato moderno, tendono a ignorare o comunque a sottovalutare questo passo e i numerosi altri passi che fanno pensare a una correlazione tra Palissy e il mondo degli alchimisti. Questa valutazione sembra essere in qualche modo da rivedere: considerare l'alchimia di B. Palissy un puro e semplice artificio letterario sarebbe possibile e anche doveroso solo se Palissy non affermasse, anche nella sua stessa vita e nelle sue opere modellate, oltre che nelle sue opere scritte, la sua appartenenza all'ambiente e di idee e di manualità caratteristico degli alchimisti-artisti antichi e medioevali. Equilibrate considerazioni sulla personalità religiosa ed 'alchemica' di B. Palissy sono espone da J. CHARD in *Relire Bernard Palissy*, «Revue de l'Art», 78 (1987), pp. 77-83.

¹⁷ Molte ipotesi sono state fatte dagli studiosi sulla provenienza di questa coppa. M.L. LEGGO, in *Morts et dévotions de Bernard Palissy*, «Revue de l'Art» 78 (1987), pp. 26-32, sottolinea con disappunto quello che ai suoi occhi (ma non ai miei) sembra essere un ulteriore incomprensibile mistero del ceramista illustre: «Fait-il, comme on l'a fait, épiloguer sur cette coupe et se demander si elle venait de Faenza, d'Allemagne ou de Saint-Porchaire? Ou bien fait-il voir là un épisode symbolique, une sorte de Grail dont l'apparition mystérieuse déclenche la quête, marquée par une longue suite d'épreuves? Il est permis, en tout cas, de commencer à se demander si la Recette et les Discours ne seraient pas plus gênants qu'utiles pour l'histoire de la céramique en France au XVI^e siècle».

¹⁸ Tra le testimonianze che documentano l'interesse degli artisti di Baghdad per la porcellana

manifesta il lungo e difficile cammino di conoscenza di cui che fa apprendistato. Dietro la bellezza dell'oggetto si rivela a poco a poco l'ampio patrimonio delle conoscenze non artistiche, ma scientifiche, necessarie alla costruzione della bellezza: la conoscenza delle miniere, l'estrazione e la purificazione dei minerali, la preparazione degli smalti, la conoscenza delle loro trasformazioni fisiche e chimiche alle diverse temperature (importanti per il colore), dei loro diversi punti di fusione (importanti perché si abbiano o non si abbiano fusioni contemporanee alla stessa temperatura) etc. etc. Contemplare, conoscere, tornare alla contemplazione dopo aver conosciuto: tutto questo è chimica, o meglio alchimia, l'alchimia più antica, quella dei vetrai di Alessandria e di Aleppo, da cui nessuno, dopo averli visti a lungo sperimentare nei loro laboratori, si sarebbe mai aspettato di ottenere ricette veritiere o anche solo chiaramente esposte. La conclusione di *Practique*, alla fine del suo lungo intervento, è perentoria e definitiva:

«Gli smalti di cui ho bisogno sono fatti di stagno, di piombo, di ferro, d'acciaio, di antimonio, di zaffara, di rame, di sabbia, di salicornia, di cenere ottenuta dalla feccia del vino, di litargio e di pietra perigordina.¹⁹ Ecco i materiali dai quali faccio i miei smalti».

Non una dose, non una ricetta: il segreto della scienza, la sua quantificazione, si nasconde nell'oggetto dell'arte, e nell'uomo, solo nell'uomo, che lo può fabbricare. Scovolto dal muro di silenzio che gli si alza di fronte, Théorique lancia al suo torturatore l'ingiuria suprema, quella che gli costerà sicuramente e per sempre l'esclusione dall'arte:

«[...] tu stimi tanto un'arte meccanica, di cui si può facilmente fare a meno».

La risposta di *Practique* è severa:

«Ecco una osservazione dalla quale posso ora conoscere che tu non sei degno di ascoltare nulla del segreto di questa arte: e poiché tu la chiami arte meccanica, non ne saprai più niente per mezzo mio. Si sa bene che in questa arte ci sono alcune parti meccaniche, come battere la terra [...] ma il governo

cinese, tra X e XI secolo, possiamo ricordare quella autorevolissima di al-BIRUNI (m. 1048), che nel suo *Kitāb al-jam'ih fi al-'urf al-jam'ih*, (ed. F. Krenkow, Hyderabad 1936, pp. 225-227) dedica a questo argomento un chiaro e documentato paragrafo. La presenza di artisti cinesi a Bagdad, già a partire dall'VIII secolo (conseguenza della battaglia del Talas), è ricordata in J. NEEDHAM, *Contributions of China, India and the hellenistic-syrian world to arabic alchemy*, in «*PIPIEMATA*, Festschrift für Willy Hartner», Wiesbaden 1977, pp. 247-267.

¹⁹ Nell'ordine, a partire da 'zaffara', e con esclusione di 'rame' e di 'sabbia': ossido di cobalto (III); genere di piante della famiglia Chenopodiacee, ricche di soda, utilizzate in epoca medioevale per la fabbricazione di vetri e saponi; residuo della combustione del tartaro delle botti; ossido di piombo (II); ossido di manganese (IV) (pirolanite). A. FELIBEN, *Des principes de l'architecture, de la sculpture, de la peinture, et des autres arts qui en dépendent. Avec un dictionnaire des Termes propres à chacun de ces Arts*, Paris 1676: «Manganese, Megareuse, c'est une pierre qui est ainsi nommée à cause qu'elle ressemble beaucoup à l'aimant, tant par sa couleur, que par sa pesanteur; les vertus s'en servent pour purger leurs matières et y donner une couleur rougeâtre. L'on s'en sert dans les Emaux, et lorsqu'elle est mêlée avec le Saffre, elle fait une couleur de pourpre. Cette pierre s'apporte d'Allemagne. La meslière vien de Piedmont. Il y en a aussi du costé de Viterbe. Les Ouvriers la connoissent mieux icy sous le nom de Perigoux, à cause de celle qu'on apporte de Perigors».

del fuoco non deve essere paragonato alle arti meccaniche [...] bisogna governare il fuoco con una filosofia così accurata che non si sia spesso delusi dopo aver ben lavorato [...] le misure del compasso non possono essere chiamate meccaniche, per il fatto che sono molto comuni, o perché sono poveri i loro operatori; [...] le arti per le quali si richiedono compassi, righe, numeri, pesi e misure non devono essere chiamate meccaniche».

La filosofia del fuoco, l'armonia matematica delle proporzioni, sublimi strumenti di controllo e di comprensione della natura (ricordiamo che la filosofia che sostiene l'intera costruzione della disciplina alchemica è una filosofia platonico-pitagorica²⁰ che legge il mondo come armonia e bellezza generate dai numeri), sono praticate e comprese da umili operatori, e applicate a vasi di terra; alla vecchia tradizione occidentale delle arti meccaniche, la tradizione di Isidoro di Siviglia e di Ugo da S. Vittore,²¹ si contrappone ancora una volta la dignità di quella scienza "totale" della natura che è l'alchimia introdotta da musulmani. Affermata l'utilità dell'arte di terra, utilità che si manifesta non nella divulgazione della disciplina, ma nella possibilità di fruizione degli oggetti²² (e in questo senso l'arte di terra è madre

²⁰ La filosofia greca (in particolare quella di Platone e di alcuni presocratici, come Pitagora ed Empedocle), elaborata e trasmessa nei primi secoli A.D. da stoici, platonici, neoplatonici e neopitagorici, sembra esercitare sui contenuti teorici dell'alchimia arabo-islamica e della successiva alchimia latina una influenza a dir poco determinante. Nell'alchimia islamica un ruolo di primo piano è tradizionalmente attribuito alla scuola di Balīnās (identificato già nel 1799 da Sylvestre de Sacy con Apollonio di Tiana, filosofo neopitagorico, I secolo A.D.); a Pitagora, attraverso Platone, si richiama forse la nota "teoria delle bilance" di Jābir ibn Hayyān. Si veda a questo proposito: C.A. WILSON, *Jābirian numbers, pythagorean numbers and Plato's Timaeus*, «Arabic» 35 (1988) pp. 1-13.

²¹ Alcuni interessanti studi sulle arti meccaniche nel medioevo latino sono raccolti nel volume *Les arts mécaniques au Moyen Age*, «Cahiers d'études médiévales» VII, Montréal-Paris 1982; tra questi (pp. 131-146) è presente un contributo di C. GAGNON intitolato *Alchimie, techniques et technologie*. La tesi esposta da Gagnon considera l'alchimia latina come l'esempio, destinato a scompa-rire, di un maledetto tentativo di «conclure une théorie et une pratique qui, historiquement, n'étaient pas nées l'une pour l'autre» (cit. da G. Beaujourn), e conclude: «L'alchimie peut nous apparaître finalement comme un hétérotypie montrant en négatif la tentative de l'homme de sciences de toujours se réapproprier le savoir de l'homme d'atelier [...] L'alchimie médiévale demeure, dans nos archives, à seul fin de nous montrer [...] le labyrinthe de la déraison scientifique». Come è possibile vedere anche dalle considerazioni esposte in questo lavoro, una tale interpretazione non mi convince: per quanto mi risulta dalle mie ricerche sulla storia dell'alchimia arabo-islamica, la struttura della disciplina alchemica, pure in apparenza composita e talvolta difficile da organizzare in un complesso sufficientemente ordinato, sembra avere le caratteristiche di una profonda unità e armonia, che provengono non dall'esterno, ma dall'interno, cioè dalla stessa autovalutazione, ingenua o colta, dell'artista; si presenta come un tutto perfettamente organizzato e interage, in cui scienza e arte, conoscenza razionale e contemplazione, realtà e apparenza, o se si vuole, illusione, sono legate in modo tanto stretto che anche solo pensare di valutare indipendentemente i diversi aspetti è impossibile. Quando, tra XVI e XVII secolo, al tempo della rivoluzione scientifica, con lo svilupparsi delle nuove scienze e il morire della visione del mondo che le è congenita, l'alchimia è inevitabilmente destinata a disgregarsi e a scompa-rire come disciplina, i suoi contenuti teorici e pratici continuano tranquillamente il loro cammino: quelli teorici restano a lungo ben vivi nella coscienza di molti, nella scienza e nell'arte almeno fino alla metà o alla fine del XVIII secolo; quelli pratici, legati alle tecniche delle varie arti del fuoco, non mi sembrano ancora a tutt'oggi caduti nel dimenticatoio.

²² La fruizione degli oggetti prodotti da una disciplina, che già in epoca medioevale è considerata fatto nobilitante e talvolta indispensabile (si vedano, tra i riferimenti possibili, Vincenzo di

di molte altre arti, e protettrice degli uomini), Practique conclude la sua requisitoria. In chiusura, due ulteriori e decisive testimonianze: i richiami espliciti all'antichità di questa arte (il richiamo all'Egitto, e all'esistenza di Piramidi di terracotta costruite per tramandare memorie e salvarle dal fuoco è, mi sembra, un interessante adattamento, qui realizzato a beneficio dell'arte ceramica, della leggenda islamica del primo Hermes e della conservazione delle scienze antediluviane)²³ e alla sua dimensione sacra.²⁴

Il segreto, l'esperienza personale, la dedizione, la contemplazione e la trasfigurazione della materia, la filosofia del fuoco e del numero, l'antichità, il carattere sacro: sembra chiaro da tutto questo che l'alchimia di Bernard Palissy si nasconde nell'arte. Un esame dell'opera modellata (soggetti rappresentati e composizione chimica del supporto ceramico), sembra confermare punto per punto quanto dichiarato nei testi.

1) Bernard Palissy è un uomo che, come egli stesso afferma, lavora da solo. Nei numerosi anni dedicati all'esercizio della sua arte non scrive, a beneficio del suo prossimo, una sola ricetta,²⁵ non crea una scuola, e anche la collaborazione con

Bestvais, cit. in S. LESIGNON, *op. cit.*²³, pp. 44-45, e LEONARDO DA VINCI, *cit.*²⁴, è, nel medioevo islamico, al centro della polemica che divide per secoli alchimisti e non-alchimisti sulla valutazione dell'alchimia: mentre i non alchimisti, che utilizzano il prodotto finito (dove con tale espressione è considerato anche il godimento estetico che risulta dalla contemplazione di un'opera d'arte), considerano in genere l'alchimia niente più che una tecnica artigianale, sia pure di livello elevato, gli alchimisti, che sono attenti all'opera nel suo divenire, e attribuiscono il controllo delle trasformazioni della materia ad una profonda conoscenza filosofica della natura, (si veda anche P. CARUS, *op. cit.*²⁵) considerano l'alchimia una scienza di carattere speculativo e la trasmutazione una operazione demurgica.

²³ P. CARUS, *La tradizione 'araba' di Ermete Trismegisto e i contenuti delle scienze alchemiche*, Atti del I «Convegno (Nazionale) di Storia della Chimica», Torino 7-8 febbraio 1985, Torino 1985, pp. 32-38.

²⁴ Il carattere sacro attribuito in epoca premoderna alla ceramica e alle altre arti del fuoco (e in sostanza all'alchimia metallurgica) sembra essere legato da un lato alla materia, dall'altro alla forma degli oggetti prodotti: alla materia perché è una materia che l'artista perfeziona e nobilita con un procedimento parallelo a quello seguito dalla natura; alla forma, perché, con la rappresentazione di corpi, e in particolare di immagini di esseri viventi, l'artista si pone nella dimensione divina del demurgo (*dator formarum*). L'idea della creazione del primo uomo a partire da fango plasmato è presente in tradizioni diverse: nella Fucide del II secolo A. D. (PAUSANIA, *Gr. Dicit.* X, 4, 4); Prometeo, donatore del fuoco, è fatto oggetto di culto come vaso plasmato dall'uomo; nell'ambito della tradizione religiosa semitica, si veda ad esempio Coe. LV, 14 (cfr. H. A. BAUMANN, Firenze 1989. Il ediz.): «Creò l'uomo da fango seccato come argilla per vasi».

²⁵ Del segreto mantenuto da B. Palissy sulla composizione dei suoi smalti si sono curiosamente meravigliati, oltre che lamentati, diversi studiosi, che, pur esperti di ceramiche e del mondo dell'arte, non sembrano riconoscere, in questo silenzio, uno dei tratti più caratteristici delle contrattorie degli artisti (e degli alchimisti) antichi e medioevali. Il passo dedicato al segreto di B. Palissy da A. BRIGNONARI, *op. cit.*²⁶, è quasi un grido di dolore: «Si Palissy eût fait connaître ses observations sur les argiles, les terres, les sels et les eaux, sur la fabrication des poteries et des émaux; [...] s'il eût rapporté avec des détails techniques la suite des tentatives faites pour avoir les beaux émaux qu'il est parvenu à mettre sur sa faïence; qu'il nous eût fait connaître les difficultés qu'il a dû éprouver pour faire tenir sur une pâte, presque exempte de chaux et très-fortement cuite, de semblables émaux sans qu'ils écailent; qu'il eût décrit la composition de chacun de ses émaux, la forme de ses fours, etc., comme il eût alors fait autrement que ses

i due figli Nicolas e Mathurin non presenta, nella continuità e nella produzione, le caratteristiche proprie di un sia pur piccolo gruppo di collaboratori. L'isolamento sembra essere confermato dai dati di laboratorio: l'analisi chimica degli smalti ceramici delle opere di Palissy rivela una composizione piuttosto diversa da quella di varie altre ceramiche del suo tempo e dei tempi precedenti, in Francia e non in Francia.²⁶

2) La ceramica di Bernard Palissy si muove intorno ai due soggetti più legati da tempi immemorabili all'alchimia arte/scienza: la rappresentazione/narrazione del mito e la rappresentazione/imitazione della natura; nell'imitazione della natura, gli animali preferiti sono i rettili e gli animali acquatici (serpenti, locerzole, rane, pesci, scorpioni e conchiglie) che la tradizione alchemica utilizza da secoli per alludere al più grande mistero contenuto nella Grande Opera: il sale.²⁷

3) Le opere a soggetto naturalistico manifestano innegabili aspetti demiurgici. Nella *Recepte véritable* Palissy si vanta di riuscire a ingannare, con i suoi animali di terracotta, gli animali vivi che si imbattono in essi;²⁸ nei lavori ceramici, l'imitazione della natura è spinta a tal punto che gli animali rappresentati sono nella maggior parte dei casi realizzati come calchi di corpi veri.²⁹ Connotazione demiurgica, e conferma delle informazioni contenute nell'opera scritta, è anche l'assenza, documentata dagli storici dell'arte, di pezzi imperfetti.³⁰ Delle opere tradizionalmente

contemporanei, come il *cûr devancé* son s'écrit par cette sagesse et avancé l'art de la faïence par sa communication, Bernard Palissy eût été un grand homme et un homme utile. Mais, ainsi qu'il se fust dit à lui-même par la bouche de Théophraste: "Il a porté son secret dans la fosse, et nul ne l'en eût ressenti".

²⁶ In A. BUCHENIARI, *Traité des arts céramiques ou des poteries considérées dans leur histoire, leur pratique et leur théorie*, t. II, Paris 1854 (II ediz.), si possono trovare, oltre a molte interessanti considerazioni sulle ceramiche italiana e francese di epoca tardomedievale e rinascimentale, le analisi chimiche percentuali degli smalti delle ceramiche di B. Palissy, eseguite da A. Salvétat, chimico della Manufacture Impériale de Porcelaine de Sevres: silice 67,50, allumina 28,51, calcare 1,52, ossido di ferro 2,05, ac. carbon. (e perdita in peso) 0,42. Poste a confronto con i dati di altre dieci paste ceramiche precedenti o contemporanee, queste analisi mostrano il più alto contenuto di silice e di allumina (Lucca della Robbia: rispettivamente 49,65 e 15,50); il più basso di calcare e di ferro (Lucca della Robbia, per la calcè: 22,44); il più basso valore per ciò che concerne la perdita in peso, e, dato unico tra tutti, nessuna traccia di magnesio.

²⁷ In B. PALISSY, *op. cit.*, p. 317, sono enumerate le doti del sale, tra le quali alcune dichiaratamente legate all'alchimia e all'arte: «[...] entretiens l'amitié entre le male et la femelle [...] aide à la voix de toutes choses animées, voire à toutes espèces de métaux et instruments de musique». Per le diverse possibili "letture" del sale nella *Recepte véritable* si veda: P. CARUSO, *op. cit.*

²⁸ B. PALISSY, *op. cit.*, p. 84.

²⁹ Le tecniche utilizzate da B. Palissy nella realizzazione delle sue opere modellate e la probabile non-esistenza inteso al maestro di una vera e propria scuola, sono trattate in vari lavori. Tra quelli ricordiamo *Bernard Palissy et son école* (Collection Edouard de Rothschild) *Vie de Bernard Palissy par Germain de Rothschild. L'art de Palissy et catalogue par Serge Gaudier* (ass. Mus. du Louvre), *Préface de Pierre Verlet* (Conserv. en chef du dépôt. des objets d'Art des Musées Nationaux), Paris 1952; *Palissy, Présentation par J. Nicolle, Choix de textes, Bibliographie, Illustrations*, Paris 1966.

³⁰ A. BUCHENIARI, *op. cit.*, t. II, capitolo dedicato a B. Palissy: «On trouve rarement des pièces défectueuses, et il dit lui-même qu'il brisait tout ce qui se présentait d'imparfait à son dévouement». Il passo cui allude l'autore si trova nel dialogo *L'Art de terre*, *op. cit.*, p. 386, e si riferisce a uno dei tanti innocenti cui Palissy dichiara di essere andato incontro nel suo lungo

giante a noi sotto il nome di B. Palissy è stato oggi dimostrato che non più di dieci o dodici pezzi sono realmente usciti dalle sue mani³¹ nell'atelier di B. Palissy sono distrutte tutte le opere che non sono ritenute all'altezza della perfezione che si vuole rappresentare.

Le numerose evidenze che avevamo individuato nei testi prendono nella ceramica un corpo che non è più fatto di parole: nei colori degli smalti generati dai fuochi, nella geometria delle forme, nell'equilibrio delle composizioni, posti in opera da un artigiano al servizio, e ad imitazione, dell'armonia divina della natura,³² è presente quell'intreccio di arte, scienza e sapienza non ancora divise, che fu nucleo certo e tangibile dell'alchimia metallurgica più antica: tutto questo è, a mio parere, l'alchimia di Bernard Palissy.

e durissimo appenduto: «[...] et combien que la besogne fust par ce moyen perdue, toutesfoiz aucune en vouloit acheter à vil prix: mais parce que ce eut esté un descrement et rabaisement de mon honneur, je mis en pièces entièrement le total de ladite foarite [...]». Per la relazione tra perfezione dell'opera d'arte e aspetti demagogici nella sua realizzazione, si vedano anche le note 4 e 32.

³¹ Tra XVIII e XIX secolo, con il crescere della fama di Bernard Palissy, e anche per l'assenza di validi criteri di autenticità, si assisté, nei cataloghi e nelle varie opere a stampa, a una stupefacente moltiplicazione delle opere modellate attribuite a Bernard Palissy. Recenti studi basati su tecniche di termofluorescenza (L. N. AMICO, *Les céramiques rustiques authentiques de Bernard Palissy*, «Revue de l'Art» 78 (1987), pp. 61-76) hanno dimostrato che, di circa sessanta ceramiche rustiche attribuite a Bernard Palissy solo dieci pezzi sarebbero stati effettivamente prodotti nell'atelier di Palissy e dei suoi figli, mentre gli altri (più di cinquanta) devono essere attribuiti a imitatori e a falsari, dalla fine del XVI secolo al XIX secolo. L'articolo di L.N. Amico accolta, nella parte conclusiva, lo studio delle ceramiche del XVI secolo allo stadio dei bronzi dello stesso periodo: sottolineando, ma ce n'è ancora bisogno?, il profondo parallelismo che accomuna tra loro, al di là delle differenze dei materiali usati, le diverse arti del fuoco. Gli scavi effettuati a partire dal marzo 1984 nella Cour Napoléon del Palazzo del Louvre hanno portato alla luce i resti di un atelier e molti oggetti e strumenti di lavoro che potrebbero essere appartenenti a B. Palissy e ai suoi figli. Questo atelier, attivo forse già nel 1567 (data in cui è documentata la presenza di Bernard Palissy alle Tuileries), sarebbe stato abbandonato tra il 1584 e il 1590, molto tempo dopo che il maestro aveva smesso di lavorare, in occasione di un ampliamento del palazzo reale realizzato al tempo di Enrico IV.

³² Mi sembra importante, a conclusione di questo lavoro, ricordare «Il capitolo delle vasi antiche», che RICHARD D'ALEZIO nella sua opera *La composizione del mondo* (1282) (ed. a cura di E. Narducci, Roma 1859) dedica ai vasi etruschi. L'autore, che non è un ceramista, ma, non a caso, un cosmologo, descrive le pitture dei vasi etruschi come una vera e propria nuova creazione della natura realizzata nell'umile materiale ceramico: «Nelle quali vasi furono disegnate e scolpite tutte le generazioni delle piante, e delle foglie e dell'i fiori, e tutte le generazioni dell'i animali che si possono pensare, in ogni atto mirabile, e perfettamente sì, che passarono dinanzi all'operazione della natura [...] E di queste vasi mi vennero a mano quasi mezza una scodella: nella quale erano scolpiti sì naturalmente e sottili cose, che li conoscitori, quando le vedevano, per lo grandissimo diletto ratieno (sic), e vociferavano al alti, e dicevano di sì, e diventavano quasi stupidi, e li non conoscitori la volevano spezzare e gittare. E quando alcuno di questi pezzi veniva a mano a scoltori o a disegnatori, o ad altri conoscenti, terreni in modo di cose sanzaire, meravigliandosi che l'umana natura potesse montare tanto alto in sottilità, e l'artefice e la forma di quelle vasi, e li colori e l'altro scoltamento; e sclicno che quelli artefici furono divini, e quelle vasi discesono dal cielo, non potendo sapere come quelle vasi furono fatte, né la forma, né lo colore né l'altro artificio».

LUCIANA BONA QUAGLIA (*) - SERGIO TIRA (**)

Guglielmo di Dia e Felice V antipapa: riflessioni sull'oro potabile (***)

Summary - Text and translation of the treatise *De auro potabili*, written by Guilielmus de Dia for antipope Felix V (Amedeus VIII Duke of Savoy), with historical notes on the personages and the presence of the potable gold in the Pharmacopoeias appeared for the Salsaluan possessions and in today Italian Pharmacopoeias.

IL TRATTATO *DE AURO POTABILI* DI GUYLIELMUS DE DIA.

È posseduto dalla Biblioteca Universitaria di Bologna un ms. cartaceo del XV secolo, già appartenuto alla Collezione dei conti Caprara ed ora inventariato col nr.104, il quale contiene una miscellanea di scritti latini attinenti all'alchimia, in particolare trattati sulla pietra filosofale, sull'oro potabile e altri argomenti interessanti la filosofia di questa scienza — di autori (o attribuiti ad autori) che vanno dal XII secolo ai contemporanei — accompagnati da ricettari; vi sono presenti anche due 'pezzi' con ambizioni letterarie, cioè un breve componimento in esametri latini (*Ad Lunam faciendam de Venere per metrum scribitur*: c. 264r, ll. 11-36) ed un'ampia canzone in lingua italiana dal titolo *Castilena Danielis de Iustinopoli supra lapidem philosophorum*, di ben 249 versi divisi in diciotto strofe (la penultima in latino), che occupa le cc. 262r-265r, l. 9.

Alle cc. 243r-253v sono contenuti gli scritti di Guglielmo (Fabri) di Dia, medico dell'antipapa Felice V (duca Amedeo VIII di Savoia: per i dati storici dei personaggi vd. *infra*), che, interrogato un giorno — come narra egli stesso — dal suo paziente sulle sue capacità di curarlo, sull'abilità dei medici italiani e dei transalpini, su alcuni aspetti dell'arte alchimistica e sulla sua conciliabilità con la dottrina della Chiesa, prese le difese dell'arte, e in séguito — esortato dallo stesso Felice V — trasse dal colloquio lo spunto per comporre un'ampia dissertazione in

(*) Dipartimento di Filologia, Linguistica e Tradizione classica, Università di Torino.

(**) Istituto di Chimica Organica, Università di Torino.

(***) Relazione presentata al IV Convegno Nazionale di «Storia e Fondamenti della Chimica» (Venezia, 7-9 novembre 1991).

difesa dell'alchimia, condotta soprattutto sotto il profilo filosofico, e secondo i principi della filosofia aristotelica (cc. 245r-250v del ms. bolognese), e due trattati, l'uno sull'efficacia dell'oro potabile (cc. 250v-252r), l'altro sulle «due parole» Yxer e Talchem (cc. 252r-253v). Il primo a segnalare la presenza di queste opere fu G. Carbonelli, che ne diede in italiano dei riassunti, in parte parafrasi o traduzione fedele del testo latino, in parte estremamente compendiosi, talvolta con sviste o fraintendimenti, e con omissione dei passaggi che non interessavano allo studioso [1]. Ad una traduzione francese del ms., condotta sul ms. stesso già nel 1476, fa riferimento un recente studio di Maria José di Savoia, la quale, soffermandosi sulla parte introduttiva (colloquio di Guglielmo con Felice V), si rifà a questa traduzione per riportare una parte del colloquio [2]. Manca invece un'edizione, o almeno una trascrizione, del testo latino dell'opera di Guglielmo.

Io mi limiterò qui a presentare il solo trattato sulle virtù dell'oro potabile, dandone il testo latino, accompagnato da una traduzione italiana.

Preciso che nella trascrizione del testo ms. ho mantenuto le particolarità grafico-fonetiche dell'originale: sempre *e* per *ae* del latino classico (ad es. *equalis* per *aqualis*, ed *e* per *ae* del gen. e dat. sing. e nom. plur. della prima declin.: *vite humane* per *vitae humanae*, *que per quae*, *ille per illar* ecc.); oscillazione *-i/-ci-* in posizione antevocalica (*observatione/preciositate*); presenza della consonante epentetica *p* all'interno del gruppo *mn* (*perempne* per *peremne*, *sompnus* per *somnus*) e grafia *epilepsia* per *epilepsia*; raddoppiamento di consonanti in *oculus* e nel verbo *accuere*; presenza o mancanza di *h* (*humores*, *humanus/armonia*) ecc. Ho invece distinto secondo l'uso moderno *u* vocalica da *v* consonantica. Ed ho naturalmente sciolto tutte le abbreviazioni.

Non potendo in questa sede corredare il testo di un vero e proprio apparato critico, ogni volta che sono intervenuta sul testo per correggere evidenti sviste del copista ho indicato fra parentesi quadre la lezione del codice; e così pure fra quadre ho indicato le principali correzioni fatte dal copista stesso nel corso della scrittura. Ho tralasciato invece di segnalare gli interventi sul ms. di una seconda mano, che ha aggiunto correzioni, normalizzazioni (ad es. *perenne* scritto sopra *perempne*; *h* premessa in alto alla parola *armonia*), vistosi segni di interpunzione, più volte il segno della *paragraphus* a suggerire suddivisioni del testo per andata a capo, e che ha spesso evidenziato con note a margine sia il succedersi degli argomenti trattati sia le citazioni degli studiosi alla cui *ancientitas* fa appello il de Dya.

Per quanto riguarda le differenze di questo latino umanistico dal classico, notiamo, nell'ambito della morfologia, la generalizzazione della desinenza *-i* anziché *-e* per l'abl. sing. dei comparativi (*vis ... microcosmo minori*). Sotto l'aspetto sintattico: riduzione dell'uso dell'accusativo con l'infinito a favore delle strutture con *quod* (*dicit quod ...*; *sit certus quod ...*) avendo *quod* questa funzione — nella quale è sempre scritto abbreviato — ed essendo inoltre pronomine relativo, la funzione causale è invece svolta da *quia*: la lingua trova cioè un equilibrio nell'attribuzione delle diverse funzioni ai due termini; nelle interrogative indirette, oscillazione nell'uso del congiuntivo o dell'indicativo; tra le particelle coordinanti, assoluta prevalenza di *et*: a *que* (due casi), *ac* (due casi) e *atque* (un caso) si ricorre per eufonia o per necessità di chiarezza (*laubus humiditatibus superficialis, videlicet unctiosa et inflamata ac aquosa seu flemmatica*: *ac* distingue qui

il primo gruppo (binembre, coordinato all'interno con *et*) dal secondo (pure binembre, con *sed*) evitando ogni ambiguità; riduzione dell'ablativo assoluto (due soli casi, uno a conclusione di periodo, per evidenziare un giudizio severo: *omni ratione silente*; l'altro come normale formula di passaggio, con nesso relativo, da una sezione all'altra: *quibus omnibus contemplatis*); da notare l'uso assoluto, come in italiano, del gerundio nella formula di passaggio *veniendo igitur ad propositum*.

Il discorso di Guglielmo (che nell'introduzione generale era aperto in modo autobiografico, col ricordo del colloquio con Felice V efficacemente riportato in forma diretta) è formalmente ben strutturato, e lo stile — ad analizzarlo con attenzione — si rivela accurato, non privo di accorgimenti retorici, che conferiscono alla prosa un suo ritmo argomentativo, senza però prevaricare né disturbare. Si veda ad es., nel capoverso introduttivo, il perfetto parallelismo, con rima finale dei due membri, in *nisi primum ... positiva descriptione, et secundum ... rationabile demonstratione*. E si noti l'accuratezza dell'argomentazione da *Veniendo igitur ... a ... sacra funes*, argomentazione tutta condotta sul rapporto di causalità fra le *proprietates* naturali dell'oro e l'efficacia delle sue *operationes*, ed espressa quindi logicamente con il modulo «poiché ... di conseguenza ...», che risulta efficace proprio per la sua ripetitività, ma che potrebbe anche riuscire fastidioso al lettore: la difficoltà è risolta a livello formale con la variazione di disposizione fra reggente e dipendente causale (troviamo cioè il tipo *et ideo ... quia ...* e, più frequente, il tipo *quia/et quia ... ideo ...*, anche con eliminazione di *ideo*: *et quia est subtilis substantie, habet vim ...*), talvolta con ampliamento in una nuova principale (*et quia luminosum ... destruit ... et sic accit ... et quia est ... ideo destruit ... et sic confert ...*), e intervallando a volte alla struttura ipotattica una struttura parattica (*suo temperamento temperat et sic ... reducit ...*; variazione, si noti, qui giustificata dal fatto che già s'era detto poco prima: *quia ... est ... temperatum ideo habet vim temperandi*). Qua e là il tono si alza: nei momenti autobiografici, ad esempio, dove il linguaggio è più emotivo (*et novi, dum agitare me fortune sors per orbem*), e nella vivace personificazione ed ipotiposi del morbo che alla vista dell'oro «non ardisce neppure di posare il piede ... ma fugge con un balzo, come le tenebre di fronte alla luce»; anche la solita citazione — con interpretazione distorta — di Virgilio, *Eneide* 3, 57, ha questa funzione, di concludere con un innalzamento di tono una parte dell'argomentazione. Un po' oscuro, e comunque sintatticamente meno agile, è il testo ad inizio dell'ultimo capoverso (*Infinita ... dotavisti*), dove si deve forse supporre qualche errore di copiatura da parte dell'*amanuense*. Dall'analisi dello stile possiamo insomma concludere che Guglielmo corrispose bene alle aspettative di Felice V che, esortandolo a scrivere, gli aveva detto: *Bono stillo loqueris, et meliori, puto, scribes* («Parli bene e, penso, ancor meglio scriverai»), c. 245v, l. 30 sg.

— Mi sono soffermata su questi caratteri formali del trattato *de auro potabili* perché mi pare non inutile tener presente quale sia — all'interno della storia della chimica o della medicina o di qualsiasi altra scienza — lo strumento linguistico mediante il quale, nelle singole tappe dell'evoluzione della scienza, si comunica il messaggio scientifico. Quanto al valore del messaggio, già è stato rilevato dagli studiosi che si sono occupati dell'opera di Guglielmo come questi (in un momento in cui, sia pur timidamente, qualcosa cominciava a cambiare in senso 'moderno' nella scienza medica) sia legato a un concetto vecchio e ascientifico della medicina:

i suoi *auctores* non vanno oltre il XIII secolo; la sua difesa dell'oro potabile è condotta sulla falsariga delle dottrine peripatetiche, ed è basata sul principio che l'oro, elemento perfetto perché «temperato» (contiene in pari proporzioni il caldo e il freddo, il secco e l'umido), opera il suo benefico influsso sul corpo umano esaltando quanto in esso v'è di simile a lui e combattendo e distruggendo quanto vi è di contrario; la perfezione dell'oro stesso è dovuta a un particolare influsso del Sole e di tutte le stelle, che hanno fatto di lui il «sole terrestre». Orbene, queste argomentazioni, basate sul principio di autorità, sulla dottrina dei simili e dei contrari, sul parallelismo Sole celeste/sole terrestre, trovano nelle continue citazioni d'autori e nella sintassi volutamente ripetitiva e condotta per opposizioni e parallelismi il mezzo d'espressione adeguato.

Ma vi sono punti in cui il discorso si fa elusivo, spia di un'incapacità a dimostrare concretamente la veridicità delle affermazioni: già quando cita gli autori che decantano le qualità positive dell'oro potabile, Guglielmo tende a trincerarsi dietro affermazioni generiche (esse sono tante e tali che diventerebbe tedioso elencarle tutte...); e quando dice di aver voluto egli stesso sperimentare le benefiche doti dell'oro (perché «al medico tocca sperimentare, piuttosto che argomentare teoricamente»), e ci aspettiamo che porti la prova dei suoi esperimenti, si limita a concludere: «Foro opera nel corpo umano cose di tal genere che se le scrivessi si crederrebbero impossibili».

C'è inoltre un fatto che — intuiamo — angustia l'autore, perché contraddice le sue affermazioni: quest'oro, che è perfettissimo, è detto da Avicenna superiore all'argento ma inferiore al giacinto (una gemma, simile all'ametista). Il perché non ci vien detto, ma il discorso torna due volte sull'argomento, ed entrambe le volte una particella avverbiale è spia del disagio: nella parte iniziale, dove è scritto «*audicatur tamen eius virtus inter iacintum et argentum, infra iacintum tamen et supra argentum*», il *tamen*, così pesantemente ripetuto, suggerisce l'imbarazzo e il dispiacimento che l'oro, «nonostante tutto, ... tuttavia» sia superato da un altro elemento; e più avanti, in «*sed eius virtutem Avicenna arbitratur esse debiliorem virtute iacinti*...», il *sed* chiude malinconicamente l'elenco esaltante delle virtù positive dell'oro.

De auro potabili, ad quid valet

De auro potabili est fama grandis et [et è aggiunto nell'interlinea, sopra il *de* successivo] de victoria eius contra universos morbos. Et ideo non obmittam quin aliquid dicam de eo. Attento maxime quod in principio fuit facta de eo aliqua mentio. Et novi, dum agitaret me fortune sors per orbem, quod forma auri potabilis non placuit medicis quibusdam invidis, sed illud detestati sunt voluntarie, omni ratione silente. Movitque me tam fama ipsa quam conditio illorum ut inquirerem que natura diversitatum esset prior, an fama an contradictio. Et cogitavi ad hoc non posse perveniri nisi primum viderem quid de eo et eius proprietatibus invenitur in libris positiva descriptione, et secundum inquirerem utrum ille proprietates sic positive auro attribute ei insint rationabili demonstratione.

Quantum ad primum, Avicenna, qui fuit Peripateticus, in secundo *Canon*

tractatu secundo *De auro* dicit quod ipsum est natura temperatum et equale, et quod limatura eius ingreditur medicinas alopitiae, melancholie, lepre, morpheae, serpiginis, et confert dolori cordis et illius tremori ac malicie anime et ei qui solus loquitur, et confortat oculum in alcohol positum, et ore retentum fetorem deponit oris, et cauterium ex eo factum non putrescit neque corrumpitur. Et in hanc sententiam fere universus chorus medicorum de simplicibus medicinis tractantium concurrunt, quorum scripta sepius reppetere tedium et forte fastidium afferret legentibus. Dicunt preterea quod habet vim temperandi depurandi et exterminandi superfluos humores, caput ab humiditate relevandi et cordis fumositatem a melancholia liberandi et a corruptis humoribus et lepra preservandi, mentem accendi et epilepsiam a principio curandi. Iudicatur tamen eius virtus inter iacintum et argentum, infra iacintum tamen et supra argentum, ut dicit Avicenna in *De viribus cordis*. Item Arnaldus de Villa nova suo tractatu *De vitis seu elixiris* dicit quod solvit urinam denegatam. Archelaus magnus Troianus persuadebat regine Troie quod aurum esset thesaurum hominis, vite humane substantatio, universos curans languores, si illius aqua biberetur nec crederetur emulis medicis super hoc se opponentibus, quod id propter alterum duorum facerent: ne lucra sua perderent, aut quia illius magisterium ignorarent. Raymondu in fine *Practice* testatur dicens quod aqua auri propinata suo modo conservat corpus ab omni egritudine, etiam quantumcumque antiqua, nec est necesse medico illud scienti visitare obrobrium [*prima scripto obroprum, pot correctio*] urinarum, nec sentire fetorem stercoreum, neque tangere pulsum, sed solum suam prebere medicinam etiam sine cuiuscumque observatione dietae: et sit certus cum Dei adductorio quod infra tres dies erit infirmus curatus aut valde rectificatus. Plura possem scribere de positivis auri virtutibus, sed timeo verborum superfluitatem. Et si positioni tantorum virorum non credamus poterimus venire ad secundam partem sciencialiter ratiocinantem [rationantem *cod.*].

Unde autem insint auro tales et tante virtutes Avicenna tractatu suo *De viribus cordis*, capitulo *De auro* dicit quod operatur a proprietate. Suo capitulo *De iacincto* eodem tractatu dicit quod talis proprietas non est suis componentibus attribuenda, sed manans eo modo quo dicitur de magnete, quam Petrus de Ebano suo tractatu *De venenis* dicit fluere a tota specie quam medici specificam formam appellant et super qua vario modo ratiocinantur. Et aliqui eorum dicunt talem virtutem esse dotem celestem que influit unicuique mixto secundum exigentiam maioris vel minoris proportionis componentium elementorum ab influentibus stellis fixis que species inferiorum mixtorum respiciunt. Et Avicenna vult quod talis virtus specialiter veniat rebus post primam complexionem elementorum. Sed quia tales proportionem ignoramus nec plus de eis scire possumus, redducimus nos ad experimentum, cum magis conferat medico de talibus experiri quam ratiocinari. Sed ego imaginor ad talium virtutum inquisitionem quosdam lumine naturali multum adiuvari. Et causa solacii et me exercitandi volo experiri ad quid potero pervenire.

Medici ponunt res naturales, non naturales et contra naturam in corpore humano. Naturales, ut elementa, complexionem, commixtionem, humores, membra, virtutes, operationem et spiritum. Non naturales, ut aerem, cibum, potum, exercitium, quietem, repletionem, inanitionem, sompnum et vigiliam, et accidentia anime. Contra naturam, ut egritudinem, causam egritudinis et significationem. Et Avicenna in secundo *Canone* posuit in medicinis simplicibus complexionem, virtutem et opera-

tionem. Et re vera medicine simplices sunt ex elementis ex quarum unione resultant complexiones et humiditates quedam loco humorum, et aliquid loco membrorum, ut in plantis radices, stipites, folia et huiusmodi. Et sic res iste [istas *cod.*] naturales, non naturales et contra naturam poterunt inveniri in quolibet mixto largo modo.

Veniendo igitur ad propositum: aurum sicut et cetera res ex elementis est, sed quia elementa concurrunt ad illius compositionem equaliter saltem in virtutibus, ideo medici dicunt illud esse natura temperatum et equale in compositione, quia dicit Rasis suo libro *Rationum* quod in auro sunt 10 proportiones caliditatis et 10 frigiditatis et 10 humiditatis et 10 siccitatis. Et ideo est perempte et incorruptibile, quia tantum potest caliditas in calefaciendo sicut frigiditas in frigidando: et ita dico de humiditate et siccitate. Quia igitur est in compositione temperatum ideo habet vim temperandi. Et quia materia illius fuit summe depurata duabus humiditatibus superfluis, videlicet unctiosa et inflamata ac aquosa seu flemmatica evaporabili, ut dicit Albertus in 4^o *De mineralibus*, ideo habet vim summe depurandi humores superfluos et confortandi suum simile, videlicet humidam radicalem, cum in eo sola humiditas que est radicalis remaneat. Et quia est inter omnia metalla summe fixum, et fixio repugnat vaporacioni et effugacioni, ideo destruit vaporaciones a corde et inferioribus partibus sursum ascendentes. Et sic confert regioni naturalium et vitalium. Et quia est subtilis substantie, habet vim subtiliandi et exterminandi superfluos humores. Et quia incorruptibile ut dixi supra, destruit humores corruptos, lepram, caneros. Et quia luminosum, destruit humores et fumos melancholicos et tenebrosos in quibus potentie primi sensitivi impediuntur: et sic accuit intellectum. Sed eius virtutem Avicenna arbitratur esse debiliorem virtute iacini, et ideo dicit quod eius virtus est supra argentum et infra iacintum.

Quantum ad res non naturales, suo lumine illustrat acrem regionis vitalium virtutum, cibaria digerit, quietem ministrat tempore sompni. Et super omnia letificat. Ideo dicit leber sua *Summa perfectionis* quod est medicina letificans et iuventutem conservans.

Quantum ad res contra naturam, suo temperamento temperat et sic omnem excessum reducit ad equalitatem, quo curantur egritudines. Et quia est summe sanum inter metalla, ut dicit Rasis, omnes morbos expellit. Arguit igitur in auro bonitas substantie bonitatem virtutis, et magnitudo virtutis magnitudinem operationis. Hoc etiam eius partes essenciales ut materia et forma attestantur. Meruit enim nobilis materia summe depurata nobilem et altissimam et, ut ita loquat, divinisimam formam. Et liceat stare dictis Platonis, qui voluit secundum merita materie inflari formas: quod Albertus verificat in *Natura mineralium*, libro 3^o *De mineralibus*. Materia enim quanto natura sublimior et subtilior tanto nobilioris forme susceptibilior, ut dicitur in libro *De universitate et uno*. Habet enim aurum suam materiam adeo depuratum ut nullo igne et nullo accuto etiam igne valido vexatum maculetur, quod nulli ex aliis metallis accidit. Ideo ex parte passionum materialium summe depurat. Et quia ex parte cause efficientis est summe digestum, summe digerit. Et ideo est senium et seniorum medicina parata, ut dicit Arnaldus de Villa nova in sua opella *De retardanda senectute*. Et quia habet formam divinisimam, operatur ultra vires cuiuscumque rei celeritate et exit in operationes incredibiles et divinas perfactas: et ideo dicebat Virgilius: «Quid non mortalia pectora cogis auri sacra fames».

Quibus omnibus contemplatis descendì ad experimenta et vidi aurum operari in corpore humano talia que si scriberem crederentur impossibilia. Et quia vidi concurrere illius virtutem theorie precogitate, feci etiam aphorismum [*scritto prima aphorismum, poi corretto*] talem. Sicut Sol celestis est sui luminis communicativus radiorumque suorum ubique expansivus et diffusivus, sic et terrestris sol, scilicet aurum. Et quod Sol celestis operatur in armonia celesti et toto macrocosmo [*la a è scritta sopra un'altra lettera — probabilmente il copista stava scrivendo microcosmo e s'è corretto —, e al di sopra della linea è ripetuta un'altra a: un'altra mano è intervenuta, accostando a questa a, senza però cancellarla, una il*], idem operatur terrestris in corpore in armonia terrestri et microcosmo minori, scilicet in homine.

Infinita alia dici possent de eo tamquam de summo omnium elementorum preciosiori quod universarum rerum preciosissimum tanta preciositate et dignitate dotavit ut rex celi et eius radii sic influerent in eo cum aliis stellis tam fixis quam erraticis tot et tantarum virtutum amplitudinem ut nullus morbus quantumcumque malignus in eius adventu solo illius visu vix ille pedem figere presumat, sed a facie eius territus fugiendo exilit sicut tenebre a facie luminis. Pro quo multum ipsius auri creator Deus glorificandus est atque magnificandus. Cui tamquam universitatis entium principi prestantiori et preciosiori tribuamus laudes et porrigamus continuo preces nostras ut nos sospites conservet et in nobis universos morbos mentis et corporis annulet [*dopo corporis il copista aveva scritto le parole secundum quod potest, poi cancellate con un tratto di penna*]. Amen.

Efficacia dell'oro potabile

Loro potabile e la sua capacità di vincere tutte le malattie godono di grande fama. Perciò non trasalcerò di parlarne: mi ci provo soprattutto perché in principio se n'è fatta menzione [*il riferimento è al punto del colloquio con Felice V in cui il discorso cade sull'oro: «Successive post multos circuitus devenit ad aurum potabile et ad artem transmutatoriam (Poi, dopo molti giri di parole, egli giunse a parlare dell'oro potabile e dell'arte transmutatoria)», c. 243v, l. 18-19*]. Mentre le vicende della sorte mi facevan vagare per il mondo appresi che la forma dell'oro potabile non piacque a certi medici invidiosi: ché anzi volutamente lo respinsero, mettendo del tutto a tacere la ragione. E sia appunto la fama dell'oro sia la condizione di costoso mi spinsero a ricercare quale fosse la natura prima delle divergenze, se la fama o la contraddizione: e meditando mi convinsi che non si sarebbe potuto giungere ad una soluzione se in primo luogo non avessi visto che cosa si trova scritto nei libri con descrizione positiva a proposito dell'oro e delle sue proprietà, e, in secondo luogo, non avessi esaminato se quelle proprietà così positive attribuite all'oro si trovino in esso in modo tale da poterne dare una spiegazione conforme a ragione.

Quanto al primo punto, Avicenna, che seguì la filosofia peripatetica, nel secondo *Canon*, trattato secondo *De auro*, dice che esso è per natura temperato ed uguale, e che la sua limatura entra nelle medicine contro l'alopecia, l'atrabile, la morfea, la serpigine, e giova al dolore del cuore e alle sue palpitazioni, alla difficoltà del respiro e a chi parla da solo; esso inoltre, posto in alcool, rinforza la vista,

trattenuto in bocca elimina l'altro cattivo; e se è usato per cauterizzare, la ferita non imputridisce né si corrompe. E a questo giudizio giunge concorde si può dir tutto il coro dei medici che trattano delle medicine semplici: a tal punto che richiamarne troppo spesso gli scritti arrecherebbe tedio e forse molestia a chi legge. Dicono inoltre che ha potere di moderare, depurare e scacciare gli umori superflui, di alleggerire il capo dall'umidità e liberare dall'atrabile la fumosità del cuoco, e di preservare dagli umori corrotti e dalla lebbra, di acuire l'intelligenza e curare fin dall'inizio l'epilessia. Tuttavia la sua virtù vien giudicata in posizione intermedia tra quella del giacinto e quella dell'argento: al di sotto, nonostante tutto, del giacinto e al di sopra dell'argento, come dice Avicenna nel *De virtibus cordis*. A sua volta Arnaldo di Villanova nel suo trattato *De venis seu elixiris* dice che risolve l'anuria. Il grande troiano Archelao induceva la regina di Troia a credere che l'oro era il tesoro dell'uomo, il sostentamento della vita umana, capace di curare tutti i mali solo che se ne bevessero l'acqua, senza prestar fede ai medici rivali che su questo argomento si opponevano: lo facevano infatti per uno di questi due motivi, o per non perdere i propri guadagni o perché ignoravano il suo insegnamento. Raimondo (Lullo), al termine della *Practica*, dà la propria testimonianza col dire che l'acqua dell'oro propinata nel modo insegnato da lui preserva il corpo da ogni malattia, per quanto cronica essa sia, e che per un medico che lo sappia non è necessario fare il ripugnante esame delle urine, né sentire il puzzo degli escrementi, né tastare il polso: ma dovrà soltanto somministrare la sua medicina, addirittura senza far osservare alcuna dieta. E sta certo, con l'aiuto di Dio, che nel giro di tre giorni l'infermo sarà guarito o molto migliorato. Molto più ancora potrei scrivere delle virtù positive dell'oro, ma temo di far discorsi superflui. Che se poi non crediamo alle affermazioni di uomini così importanti, allora sarà il caso di passare alla seconda parte, che procede con un'argomentazione scientifica.

Quanto all'origine di tali e così grandi virtù presenti nell'oro, Avicenna nel suo trattato *De virtibus cordis*, nel capitolo *De auro*, dice che esso è efficace per la sua propria natura. Nel suo capitolo *De iacinto*, nel medesimo trattato, dice che tale proprietà naturale non è da attribuire ai suoi componenti, bensì emana in modo identico a quel che si dice del magnete, del quale Pietro da Ebano nel suo trattato *De venenis* dice che la sua efficacia fluisce da tutta la specie, quella che i medici chiamano forma specifica e sulla quale argomentano in vario modo. Alcuni di loro dicono che tale virtù è una dote celeste che penetra in ciascun composto a seconda che richiede la maggiore o minor proporzione degli elementi che lo compongono, per influsso delle stelle fisse che guardano la specie dei composti inferiori. Ed Avicenna sostiene che tale virtù specialmente viene alle cose dopo la prima congiunzione degli elementi. Ma poiché noi ignoriamo queste proporzioni e non possiamo saperne di più, ci rivoliamo alla sperimentazione, dal momento che su tali cose s'addice meglio al medico sperimentare piuttosto che argomentare teoricamente. Ma io immagino che per esaminare tali virtù molto aiuto possa venire da quel che possiamo chiamare il nostro lume naturale. Perciò, per mia consolazione e per esercitarmi, voglio provare a che cosa potrò arrivare.

I medici dicono che nel corpo umano ci sono cose naturali, non naturali e contro natura. Naturali, come gli elementi, le congiunzioni, le commistioni, gli umori, le membra, le virtù, le operazioni e gli spiriti. Non naturali, come l'aria, il

cibo, la bevanda, l'esercizio, la quiete, lo riempimento, l'inanizione, il sonno e la veglia, e gli accidenti che riguardano il soffio vitale. Contro natura, come la malattia, la causa della malattia e i sintomi. Ed Avicenna, nel secondo *Canon*, pose tra le medicine semplici la congiunzione, la virtù e l'operazione. E in realtà le medicose semplici sono costituite da elementi, dall'unione dei quali risultano complessioni: certe umidità al posto degli umori, e qualcosa al posto delle membra: ad es., nelle piante, radici rami foglie, e così via. E così queste cose naturali, non naturali e contro natura si potranno trovare in qualsiasi composto in larga misura.

Per venir dunque a quanto ci siamo proposto: l'oro, come anche tutte le altre cose, è formato di elementi, ma poiché alla sua composizione gli elementi concorrono in misura eguale, per lo meno nelle loro virtù, i medici dicono che esso è per natura temperato ed uguale nella composizione, poiché Rasis nel suo *Liber rationum* dice che nell'oro vi sono proporzionalmente 10 parti di caldo e 10 di freddo, e 10 di umido e 10 di secco. Per questo appunto è perenne e incorruttibile, perché tanto può il caldo per riscaldare quanto il freddo per raffreddare; e lo stesso dico dell'umido e del secco. Poiché dunque è temperato nella sua composizione, ha di conseguenza capacità di temperare; e poiché la sua materia fu massimamente depurata delle due umidità superflue — intendo quella untuosa ed infiammata e quella accosa o flemmatica evaporabile —, come dice Alberto (Magno) nel 4° *De mineralibus*, di conseguenza ha la capacità di depurare al massimo gli umori superflui e rinforzare ciò che gli è simile, cioè l'umido radicale, dal momento che in esso rimane soltanto l'umidità radicale. E poiché fra tutti i metalli è quello massimamente fisso, e la fisione è contraria alla tendenza ad evaporare e fuggire, per questo motivo distrugge le evaporazioni che salgono verso l'alto dal cuore e dalle parti inferiori. E in questo modo giova alla regione delle forze naturali e vitali. E poiché è di sostanza sottile, ha la capacità di assottigliare e sterminare gli umori superflui. E poiché è incorruttibile, come dissi sopra, distrugge gli umori corrotti, la lebbra, i cancheri. E poiché è luminoso, distrugge gli umori ed i fumi atrabiliari e tenebrosi, nei quali trovano ostacolo le potenze del primo sensitivo: e quindi acuisce l'intelletto. Ma Avicenna giudica che la sua virtù sia più debole di quella del giacinto, e perciò dice che la sua virtù è al di sopra dell'argento e al di sotto del giacinto.

Quanto alle cose non naturali, con la sua luce illumina l'aria della regione delle virtù vitali, fa digerire il cibo, procura la quiete nel tempo del sonno, e soprattutto letifica. Per questo Geber dice nella sua *Summa perfectionis* che è una medicina che lenifica e mantiene la giovinezza.

Quanto alle cose contro natura, con l'esser temperato tempera, e così riduce ad eguaglianza ogni eccesso: che è appunto il modo in cui si curano le malattie. E poiché è massimamente sano fra i metalli, come dice Rasis, scaccia tutte le malattie.

E dunque nell'oro la bontà della sostanza è chiara prova della bontà della virtù, e la grandezza della virtù è chiara prova della grandezza dell'operazione. Lo attestano anche le sue parti essenziali, cioè la materia e la forma. Infatti la sua nobile materia, massimamente depurata, si meritò una forma nobile ed altissima e, per così dire, divinissima. E ci sia concesso attenerci a quanto dice Platone, il quale affermò che le forme vengono date alla materia secondo i suoi meriti: cosa che Alberto prova nella *Natura mineralium*, nel libro 3° *De mineralibus*. La materia,

infatti, quanto più è sublime e sottile per natura tanto più è suscettibile di una forma più nobile, come è detto nel libro *De universitate et uno*. L'oro infatti ha la propria materia talmente depurata che non viene macchiato da nessun fuoco che lo travagli, neppur da un fuoco penetrante e forte, cosa che non accade a nessuno degli altri metalli. Perciò, dalla parte dei patimenti materiali, depura sommamente. E poiché, dalla parte della causa efficiente, è massimamente ben distribuito massimamente distribuisce e fa digerire, ed è perciò la medicina adatta ai vecchi e agli anziani, come dice Arnaldo di Villanova nella sua operetta *De retardanda senectute*. E poiché ha forma divinissima, opera celermente al di là delle forze di qualsiasi cosa, e riesce in operazioni incredibili e fatte quasi divine: perciò appunto Virgilio diceva: «*Quid non mortalia pectora cogis auri sacra fames*».

Considerate tutte queste cose mi rivolsi agli esperimenti, e vidi che l'oro opera nel corpo umano cose di tal genere che se le scrivessi si crederebbero impossibili. E poiché vidi la sua virtù accordarsi con la teoria che avevo prima costruito nella mia mente, feci anche un aforismo di questo tipo: come il Sole celeste comunica la sua luce ed espande e diffonde i suoi raggi, così anche il sole terrestre, cioè l'oro. E ciò che il Sole celeste opera nell'armonia celeste e in tutto il macrocosmo, questa stessa cosa opera il sole terrestre nel corpo, nell'armonia terrestre e nel microcosmo minore, cioè nell'uomo. Infinite altre cose si potrebbero dire di esso come del sommo fra tutti gli elementi, molto prezioso, che ciò che s'è di più prezioso fra tutte le cose dotò di tanta preziosità e dignità che il re del cielo ed i suoi raggi, insieme con le altre stelle sia fisse sia erranti, a tal punto fecero penetrare in esso un'ampiezza di tante e tanto grandi virtù che nessun morbo, per quanto maligno, al suo giungere, al solo vederlo, ha l'ardire di posare il piede: ma davanti ad esso balza via in fuga, atterrito, come le tenebre davanti alla luce. Perciò molto si deve glorificare e magnificare Dio, il creatore appunto dell'oro. A Lui, come al principe, più prestante e prezioso, della totalità degli enti, dobbiamo rivolger lodi e porger preghiere affinché ci conservi sani e salvi, ed annienti in noi le malattie della mente e del corpo. Amen.

PERSONAGGI, ED OBIO POTABILE NELLE FARMACOPPIE.

Il Committente dell'opera è persona di nobile lignaggio, che lo porta per nove anni della sua vita a possedere un doppio nome ed una duplice alta personalità. Il padre, Amedeo VII di Savoia, il Conte Rosso, morto (o ucciso?) trentenne [3], lo lascia erede della Contea: e sarà Amedeo VIII, ad otto anni, essendo nato a Chambéry nel 1383. Sposo a dieci anni con Maria di Borgogna, prenderà effettivamente le redini dello stato nel 1400, dopo un periodo di reggenza della nonna Bona. Con guerre (poche) e trattati — lo chiameranno «il Pacifico» —, ingrandisce e rafforza le terre dei Savoia, tanto che l'Imperatore Sigismondo, nel 1416, lo insignisce del titolo Ducale. Nel 1440, dal Concilio di Basilea fratto in due fazioni, riceve la nomina ad Antipapa, posizione che terrà per nove anni, con il nome di Felice V, al quale appunto è indirizzato il documento in esame. Muore nel 1451, nel Castello di Ripaille sul Lago di Ginevra, dove si era appartato. Dalla accettazione del titolo (anti)papale aveva già ceduto la sovranità del Ducato, a favore del figlio Ludovico [4, 5].

Il Carbonelli, primo a mettere in luce il documento oggetto di questo studio, sottolineò opportunamente l'occasione dello scritto, e datò agli anni 1447/49 il colloquio nel quale Amedeo pose al suo Medico Guglielmo Fabbri di Die una richiesta «sulle possibilità dell'arte di fabbricare la pietra filosofale e l'oro potabile» [6]. Questi risponde al Sovrano, prima direttamente, poi con uno scritto, che è stato riportato integralmente, per quanto riguarda l'oro, nelle pagine precedenti.

L'Autore della risposta alla domanda sull'oro potabile formulata da Amedeo VIII, Guillaume Fabri de Dya (ora Die, nella Drôme, in Francia) — il nome del quale appare nel ms. come *Guylielmus de Dya* sia nell'*incipit* sia nell'*explicit* dello scritto, ma come *Guillermus Fabri de Dya* in un titolo apposto nel margine superiore in un secondo momento — resta incognito, nonostante indagini su diverse «Biografie di Medici ed Archiatri del Piemonte e Savoia», in quanto «di questo cognome si conoscono parecchi medici, ma nessuno col nome Guglielmo» [7]. Più di recente si riconoscerà questo personaggio come «Guillaume Fabri, decano della chiesa di Die, dottore in leggi ed in medicina, presente al Concilio di Basilea 1440» [8, 9], «medico del papa Felice V.,... a cui dedicò un trattato di alchimia, ... che si trova in un manoscritto della Università di Bologna» [10, 11]. A Die non abbiamo trovato particolari informazioni o ricordi di questo suo Decano.

Del Savoia si trova scritto che il Duca Emanuele Filiberto — Testa di Ferro, Sovrano negli anni dal 1553 al 1580 — «alle operazioni alchimistiche dedicava tanta passione di ricerche, e lavoro che egli, nelle ore libere da negozi e cure di Stato, compiva di propria mano tra fornelli e lambicchi per distillare oli ed acque, per trattare metalli secondo le ricette che studiosamente si procurava e trascriveva talora di proprio pugno, non sdegnoso di accomunare la propria fatica con quella di uomini versati nell'arte che vuole strappar alla natura li suoi segreti» [12]. Anche suo figlio, Carlo Emanuele I — Duca di Savoia dal 1580 al 1630 — ha pensieri analoghi: infatti «credeva nell'astrologia» e «stava volentieri a veder stillare essenze e comporre droghe a Giacomo Antonio Gromis che fatto venire da Padova e creato da lui marchese lo interteneva colla ricerca della pietra filosofale» [13, 14].

Non appare avere interessi affini Carlo Emanuele III, che regna dal 1730 al 1773, ma buon amministratore ben consigliato come fu, ritiene utile far preparare una *Pharmacopoea sarrinensis* [15] che, «jussu augustissimi Regis», compare nel 1736, e come titolo ed intestazione mostrano, è in latino (che purtroppo Sua Maestà non conosceva perché il Padre suo «non gli fece peraltro apparare questa lingua») [16]. L'oro qui compare anzitutto fra i «Semplici» come «Aurum» senza alcun commento, e poi, nel paragrafo dei «Precipitati», come «Aurum Fulminans», da prendersi a dosi da 1 a 4 grani, senz'azione dichiarata; di questa sostanza «ancora oggi non se ne conosce, per difficoltà di analisi, l'esatta formulazione, in cui comunque oltre all'oro sono presenti per certo cloro ed azoto» [17]. Oro in fogli viene anche consigliato di aggiungere alla *Confectio* di Alchermes ed a quella *Hyacinthina*, prima di riporre nei vasi.

A Cagliari, nel 1773, viene edita, firmata da G.G. Paglietti «pedemontanus», Protomedico Generale del regno, una *Pharmacopoea sardea*, che «è una riedizione di quella Torinese del 1736, con poche varianti. ... Si può supporre che si limitasse ad estendere le normative farmaceutiche alla Sardegna, senza sostituirla come *Pharmacopoea* ufficiale del regno» [18]. All'indice non compaiono oro o suoi derivati.

Nel 1833 — Carlo Alberto è Re di Sardegna: il resto sono «possedimenti di terraferma»(!) — il Magistrato degli Archiatri della Regia Università di Torino (Capitale), consocio degli sviluppi delle Scienze naturali, «maxime Chemia», ancora «iussu augustissimi Regis», presenta una edizione nuova della *Pharmacopoea* [19] sempre *torinensis* ed ancora in latino, in cui viene ancora citato l'oro, con due nomi, «Aurum» e «Sol», come lo dicono gli alchimisti. E si legge: «Metallo dal particolar colore giallo suo proprio, molto duttile e malleabile, fusibile, insolubile in acido nitrico puro, ma solubile nell'acido nitro muriatico (acido idro-cloro-nitrico)».

Nel 1846, regnante ancora Carlo Alberto, vede la luce, a Torino, una *Farmacopoea ad uso del Regno di Sardegna* [20], considerandosene la necessità, la «Farmacopoea sarda per essere di troppo antiquata» e in quanto «che Sardegna per la sua geografica posizione e pel nuovo incremento del suo commercio, frequentata com'è da stranieri di ogni nazione...». Il testo è in lingua italiana e l'oro vi compare come Oro Puro, che si prepara dall'Oro Venale, per trattamento con acqua regia (di cui è data l'attuale composizione): ne sono riportate le caratteristiche — giallo particolare, insolubile ecc. — ma nessuna utilizzazione farmaceutica. Si trovano anche Ossido d'oro (Idrato di tritossido (sic!) d'oro, Oro aurico), Muriato (tricloruro-cloruro aurico), Muriato d'oro e di sodio (o Cloruro di —, o Cloruro aurico sodico), Ioduro d'oro (o auroso) ed infine Cianuro d'oro (o aurico), con tutte le loro preparazioni e sempre senza modalità d'uso.

Nel 1855 Vittorio Emanuele II di Savoia è Re di Sardegna. Essendo «vero che i grandi progressi che si fecero nelle scienze mediche nello spazio di vent'anni...», il 13 giugno viene approvata una *Farmacopoea per gli Stati Sardi* [21] che sostituisce la *torinensis*. È redatta in italiano e porta l'obbligo, che «Le ordinazioni e ricette saranno scritte in lingua italiana, ovvero in lingua francese nei paesi dove questa è in uso». Manca all'indice e nei Semplici l'oro, mentre è presente l'argento. Nell'elenco dei medicamenti, sono citati, con la loro preparazione, il cianuro, il cloruro, lo ioduro, l'ossido, ed il cloruro d'oro e di sodio, sempre senza uso e dose — come d'altronde genericamente nel testo — ma tutti con denominazione esauriente, che per l'ossido suona, ad esempio, in cinque diversi caratteri tipografici «ossido d'oro, oxidum auri, oxyde d'or, oxidum auricum, acido aurico».

Il 17 marzo 1861 nasce, con Vittorio Emanuele II Sovrano, il Regno d'Italia, che dovrà attendere trentuno anni una sua *Farmacopoea*, edita nel 1892, sotto la potestà di Re Umberto I [22]. Dell'oro si dà il peso molecolare 196,4 (esatto), una descrizione dei metodi di analisi, e si dice che «Serve a preparare il Cloruro di oro e di sodio» (o *Chloretum auri et natri* o Cloroaurato di sodio), con la formula (esatta), il peso molecolare e la preparazione. Come per tutte le sostanze in indice mancano gli usi, ma è presente il dosaggio di 0,02 g per volta con un massimo di 0,20 g pro die. Dopo dieci anni, all'indice della seconda edizione del testo [23], l'Oro non compare, e nella introduzione si esprime chiaramente che «Le voci sopresse sono ... Cloruro, di oro e sodio ... etc.». Il che vale anche per le successive edizioni [24, 25, 26, 27], mentre la VII [28] ha una riga dedicata al Cloruro (acido cloroaurico) di cui dà la formula, che scompare nella edizione seguente [29].

La novità grande nasce con il Supplemento all'VIII Edizione [30] che fa aggiungere la monografia seguente: «Oro 198-Au colloidale preparazione iniettabile (colloidatum ad iniectionem o solutio iniectionis)» che vien definita «Soluzione

colloidale di oro-198 sterile e apirogena, stabilizzata con gelatina, e contenente sostanze riducenti quali il glucosio o l'acido ascorbico». Si precisa anche che «L'oro-198 è un isotopo radioattivo dell'oro e può essere ottenuto per irradiazione neutronica dell'oro». Si tratta di «un liquido rosso scuro», «con pH fra 4 ed 8», di cui viene definita in particolare la dimensione delle particelle (da indicarsi sull'etichetta!), le analisi per la purezza radionuclidica e radiochimica e l'attività. La monografia, con lievi variazioni, si mantiene, fino ad oggi, nelle successive edizioni [31, 32]. Manca, come d'uso, ogni accenno alla utilizzazione: che viene indicata dai farmacologi «per iniezione diretta nei tessuti neoplastici, dove esercita la sua azione radiante per 2-3 settimane» [33, 34].

APPENDICE

La risposta di Guglielmo di Dia a Felice V è esauriente per numero di fonti a cui attinge per le sue citazioni: manca — e forse stonerebbe in un trattato che vuol essere filosofico — qualsivoglia accenno alla metodica per ottenere questo «Oro portabile» di cui tutti gli autori citati (ed anche molti altri che Guglielmo non dice, nonché autori, successivi di molto alla data dell'informazione, e forse fra i più esoterici fino ai nostri giorni!) dicono il massimo bene.

Nel ms. bolognese trovano però posto, come s'è detto all'inizio, parecchi ricettari: riportiamo qui quello che segue immediatamente l'opera di Guglielmo, occupando la c. 254r. Un titolo posto in alto lo presenta come *Practica auri portabilis* ... Notiamo, per l'interesse linguistico, l'intervento di una seconda mano che, tra l'altro, ha glossato a margine e *supra lineam* la parola *pannellas* con *folia*, ed ha scritto su *zuchero* la forma *succharo*.

PRACTICA AURI PORTABILIS

Aurum portabile fit sicut infra, Mollific de gomma arabica clara et munda in aqua communi clara ita que gomma possit extendi super porfirio: et si est nimis spissa adde modicum de aqua secundum que necessarium fuerit ad mollificandum, et postea habueris pannellas auri finissimi, et adde super dicta gomma molendo super porfirio cum alio lapide bene plano; et pone de panellis unam post aliam semper terendo et molendo et de panellis addendo quousque gomma sit bene crocea in colore auri. Et eodem modo potes terere pannellas cum melle vel cum zuchero, nec plus nec minus agendo, quousque aurum sit bene subtiliter tritum. Et cum volueris separare aurum tritum subtile, adde sibi de sale communi trito, et tere simul super porfirio, et postea distempera in aqua clara lavando ipsam et mutando aquam de vase in vas taliter que post repausationem aurum remaneat in fundo vasorum scilicet vitreorum. Et postea extrahere suaviter aquam ab auro trito et molino, quod reconde in vase vitreo mundo, idest cucurbita; et superponatur de

aqua vite vini septies vel pluries distillata ut stillet. Et in ea aqua decoque aurum tuum, distillando postea aquam ab auro septies. Et in qualibet distillatione teratur aurum quod in fundo vasis remanebit: et hoc facto habebis aurum potabile perfectum, quod colorabis ut infra dicetur.

Color auri potabilis quomodo debet exhiberi. Si vis colorare aurum tuum potabile fac sic. Accipe feces vini que remanent in cacabo sive alio vase distillatorio postquam aqua vite fuerit extracta. Et illas feces fac bulire in olla munda tam diu que veniant ad spissitudinem mellis, et super illis fecibus sic inspissatis ponatur de aqua vite bona, et pone ad distillandum ad ignem. Prima aqua que distillabitur erit alba, que nihil valet, secunda aqua est crocea, et cum illa colora aurum tuum potabile.

Aurum potabile fit alio modo sic. Distilla de melle per alembicum in quantitate quam volueris: et prima aqua clara alba que distillatur ponatur ad partem. Secunda vero aqua, que venit crocea, est bona: et in illa fac bulire aurum tritum molitum ut supra, et erit aurum potabile perfectissimum, suave et delectabile. Et si distillaretur mel adhuc fortiori igne, habebis aquam ut oleum rubeum quod multum valet ad tincturam auri.

METODICA DELL'ORO POTABILE

Loro potabile si confeziona com'è detto sotto. Rendi morbida della gomma arabica chiara e pulita in acqua comune chiara, così che si possa stendere la gomma sul porfido: e se fosse troppo spessa aggiungi una modica quantità d'acqua, nella misura necessaria per renderla morbida. Ti sarai poi procurato fogli d'oro finissimo, che dovrai aggiungere sopra la suddetta gomma, ammorbidendoli sul porfido con un'altra pietra ben piana: e disponi i fogli uno dopo l'altro, sempre strofinando e ammorbidendo, e aggiungendo dei fogli fino a che la gomma sia ben crocea, nel color giallo d'oro. E allo stesso modo puoi pestare i fogli con miele o con zucchero, operando né più né meno, finché l'oro sia pestato ben sottilmente. E quando vorrai separare l'oro pestato sottile, aggiungivi sale comune pestato, e pesta nello stesso tempo sul porfido: e poi stempera in acqua limpida lavando l'oro e cambiando l'acqua di vaso in vaso in modo tale che, dopo una pausa di riposo, l'oro rimanga sul fondo dei vasi (intendo vasi di vetro). E poi estrai delicatamente l'acqua dall'oro pestato e rammollito: oro che devi riporre in un vaso distillatorio di vetro pulito, quello che chiamiamo cucurbita; e ponivi sopra acquavite di vino, distillata sette o più volte, in modo che stilli: ed in quell'acqua fa cuocere a lungo il tuo oro, distillando poi l'acqua dall'oro sette volte. In ogni distillazione si pesti l'oro che rimarrà sul fondo del vaso: e fatto ciò, avrai un oro potabile perfetto, che colorerai come si dirà sotto.

Come si deve preparare il colore per l'oro potabile. Se vuoi colorare il tuo oro potabile fa' così: raccogli le fecce del vino che rimangono nella marmitta o in altro vaso distillatorio dopo che si sarà estratta l'acquavite. E fa' bollire quelle fecce in

una pentola pulita per il tempo necessario a farle pervenire alla consistenza del miele: su quelle fecce si ponga dell'acquavite buona; e metti a distillare al fuoco. La prima acqua che si distillerà sarà acqua bianca, che non val nulla; la seconda acqua è color del croco: con essa colora il tuo oro potabile.

L'oro potabile si confeziona in un altro modo così. Distilla del miele con l'alambicco nella quantità che vorrai: e la prima acqua, chiara, bianca, che si distilla si ponga a parte; invece la seconda acqua, che viene crocea, è buona: e in essa fa' bollire oro pestato, rammollito come s'è detto sopra. E sarà un oro potabile perfettissimo, gradevole e piacevole. E se si distillasse il miele con fuoco ancora più forte, avrai un'acqua come olio rossiccio, che va molto bene per la tintura dell'oro.

BIBLIOGRAFIA

- [1] G. CARBONELLI, *Sulle fonti storiche della Chimica e dell'Alchimia in Italia*. Ist. Naz. Medico-farmacologico, Roma 1925, pp. 84-93. Lo studioso si occupò del manoscritto anche in: *Amedeo VIII di Savoia ed il libro delle «Due Parole» di Maestro Guglielmo Fabri*, Boll. Ist. Storico Italiano dell'Arte Sanitaria 7/8, 3 (1922).
- [2] M.J. DE SAVOIA, *La Maison de Savoie*, Vol. II e III: *Amedée VIII, le Duc qui devint Pape*. Michel, Paris 1956 (Versione italiana Mondadori, Milano 1965), pp. 96-100 e n. 52 dell'edizione italiana.
- [3] M. BRUGNET, *Le Chateau de Repaille*. Delagrave, Paris 1907.
- [4] M.J. DE SAVOIA, *La Maison ...* cit. *supra* (vd. n. 2).
- [5] F. COGNASSO, *Amedeo VIII*. Patavia, Torino 1830.
- [6] G. CARBONELLI, *Sulle fonti storiche ...* cit. *supra* (vd. n. 1).
- [7] G. CARBONELLI, *Amedeo VIII ...* cit. *supra* (vd. n. 1).
- [8] *Concilium Basiliense*, Vol. IV, p. 232. Kreis Reparat, Liechtenstein 1971.
- [9] *Ibidem*, Vol. VII, p. 201.
- [10] E. WEIKERSHEDER, *Dictionnaire biographique des Medecins en France au Moyen Age*, Vol. I. Droy, Paris, 1936.
- [11] L. THORNDIKE, *A History of magic and experimental Science*, Vol. IV, New York 1953, p. 342.
- [12] L. MASCARELLI, *Chimica ed Alchimia nei rapporti con Emanuele Filiberto*. Studi della Regia Università ecc. Villarboito, Torino 1928.
- [13] E. RIOTTI, *Storia della Monarchia Piemontese*, Vol. III, p. 315. Barbera, Firenze 1895.
- [14] E. RIOTTI, *ibid.*, p. 329.
- [15] *Pharmacopoea taurinensis*. Apud G.B. Ghis. Typographum Regium, Augustae Taurinorum 1736.
- [16] G.B. SONGIA, *Storia del Re di Sardegna Carlo Emanuele III il Grande*. Reale Tipografia, Torino 1831.
- [17] *The Merck Index*, XI edizione. Merck & Rahway, USA 1990. (sub voce 4413).
- [18] *Pharmacopoea Sardinia*. Ex Regia Typographia Caralitana, 1775.
- [19] *Pharmacopoea taurinensis*. Typographia Regia, Taurini 1833.
- [20] *Pharmacopoea ad usum del Regni di Sardegna*. Botta, Torino 1846.
- [21] *Pharmacopoea per gli Stati Sardi*. Stamperia Reale, Torino 1853.
- [22] *Pharmacopoea ufficiale del Regno d'Italia*. Tipografia delle Mantellate, Roma 1892.
- [23] *Ibidem*, II edizione. 1902.
- [24] *Ibidem*, III edizione. 1909.
- [25] *Ibidem*, IV edizione. 1920.
- [26] *Ibidem*, V edizione. Provveditorato generale dello Stato, Roma 1929 Anno VII.
- [27] *Ibidem*, VI edizione. Libreria Istituto Poligrafico dello Stato, Roma 1940, Anno XVIII.
- [28] *Pharmacopoea ufficiale della Repubblica Italiana*, VII edizione. Istituto Poligrafico dello Stato P.V., Roma 1965.
- [29] *Ibidem*, VIII edizione. 1972.
- [30] *Ibidem*, Supplemento. 1978.
- [31] *Ibidem*, IX edizione. 1985.
- [32] *Ibidem*, Supplemento. 1988.
- [33] E. ADAMI, *Farmacologia*, V edizione, p. 333. Ist. Ed. Cialpino, Milano 1960.
- [34] *The Merck Index*, *ibidem*. (sub voce 4419).

ANTONIO DI MEO (*)

I composti e la metafisica (**)

Summary - At the very beginning of modern science there rose the epistemological and ontological problem of the relationship between «finite» and «infinite», i.e. the problem of the theoretical status and limits of human knowledge, in comparison with divine knowledge, as well as the problem of the number of intelligible or natural beings which are truly existent and knowable. XVIIth and XVIIIth century chemists took part actively in this dispute, together with the greatest scientists and philosophers of the time. They maintained, although with some differences among them, the idea of a natural world which, from a chemical point of view, can be termed as «full», i.e. which is made of a continuum of material bodies, in definite proportions, but infinite in number. Within this world of infinite chemical compounds it is possible to trace what the historian of ideas A. Lovejoy defines as «principle of fullness» and «principle of continuity».

È stato messo ampiamente in rilievo come la filosofia della scienza moderna ai suoi inizi contenga, in maniera costitutiva, una problematica di grande portata teorica. Mi riferisco al rapporto fra *finito* e *infinito* sia per quanto riguarda il numero degli enti intelligibili o realmente esistenti in natura, che lo statuto ed i limiti della conoscenza umana, in particolare di quella razionale.

Come è noto, tale problematica prende avvio già nel Rinascimento con la dottrina della «docta ignorantia» di Nicola da Cusa. In essa si sosteneva la irriducibile incommensurabilità fra finito ed infinito e, di conseguenza, che la conoscenza umana, essendo finita, non era in grado di concepire in forma unitaria ed assoluta, la diversità, la molteplicità e il carattere oppositivo delle proprietà dell'Universo. Cosa, invece, possibile a Dio che, essendo dotato di una infinità ad esso essenziale, poteva cogliere mediante un atto conoscitivo unico quella «coincidenza degli opposti», che si realizzava appunto nell'infinito. La dottrina della «docta ignorantia», in quanto intuizione della incomprendibilità dell'infinito che trascendeva il pensiero razionale e discorsivo, dava luogo ad una concezione della conoscenza umana non solo limitata e parziale, ma anche congetturale ed imprecisa. In ciò essa

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

(**) Relazione presentata al IV Convegno Nazionale di «Storia e Fondamenti della Chimica» (Venezia, 7-9 novembre 1991).

era adeguata all'oggetto che prendeva in esame poiché l'Universo era sì illimitato, ma in quanto *interminato* e *indeterminato*. Per Nicola da Cusa, infatti, «il mondo ... non è stato creato tanto perfettamente che, nella sua creazione, Dio abbia fatto tutto ciò che avrebbe potuto esser fatto».¹

Di diverso avviso sarà Giordano Bruno, per il quale la potenza assoluta ed infinita di Dio si era rivelata «necessariamente» sin dalle origini della natura.² L'infinità, quindi, apparteneva anche a quest'ultima. L'Universo creato, per il nolano, era infinito sia spazialmente che nel numero e nella pluralità dei mondi in esso presenti. Infatti alla infinità della causa doveva necessariamente corrispondere una infinità negli effetti. Tema questo che, come vedremo, ritornerà molto di frequente, sebbene in contesti molto diversi da quelli del naturalismo bruniano.

Nel *Dialogo sopra i due massimi sistemi del mondo* (1632) di Galileo Galilei, la dottrina della «docta ignorantia» trova, in un contesto più propriamente scientifico, una originale traduzione e formulazione. Anche Galilei, infatti, partiva dal problema della incommensurabilità fra la conoscenza umana e quella divina, in quanto rapporto fra «assoluto» e «relativo» cioè, ancora una volta, fra «infinito» e «finito»:

«Si conosce Socrate non saper nulla in relazione alla sapienza assoluta, che è infinita; e perché dell'infinito tal parte n'è il molto che l'poco e il niente... però ben conosceva Socrate, la terminata sua sapienza esser nulla all'infinita che gli mancava».³

Tuttavia Galilei collocava la conoscenza umana, razionale e discorsiva, al riparo dalla connotazione «negativa» delle precedenti elaborazioni. Essa, infatti, verrà posta in un rapporto «positivo» con quella divina attraverso la distinzione «filosofica» fra un conoscere *extensive* ed uno *intensive*, che lo scienziato pisano esporrà in un celebre brano del «Dialogo primo»:

«L'intendere si può pigliare in due modi, cioè *intensive*, o vero *extensive*; e che *extensive*, cioè quanto alla moltitudine degli intelligibili, che sono infiniti, l'intender umano è come nullo, quando bene egli intendesse mille proposizioni, perché mille rispetto all'infinità è come uno zero; ma pigliando l'intendere *intensive*, in quanto cotal termine importa intensivamente, cioè perfettamente, alcuna proposizione, dico che l'intelletto umano ne intende alcune così perfettamente, e ne ha così assoluta certezza, quanto se n'abbia l'istessa natura; e tali sono le scienze matematiche pure, cioè la geometria e l'aritmetica, delle quali l'intelletto divino ne sa infinite proporzioni di più, perché le sa tutte, ma di quelle poche intese dall'intelletto umano credo che la cognizione agguagli la divina nella certezza obiettiva, poiché arriva a

¹ N. CUSA, *De ludo globi*, in *Opere*, Libreria Editrice, 1965, p. 213. Su ciò vedi N. BAZZANI, «L'infinito nel Rinascimento: Giordano Bruno fra gli 'antichi' e i 'moderni'», in AA.VV., *L'infinito nella scienza*, a cura di G. Toraldo di Francia, Roma, BEI, 1987, pp. 257 sgg. Su Nicola Cusano vedi E. CASARELLI, *Individuo e uomo nella filosofia del Rinascimento* (1935), Firenze, La Nuova Italia, 1974, pp. 20 sgg. A. KOYRE, *Dal mondo chiuso all'universo infinito*, Milano, Feltrinelli, 1974, pp. 13 sgg.

² N. BAZZANI, *op. cit.*, p. 260.

³ G. GALILEI, *Dialogo sopra i due massimi sistemi del mondo* (1632), a cura di L. Sestini, Torino, Einaudi, 1970, p. 126.

comprenderne la necessità, sopra la quale non par che possa esser maggiore sicurezza».⁴

In questo caso si trattava di oggetti «intelligibili», cioè matematici: ed era proprio il carattere «necessario» delle dimostrazioni matematiche ad essere la garanzia principale che la conoscenza umana razionale, per quanto limitata, era paragonabile «localmente» a quella divina.

Sulle orme di Bruno, Galilei si muove quindi nella logica del «necessarismo», anche per quanto riguarda la esistenza stessa dell'Universo, in quanto esso veniva ritenuto coesistente alla stessa infinità della potenza divina poiché, — contrariamente a Nicola da Cusa, — per Galilei «niente diminuisce la Sua onnipotenza il dire che Iddio non può fare che il fatto non sia fatto».⁵

Ma i due tipi di conoscenza non differivano solo per la *quantità* degli oggetti conosciuti, ma anche nel modo stesso di conoscere. Quello divino, infatti, era in grado di comprendere in maniera unitaria tutte le proprietà infinite degli oggetti, e ciò mediante un atto istantaneo di «apprensione» intuitiva, in un eterno presente, al quale era quindi estranea la successione temporale, che invece era una proprietà tipica della conoscenza umana. Questa, infatti, aveva bisogno di procedere passo passo *nel tempo* per indagare sulle proprietà degli oggetti presi in considerazione. La temporalità, contrapposta all'eterno presente di Dio, era quindi coesistente all'argomentazione razionale, che non poteva che essere di tipo *discorsivo*, in quanto dimostrativa. Qui è forse possibile vedere una qualche eco della posizione agostiniana sul tempo, secondo la quale esso appare a noi nella forma di una successione suddivisibile fra un «prima», un «ora» e un «poi», in quanto pensato in analogia col procedere del *discorso*. Ciò vuol dire che per anche per Galilei, come per i neoplatonici, ciò che a noi sembra infinitamente molteplice, nella sua essenza è in realtà unitario. Ma tale essenza, come abbiamo visto, è apprensibile nella sua integrità ed immediatezza solo dalla mente divina.

L'idea che la infinità della causa supponesse necessariamente l'infinità degli effetti, in Galilei non riguardava solo la quantità degli oggetti intelligibili, ma anche le proprietà di uno stesso oggetto: il cerchio, ad esempio, possedeva infinite «passioni» (proprietà), che la conoscenza umana conosceva solo limitatamente. Lo stesso poteva esser detto per gli oggetti naturali, poiché ognuno di essi possedeva delle proprietà infinite che l'uomo poteva conoscere solo parzialmente. La natura, quindi, era composta di infiniti oggetti ognuno dei quali possedeva una quantità infinita di proprietà diverse

«talché si può concluderne il saper divino esser infinite volte infinito».⁶

Se ogni oggetto naturale possedeva infinite proprietà, ne derivava che fra questo ed i prodotti dell'arte, cioè ogni prodotto dell'attività umana, si riproponeva lo stesso rapporto fra finito ed infinito che abbiamo visto a proposito della conoscenza umana e divina. La statua di un uomo, infatti, anche se fatta da un genio

⁴ *Ist.*, p. 127.

⁵ *Ist.*, p. 128.

⁶ *Ist.*, p. 126.

come Michelangelo Buonarroti, per Galilei non poteva superare l'«infinito intervallo» che la separava da un uomo in carne ed ossa o anche da «un vilissimo verme».⁷

Tralasciando il tema assai dibattuto del rapporto fra intelligibile e naturale in Galilei, ci pare importante invece, ai fini del nostro discorso, mettere in rilievo come nella sua riflessione, qui schematicamente riassunta, vi sia una forte corrispondenza fra aspetti gnoseologici e ontologici. Infatti credo si possa affermare che, in linea di principio, per Galilei, in natura esistevano *realmente* una infinità di oggetti dotati di infinite proprietà. Egli, comunque, poneva il problema teorico della comprensione autentica dell'infinito aldilà delle possibilità della conoscenza umana, proprio per le caratteristiche essenziali di questa, cioè l'essere finita e limitata. Nei *Discorsi e dimostrazioni matematiche intorno a due nuove scienze* (1638) faceva dire a Salviati che «l'infinito è per se solo da noi incomprendibile, come anco gl'indivisibili».⁸ Oppure, — trattando della infinità della serie dei numeri interi e di quella dei quadrati, dei cubi, o delle radici di questi, e del numero degli indivisibili contenuti in una linea divisibile, — che

«queste son di quelle difficoltà che derivano dal discorrer che noi facciamo col nostro intelletto finito intorno a gl'infiniti»⁹

Tali difficoltà, è ancora Salviati che parla, in realtà

«devriano farci accorti quanto gravemente si erri mentre altri voglia discorrere intorno agli infiniti con quei medesimi attributi che noi usiamo intorno a i finiti, le nature de i quali non hanno veruna convenienza tra di loro».¹⁰

Anche René Descartes scriveva nei suoi *Principi della filosofia* (1644) che

«la potenza e la bontà di Dio sono infinite, affinché questo ci faccia conoscere che non dobbiamo affatto temere di ingannarci, immaginando le sue opere troppo grandi, troppo belle o troppo perfette; ma che possiamo bene mancare, al contrario, se supponiamo in esse limiti o restrizioni, di cui non abbiamo nessuna conoscenza certa»¹¹

oppure che

«non sapremo dubitare che non vi sia una infinità di cose che sono ora nel mondo».¹²

e altrettanto di infinite che ora non esistono più.

Per Descartes, in verità, l'incertezza doveva piuttosto risiedere nel ritenere il mondo limitato, piuttosto che indefinito, illimitato o infinito. Era la prima proposizione, infatti, a dover essere eventualmente dimostrata ciò che era limitato, era l'intelletto umano, e quindi intrinsecamente incapace di intendere appieno le

⁷ *Ibid.* p. 127.

⁸ G. GALILEI, *Discorsi e dimostrazioni matematiche intorno a due nuove scienze* (1638), in *Opere*, a cura di F. Flora, Milano-Napoli, R. Ricciardi, 1953, p. 858.

⁹ *Ibid.* p. 859.

¹⁰ *Ibid.* p. 864.

¹¹ R. DESCARTES, *I principi della filosofia* (1644), a cura di E. Garin, Bari, Laterza, 1967, t. II, p. III, par. 3, pp. 117-118.

¹² *Ibid.*, par. 3, p. 118.

proprietà dell'infinito. All'interno di questa concezione generale della natura era presente una idea che, come vedremo in seguito, avrà una certa fortuna anche nella chimica del XVIII secolo: e cioè che una volta che Dio aveva creato la materia di tipo corpuscolare, e vi aveva impresso le leggi del movimento, tutte le possibili combinazioni fra i corpuscoli si sarebbero effettivamente realizzate nel tempo. Ovvero, più in generale, che tutti i «possibili» erano realizzati attualmente, o, comunque, nulla impediva alla ragione il ritenerli realizzati. Essi, per di più, dovevano essere considerati in numero infinito. Questa posizione fu portata alle sue più rigorose conseguenze «necessariste» da Baruch Spinoza, che nell'*Ethica* (1675) sosteneva che «dalla necessità della divina natura devono seguire infinite cose in infiniti modi».¹⁷ Ma, a differenza di Spinoza, Descartes riteneva che il mondo fosse prodotto dal suo creatore con una assoluta «libertà d'arbitrio».

«poiché ripugna che la volontà di Dio non sia stata da tutta l'eternità indifferente a tutte le cose che sono state fatte o che si faranno mai... E così una totale indifferenza in Dio è una prova grandissima della sua onnipotenza».¹⁸

Questo tema dell'«indifferenza» e dell'assoluta libertà di Dio nella creazione che, come afferma Lovejoy, tendeva ad attribuire il massimo valore alla sua autosufficienza ed al primato agostiniano della sua *volontà* nella costituzione del reale,¹⁹ piuttosto che al carattere «necessario» della creazione, troverà uno sviluppo estremo nelle posizioni del filosofo e scienziato cartesiano Jacques Rohault, che nel *Traité de physique* (1671) denotava col termine «gioco», la gratuità della creazione del mondo da parte di Dio, insieme alla ribadita convinzione della infinita diversità degli oggetti in esso contenuti:

«Siccome il Mondo è un'opera, o, per meglio dire un gioco, della mano di Dio, che ha potuto dividerlo in tante parti per quanto gli è piaciuto farlo, e disporle in una infinità di modi diversi, il loro numero e la loro disposizione non potrebbero esserci resi noti da nessuna ragione tratta dalla natura delle cose, e non vi è che l'esperienza che ci possa far apprendere, fra le numerose maniere nelle quali Dio le poteva disporre, quella che a lui è piaciuta di scegliere».²⁰

Il carattere arbitrario (nel senso più proprio del termine, cioè determinato dal libero arbitrio) della scelta divina nella costituzione del mondo, non conduceva, quindi, ad uno scetticismo radicale sulla possibilità di conoscerne la struttura: al contrario esso darà una forte motivazione alle posizioni più propriamente sperimentaliste presenti alle origini della scienza moderna,²¹ come dimostrano le posizioni di Pierre Sylvain Regis. Anch'egli cartesiano, nel suo *Cours entier de philosophie* (1681) affermava che «malgrado che Dio abbia potuto fare il Mondo in una infinità di modi, che sono forse più conformi alla sua Sagghezza ed alla sua

¹⁷ B. SPINOZA, *Ethica*, a cura di S. Giannetta, Torino, Einaudi, 1959, I, prop. 11.

¹⁸ R. DESCARTES, *Obiezioni alle Meditazioni metafisiche*, Risposte alle sette obiezioni, in *Opere*, cit., pp. 581-582.

¹⁹ A.O. LOVEJOY, *La grande catena dell'essere* (1936), Milano, Feltrinelli, 1981, pp. 166-167.

²⁰ J. ROHAULT, *Traité de physique*, Paris, Denys Thierry, 1671, t. II, sec. partie, chap. I, p. 4.

²¹ Cfr. su questo A. PISA, *Descartes e lo sperimentalismo francese. 1600-1650*, Roma, Editori Riuniti, 1990.

Potenza»,¹⁹ la maniera più giusta di procedere per la sua conoscenza consisteva nel ritenere che esso fosse stato fatto in modo da essere il più possibile concepibile mediante la ragione umana. Per quanto riguardava la struttura dei corpi particolari, tale modo «razionalista» di intendere la conoscenza del reale si iscriveva però all'interno del campo della semplice possibilità, poiché solo l'esperienza «poteva render certi della Esistenza, del numero e della situazione di questi corpi»,²⁰ che, ancora una volta, erano ritenuti in numero infinito:

«Dopo aver considerato la Terra in rapporto ai corpi celesti che la circondano, è tempo di esaminarla per se stessa per arrivare a scoprire in che modo si forma in essa questo numero infinito di Corpi Misti che si traggono dalle sue interiora».²¹

Ma queste posizioni erano molto e diversamente diffuse nell'ambiente filosofico dell'epoca.

Ad esempio per il gassendiano François Bernier (*Abregé de la philosophie de Gassendi*, 1678), la «fabbrica» o la «macchina del mondo», la struttura dei corpi degli animali e la «economia meravigliosa delle piante», presupponevano l'esistenza di una «causa molto saggia, molto retta, e molto intelligente». Essa era anche immensa, inesauribile ed illimitabile, e che aveva potuto creare una infinità di mondi e prodotto una infinità di corpi, secondo le infinite possibili combinazioni fra gli atomi costituenti la materia.²²

Mentre per il gesuita Daniello Bartoli, il mondo doveva essere considerato il risultato di una creazione, con la quale Dio aveva prodotto infinitamente più cose di quante fossero conoscibili ed utilizzabili dall'uomo. Come scriveva nel suo trattato *Del ghiaccio e della coagulazione* (1681) non poteva essere definito ricco un signore se non quello:

«nella cui casa e per la cui famiglia, quel che si gitta non è sempre più di quel che si adopra... la minor parte (quanto si è alla moltitudine delle cose) è quella che si adopera; il Sole, e la Luna, e gli altri cinque pianeti, il cielo e le sue stelle, i quattro corpi degli elementi, e quello che ne traiamo per sostenere la vita. Del più che si gitta, chi può descriverne la varietà, ò contare il numero, se quello, e questo son presso che senza numero?».²³

In questo caso è molto chiara l'intenzione apologetica di Bartoli, poiché la natura, «visibile Esecuzione dell'invisibile Mano di Dio», grazie alla sua meravigliosa ed inesauribile fecondità non faceva altro che narrare la gloria e la potenza del suo creatore.

Del resto lo stesso Descartes, così come più cautamente Galilei, aveva sostenuto ampiamente la fallacia del punto di vista antropocentrico nel valutare la struttura e la grandezza dell'Universo e il numero degli enti in esso contenuti: ritenere che essi fossero stati creati ad esclusivo beneficio dell'uomo, era una visione carica

¹⁹ PS. REGO, *Cours entier de philosophie*, Amsterdam, 1681, Livre III, Avertissement, s.p.

²⁰ *Ibid.*, I partie, chap. I, p. 1.

²¹ *Ibid.*, t. II, p. 111.

²² F. BERNIER, *Abregé de la philosophie de Gassendi*, Lyon, Anisson & Poussell, 1678, pp. 268-270.

²³ D. BARTOLI, *Del ghiaccio e della coagulazione*, Roma, 1681, p. 1.

di un utilitarismo ristretto che tendeva a diminuire la potenza e la creatività dell'azione di Dio.²⁵

Ma anche indipendentemente da ogni finalità apologetica l'idea di una natura «magnificente» nelle sue infinite produzioni e varietà costituirà un luogo comune molto diffuso nella cultura scientifica tardo seicentesca ed ancor più settecentesca, anche in ambienti più propriamente scettici o materialisti. Sarà, ad esempio, la posizione di Fontenelle nei suoi *Entretiens sur la pluralité des mondes* (1686), secondo la quale la natura, odiando le ripetizioni, produceva infiniti oggetti secondo infinite e diverse modalità. Anche Denis Diderot nel *De l'interprétation de la nature* (1753) affermava che «i fenomeni sono infiniti» o, riprendendo Buffon e Maupertuis, che la «natura sembra essersi compiaciuta a variare uno stesso meccanismo in un'infinità di modi diversi. Essa non abbandona un genere di produzioni, se non dopo averne moltiplicato gli individui sotto tutti gli aspetti possibili»,²⁶ o che esistevano infiniti corpi minerali o viventi. Anche in Diderot sarà presente la tematica del rapporto fra finito ed infinito riguardo alla conoscenza, ma in questo caso esso non sarà più posto in riferimento alla relazione umano/divino quanto alla «infinita quantità dei fenomeni naturali» rispetto ai «limiti del nostro intelletto e la debolezza dei nostri organi». ²⁷ La teoria della conoscenza umana, cioè, cercava un suo fondamento autonomo ponendosi in rapporto direttamente con la natura piuttosto che con la divinità. Tramite l'idea di «catena generale», poi, Diderot recuperava, *ex materialiste*, sia l'idea di unicità e totalità della natura, sia il fatto che la infinita e molteplice determinazione e separazione fenomenica, attraverso la quale essa si mostrava al filosofo, dipendeva dai limiti intrinseci di quest'ultimo. Così ciò che sembrava si svolgesse secondo un decorso temporale, in realtà, avveniva istantaneamente, grazie al collegamento universale esistente fra tutti i fenomeni.

«La meraviglia dipende spesso dal fatto che si immaginano molti prodigi là dove invece ve n'è uno solo; dal fatto che si immaginano nella natura tanti atti particolari quanti sono i fenomeni, quando, invece, forse, essa ha compiuto un unico atto. Sembra anche che, se la natura si fosse trovata nella necessità di compierne parecchi, i differenti risultati di questi atti sarebbero isolati; che vi sarebbero collezioni di fenomeni indipendenti le une dalle altre; e che questa catena generale, di cui la filosofia suppone la continuità, si romperebbe in diversi punti. L'indipendenza assoluta anche di un solo fatto è incompatibile con l'idea di un tutto, e senza l'idea di un tutto non vi sarebbe più filosofia».²⁸

La tematica della istantaneità dell'agire naturale era anche tipicamente chimica. Per Georg Ernst Stahl, infatti, la missione chimica avveniva in un istante; idea condivisa dal suo seguace Gabriel François Venel ed esposta da questi all'articolo

²⁵ Su questo cfr. P. Rossi, *Aspetti della rivoluzione scientifica*, Napoli, Moenia, 1971, pp. 256-259 e *La scienza e la filosofia dei moderni*, Torino, Bollati Boringhieri, 1989, pp. 159 sgg.

²⁶ D. DIDEROT, *De l'interprétation de la nature. Principes philosophiques sur la matière et le mouvement*, trad. it. *Interpretazione della natura*, a cura di P. Onofredo, Roma, Editori Riuniti, p. 33.

²⁷ *Ibid.*, p. 29.

²⁸ *Ibid.*, p. 33.

Chymie dell'*Encyclopédie*²⁷ dove era stato chiamato a collaborare per la maggior parte degli articoli di chimica. Del resto anche Diderot era uno staliano convinto, avendo seguito le lezioni di G.F. Rouelle al Jardin du Roi di Parigi, come è testimoniato da una sua *Introduction à la chymie* rimasta manoscritta.²⁸

La natura, dunque, nella sua pur differenziata totalità e unitarietà non era affatto «semplice», a volte nemmeno nei suoi principi elementari costituenti. Di questo avviso era ancora il chimico Venel all'articolo *Principes* dell'*Encyclopédie*: sebbene l'idea della semplicità della natura fosse autorevolmente sostenuta e carica di storia, tuttavia essa non ne consentiva la comprensione più vera e reale. La natura, in effetti, nelle sue produzioni si rivelava sempre di più magnificente e sovrabbondante. Ammettere dunque una pluralità di principi, per Venel significava adeguare la scienza a questa nuova concezione della natura:

«La magnificenza della natura che questa opinione suppone vale bene la nobile semplicità che può far inclinare verso il sentimento opposto».²⁹

E, forse riecheggiando le opinioni di Fontelle, aggiungeva:

«Io trovo anche molto probabile che i corpi composti degli altri mondi, ed anche degli altri pianeti di questo qui, abbiano non solamente delle forme diverse, ma anche che siano composti di elementi diversi; che, per esempio, nella Luna non si abbia né terra argillosa, né terra vetrificabile, né forse alcuna materia dotata delle proprietà molto comuni delle nostre terre; che invece di queste si abbia un elemento che si può chiamare, se lo si vuole, luna, ecc. Solo il fuoco mi sembrerebbe essere verosimilmente un elemento universale».³⁰

Ma le citazioni su questi temi potrebbero essere talmente numerose da far ritenere che nei secoli XVII e XVIII si fosse instaurato un vero e proprio stile letterario che potremmo definire «infinatista», basato sulla idea della «magnificenza della natura», oppure addirittura una sorta di «retorica dell'infinito», di cui fu protagonista (e vittima) lo stesso Galilei che nel *Saggiatore* (1623) dovette giustificare una sua precedente affermazione di esservi un «infinito intervallo» fra il non vedere e il vedere, nell'osservazione delle stelle fisse mediante il telescopio. In questo caso, infatti, egli fece ricorso all'argomento che nel linguaggio comune il termine «infinito» era adoperato al posto di di «grande» o di «grandissimo».³¹ In effetti tale uso rimarrà molto in voga all'interno dello stile o della retorica appena menzionati, anche se insieme a questo ne esisteva anche uno più legato allo sfondo teorico e metafisico al quale ho fatto prima riferimento, come vedremo anche nel caso della chimica. Essi, infatti, saranno in gran parte presenti anche nelle elaborazioni dei chimici di quei secoli.

Ad esempio nel *Traité de la chimie* (1663) del paracelsiano Cristophle Glaser

²⁷ G.E. STAHL, *Specimen boeberianum*, in J.J. BECHER, *Physica subterranea*, Lipsiae, J.L. Glöschium, 1703, p. 704. G.F. VENEL, *Chymie*, in *Encyclopédie*, Paris, 1753, t. III, p. 414.

²⁸ D. DIDEROT, *Introduction à la chymie*, manoscritto pubblicato nella *Revue scientifique*, n. 4, 1984, p. 99 sgg.

²⁹ G.F. VENEL, *Principes* in *Encyclopédie*, Neuchâtel, 1765, t. XIII.

³⁰ *Ibidem*.

³¹ G. GARBI, *Il saggiatore* (1623), a cura di L. Sosis, Milano, Feltrinelli, 1979, p. 69.

la tematica, più volte evocata, della infinità quantitativa e qualitativa (diversità) dei corpi naturali, è ripetuta più volte con insistenza:

«I misti ricavati sia dai vegetali, che dagli animali e dai minerali, sono infiniti nel loro numero, e contengono delle sostanze molto differenti in durezza, solidità, pesantezza, mollezza, porosità e leggerezza; ed è questo che ha obbligato gli artisti a ricercare ogni sorta di mezzi per venire a capo, e mettere in uso una infinità di operazioni assolutamente necessarie».³²

Oppure:

«Noi diciamo dunque che siccome i corpi naturali sono infiniti in numero, e molto differenti nella sostanza e nella forma, sia interna che esterna, allora bisogna servirsi di una infinità di mezzi e di strumenti, sia per aprirli che per separarne le parti».³³

O, ancora, a proposito dei composti di origine vegetale:

«E poiché la famiglia dei vegetali si estende pressoché all'infinito, noi ci accontenteremo di mostrare, per mezzo di alcuni esempi sufficienti, tutte le loro principali preparazioni».³⁴

Per Glaser, dunque, in natura esistevano un numero infinito di corpi e di sostanze, ed i mezzi attraverso i quali la disciplina da lui professata dovevano essere, adeguati, alla incommensurabilità di ciò che essa indagava. Ciò riguarderà, come abbiamo appena visto, non solo le operazioni, ma anche gli strumenti di laboratorio, cosa che ribadirà successivamente quando affermava che:

«La differenza della forma dei vasi di cui ci si serve in Chimica è pressoché infinita».³⁵

Vi è in queste posizioni una tendenza, che ritroveremo in seguito a «dilatare» in forma metaforica i limiti del proprio metodo, dando un contributo non irrilevante a quella «retorica dell'infinito» alla quale prima ho fatto cenno. Anche se, sia Glaser che i chimici successivi avranno ben presente i limiti della sperimentazione e della conoscenza umana, e il carattere faticoso, lento, parziale e complicato della interrogazione artificiale della natura.

Il grande iatrochimico Johann Joachim Becher sosteneva nella *Physica Subterranea* (1703) che i gradi della combinazione dei corpi erano in numero infinito, e che per questo nessun mortale poteva riprodurli o poteva osservarli in natura. Per orientarsi in questo vero e proprio «inestricabile labirinto di processi»³⁶ era dunque necessario tentare di dar loro un ordine, mediante un approccio di tipo razionale, metodico, classificatorio, coniugando sapientemente la teoria con l'esperimento.

Per il chimico meccanista Wilhelm Homberg, ogni corpo composto doveva essere considerato il risultato di una unione di più principi elementari. Il modo e la quantità in cui questi si disponevano in ogni unione dava luogo non ad una serie discreta e discontinua di sostanze, ma, al contrario, ad un *continuum* materiale

³² C. GLASER, *Traité de la chimie*, Paris, 1663, pp. 13-14.

³³ *Ibid.*, pp. 62-63.

³⁴ *Ibid.*, p. 273.

³⁵ *Ibid.*, p. 29.

³⁶ J.J. BECHER, *Physica subterranea*, cit., pp. 127-129.

costituito dalle infinite loro possibili combinazioni. Infatti, a proposito dello «zolfo principio», egli scriverà in uno dei suoi *Essays de chimie* (1706) che la combinazione di questo principio con le sostanze vegetali, animali e bituminose,

«può essere variata all'infinito; poiché la sostanza di un corpo composto consiste esclusivamente nell'assemblaggio delle materie di cui è composto, e se si cambia questo assemblaggio, o raggruppandone le parti in altro modo, o aumentando qualcuna di queste parti, la cui combinazione è infinita, è costante che il cambiamento della sostanza di questi corpi potrà essere anch'esso infinito».¹⁷

Hombert riteneva che le innumerevoli circostanze concrete, all'interno delle quali avvenivano le reazioni chimiche, potevano dar luogo ad una serie continua ed infinita di composti diversi.

Questa idea di un mondo chimicamente «pieno» era inserita nel contesto filosofico — soprattutto di orientamento cartesiano — che abbiamo sopra delineato.

«La materia della luce producendo le materie solfose, si introduce nella sostanza dei corpi, ne cambia l'arrangiamento delle parti e le aumenta, e di conseguenza cambia la sostanza stessa di questi corpi in tutti i modi in cui essa può differentemente collocarsi e in quantità differente, la qual cosa produce una varietà infinita; in modo tale che se si volesse paragonare la varietà delle materie che esistono, a quella che potrebbe esistere per mezzo di tutte le combinazioni possibili, noi saremmo obbligati a dire che l'Universo conosciuto è ben poca cosa in confronto di ciò che potrebbe essere, e anche se si avessero numerosi Mondi come il nostro, essi potrebbero essere tutti forniti di oggetti differenti senza cambiare la materia, né la maniera in cui questi oggetti sarebbero composti; la qual cosa dimostra una ricchezza ed una potenza infinita dell'Essere che ha prodotto l'Universo».¹⁸

È interessante notare che se per Hombert la pluralità dei mondi, la infinità delle sostanze, e il divario enorme fra la parte dell'Universo conosciuto e quello conoscibile, erano testimonianza della «infinita potenza» del creatore, tuttavia la pur limitata conoscenza prodotta dalla chimica, riguardo alla struttura della materia ed alle modalità della combinazione e delle proprietà dei suoi principi costituenti, erano delle verità di ultima istanza; dalle quali la stessa onnipotenza divina non poteva arbitrariamente discostarsi: anzi essa si manifestava proprio nella produzione infinitamente varia e numerosa dei corpi composti a partire dagli stessi, pochi e semplici, principi.

La stessa infinità dell'Universo creato, era comunque ben poca cosa rispetto al numero degli Universi «possibili», anch'essi, presumibilmente in numero infinito!

Una delle conseguenze notevoli di questa concezione continua del mondo materiale era l'esistenza di quelli che Lovejoy ha definiti «principio di gradazione» e «principio di continuità»: secondo il primo doveva esistere in natura una scala naturale ordinata in gradi successivi di perfezione, nel gradino inferiore della quale era contenuto potenzialmente il grado superiore; per il secondo se fra due specie

¹⁷ W. HOMBERT, *Suite de l'article trois des Essays de chimie*, in *Memoires de l'Academie Royale des Sciences*, Paris, 1706, p. 272.

¹⁸ *Ibidem*.

naturali era possibile teoricamente un tipo intermedio, esso era sicuramente realizzato in natura, altrimenti sarebbe venuta meno quella «picchezza» del mondo naturale, che in Homberg, era la conseguenza del carattere infinito del numero dei composti attualmente esistenti, o pensabili come possibili.

È ciò che il nostro chimico sostiene nel caso della formazione dei metalli a partire dai principi del «mercurio» e dello «zolfo» o «materia della luce», secondo una logica finalistica di origine alchimistica guidata dal concetto di «perfezione»:

«La materia della luce che penetra poco a poco le sfere di mercurio per metterlo in condizione di potersi legare insieme e divenire metallo, non possono fare questa penetrazione se non impiegando molto tempo, e siccome noi abbiamo supposto che nell'argento la materia della luce non ha penetrato le sfere di mercurio che poco innanzi la sostanza di queste sfere, e che i fori che essa vi ha fatto sono in piccolo numero, e che al contrario nell'oro le sfere di mercurio sono state bucate da parte a parte, e che i pertugi che vi sono stati fatti vi sono in così gran numero per quanto le superfici di queste sfere sono state capaci di riceverne, ne deve seguire che per la perfezione dell'argento, la materia della luce deve impiegare molto meno tempo che per la perfezione dell'oro; e che per la stessa ragione ogni oro potrebbe essere ben stato dell'argento prima di aver raggiunto la sua propria perfezione, così come, di conseguenza, ogni argento può divenire oro, una volta che si trovi in una situazione tale che la materia della luce possa continuarvi la sua azione».⁵⁵

Da questa teoria gradualista e temporalmente lineare della formazione dei metalli «perfetti» oro e argento, e dallo sfondo teorico al quale abbiamo fatto riferimento, Homberg arrivava alla conclusione che doveva esistere «un metallo intermedio fra l'oro e l'argento, poiché è difficile che si incontra sempre nelle miniere la perfezione dell'oro o quella dell'argento». Questo metallo doveva esistere realmente, poiché, sempre secondo Homberg, era sperimentalmente verificato che era possibile trovare

«nell'argento una materia che diviene oro, e nell'oro una materia biancastra, che per mezzo del fuoco finisce per prendere il vero colore dell'oro. Sono queste due materie che sono il metallo intermedio fra l'oro e l'argento, ma che non restano per lungo tempo in questo stato, poiché ogni fusione le avvicina sempre più alla perfezione dell'oro».⁵⁶

Gran parte di questi temi saranno presenti in maniera rilevante e diffusa nel *Dictionnaire de chimie* (1766) di Pierre Joseph Macquer. In quest'opera — uno dei caposaldi della chimica stahlianica e newtoniana francese del XVIII secolo — gli argomenti della infinità dei corpi naturali, della infinità delle proporzioni nelle quali essi si combinavano fra loro e quello della infinità dei mezzi artificiali, di laboratorio, necessari per studiarli e/o realizzarli saranno dei veri e propri luoghi comuni. Per Macquer, ad esempio, la rarità in natura dell'elemento terrestre — che insieme all'aria, all'acqua e al fuoco o flogisto erano i costituenti elementari di tutti i corpi — poteva essere spiegata dal fatto che la superficie del nostro globo era stata, sin

⁵⁵ W. HOMBERG, *Suite des Essais de chimie. Art. IV du Mercure*, in *Mémoires de l'Académie Royale des Sciences*, Paris, 1709, pp. 112-113.

⁵⁶ *Ibid.*, p. 113.

dall'inizio dei tempi, cioè sin dalla sua origine, esposta all'azione continua, ininterrotta ed incessante degli altri elementi, di modo che la natura, aiutata dagli altri elementi, «ha poco a poco disunito le parti integranti della terra elementare, e combinandole in una infinità di maniere, e in una infinità di proporzioni differenti con le parti di questi altri elementi, ha formato il numero innumerabile dei diversi corpi composti di diversa specie»⁴¹, presenti nella superficie del globo terrestre.

Nel caso della formazione delle leghe metalliche scriverà che dalla mescolanza dei differenti metalli poteva risultare una

«infinità di combinazioni differenti, a seconda della natura, del numero e delle proporzioni delle materie metalliche suscettibili di mescolarsi tra loro»⁴².

E a proposito delle precipitazioni che la proprietà sorprendente che possiedono certe sostanze di separarsi da altre con le quali erano strettamente unite era «la causa veramente efficiente di una infinità di decomposizioni chimiche»⁴³. E le citazioni potrebbero continuare a lungo.

Certo, anche in Macquer, l'uso dei termini *infinito* ed *infinità* non era particolarmente rigoroso, poiché, in alcuni luoghi del suo dizionario, come nel *Saggiatore* di Galilei, essi venivano adoperati evidentemente al posto di «un numero molto grande» o di «grandissimo». Come, per esempio, quando trattava delle analisi delle combinazioni dell'acqua elementare in cui il nostro chimico affermava che «una moltitudine di esperienze e d'analisi dimostrano che l'acqua entra in qualità di principio nelle combinazioni di una infinità di corpi composti»,⁴⁴ dove evidentemente i corpi composti esaminati non potevano essere attualmente in numero infinito! Oppure quando affermava che i chimici «hanno dato una infinità di forme differenti al mercurio per renderlo appropriato all'uso della medicina»,⁴⁵ o quando alla voce *Laboratoire de chimie* scriveva di una «infinità dei piccoli fatti di dettaglio» a proposito delle operazioni di laboratorio⁴⁶ o sulla utilità della chimica per una «infinità di arti importanti»⁴⁷. Anche se è interessante far notare come, nel primo caso, Macquer usi il termine «moltitudine» per indicare la quantità delle esperienze e quello di «infinità» quando indica i corpi composti esistenti in natura: ad un confronto ravvicinato fra un uso retorico ed uno ontologico della infinità, il primo trova un sinonimo che effettivamente sta per «grandissimo».

Anche in Macquer è presente l'idea che *in natura* esistesse realmente un numero infinito di corpi e che in essa avvenissero un numero infinito di processi di tipo chimico. Ma solo un numero limitato di questi erano conoscibili mediante l'esperienza artificiale di laboratorio. In una polemica con alcune posizioni di Buffon, scriverà che, secondo il naturalista francese, la natura faceva per mezzo dell'acqua «tutte le combinazioni che noi facciamo nei nostri laboratori col fuoco,

⁴¹ P.J. MACQUER, *Dictionnaire de chimie*, Paris, Lacombe, 1766, t. II, p. 576.

⁴² *Ivi*, t. I, p. 101.

⁴³ *Ivi*, t. II, p. 308.

⁴⁴ *Ivi*, t. I, pp. 368-369.

⁴⁵ *Ivi*, t. II, pp. 314.

⁴⁶ *Ivi*, t. II, p. 3.

⁴⁷ *Ivi*, t. II, p. 12.

ed una infinità d'altre che noi non siamo in grado di fare».⁴⁸ Fra le operazioni dell'arte e quelle della natura vi era dunque sempre uno scarto, esattamente quello fra *finito* (per quanto grande possa essere concepito) ed *infinito*. Questo scarto, a mio parere, era alla base della idea stessa della possibilità di un *progresso illimitato della conoscenza umana, soprattutto di quella scientifica e sperimentale*. Questa, infatti, non poteva avere limiti se non di tipo sincronico, poiché diacronicamente la infinità degli oggetti naturali faceva sì che essa potesse essere continuamente accresciuta, anche se mai perfettamente compiuta. La conoscenza umana si svolgeva cioè progressivamente *nel tempo*. In un mondo «chiuso», in cui gli enti naturali conoscibili potevano essere considerati in numero finito, il procedere della conoscenza non poteva nemmeno essere pensato come un processo senza fine. Questa tensione fra quelli che potremmo definire con un paradosso «i limiti illimitati dell'arte» e la infinità attuale della natura sarà fortemente presente nell'opera di Macquer. Essa assumerà una configurazione tipicamente chimica, che in parte abbiamo già visto negli autori precedenti. Mi riferisco al fatto che per Macquer in natura tutte le sostanze, senza esclusione, potevano combinarsi tra di loro in un numero infinito di proporzioni. Nel sostenere questa posizione, però, egli rovesciava il ragionamento di Homburg, per il quale, come abbiamo visto, tutti i possibili (in numero infinito) erano potenzialmente reali: Macquer sostiene invece che in natura non esistono combinazioni impossibili; l'impossibilità, *relativa*, semmai appartiene all'arte. Infatti, a proposito dell'*alkaest*, il mitico dissolvente universale teorizzato da Paracelso, ma soprattutto da Johann Baptista van Helmont, egli scriveva che

«un simile dissolvente non esiste affatto, o, meglio, non vi è nessun corpo della natura che non possa divenire un *alkaest*; poiché, malgrado vi siano delle sostanze che finora non siamo riusciti a combinare con ogni altra sostanza, le scoperte che in Chimica vengono fatte di giorno in giorno, in merito a queste sorte di unioni credute impossibili, sembrano provare, che con manipolazioni ed altre circostanze opportune, una sostanza qualunque può essere combinata con tutte le altre, cioè dissolvere tutti i corpi per mezzo di uno solo preso a volontà».⁴⁹

Questa concezione rinvia alla teoria della materia di Macquer, per il quale la affinità o attrazione di combinazione, cioè chimica, era una proprietà essenziale della materia che «si modifica diversamente secondo le diverse circostanze».⁵⁰ La componibilità reciproca di tutti i corpi fra di loro, e la produzione di un numero infinito di sostanze composte diverse erano dovute al gioco complesso — ed anch'esso infinitamente variabile — fra questa proprietà, posseduta da ogni corpo anche nelle sue parti minime, e le *circostanze* concrete nelle quali essa poteva agire. Ogni corpo, quindi, aveva una qualche forma di affinità per tutti gli altri. Se una combinazione, non si produceva ciò era dovuto ad un difetto dell'arte; piuttosto che ad una impossibilità ontologica. Difetto peraltro relativo, poiché nulla poteva escludere che il progresso della conoscenza rendesse attuale, ciò che potenzialmente era

⁴⁸ *Ist.*, t. II, p. 100.

⁴⁹ *Ist.*, t. I, p. 70.

⁵⁰ *Ist.*, t. I, p. 48.

possibile. È alla voce *Affinité* che queste posizioni verranno esposte in maniera estesa ed evidente:

«Da ciò se ne deve concludere che non bisogna decidere che un corpo non abbia alcuna affinità con un altro corpo, per il motivo che non si conosce nessun mezzo per unirli. Sembrerebbe certo, al contrario, che quando sono uniti tutti i corpi della natura hanno fra di loro un certo grado di aderenza, e di conseguenza non vi sono combinazioni che siano realmente e assolutamente impossibili; ma che questo grado di affinità varia, secondo i differenti stati nei quali questi corpi si trovano... Tuttavia siccome la mancanza di unione da parte di due corpi, impedisce realmente che l'affinità che essi hanno tra di loro possa manifestarsi, aspettando che la Chimica sia così avanzata perché si possano fare le combinazioni che sembrerebbero attualmente impossibili, noi possiamo considerare i corpi che rifiutano di combinarsi, come non aventi affatto affinità gli uni con gli altri».⁷¹

Nel caso delle leghe metalliche, ad esempio, non tutti i metalli si mescolavano tra loro in tutte le proporzioni, ma secondo un preciso ordine di combinazione, rivelato dalla tavola delle affinità elaborata da Gellert. Lo zinco, ad esempio, solo in parte si lega al piombo. Macquer così commentava questa parzialità: «Vale a dire che *apparentemente* lo zinco non s'unisce affatto al piombo in ogni sorta di proporzione».⁷² L'uso del termine «apparentemente», che ho messo in corsivo, sta appunto a significare che la impossibilità o il carattere limitato delle combinazioni erano solo la evidenza sensibile di un limite dell'arte, piuttosto che della natura dei corpi, che come abbiamo visto, di per sé erano totalmente, reciprocamente, e diversamente componibili a seconda delle circostanze naturali concrete (o anche delle circostanze sperimentali).

La tematica delle «circostanze», qui gioca un ruolo fondamentale, poiché — come abbiamo visto — è proprio la varietà delle circostanze — naturali o artificiali — a determinare la varietà dei risultati (i composti) dei processi chimici. Le circostanze naturali erano infinitamente variabili e quindi davano luogo ad infiniti processi ed infiniti composti; quelle artificiali, al contrario, erano necessariamente in numero limitato e davano luogo a un numero altrettanto limitato di risultati. Nel caso delle cristallizzazioni, ad esempio, era stato un bene il determinare l'autentica forma di tutti i sali suscettibili di cristallizzazione, e di averli fatti cristallizzare effettivamente per scoprirla, anche se tutti gli esperti sapevano

«che un solo e medesimo sale, benché tenda costantemente alla medesima forma, tuttavia è capace di mascherarsi in mille maniere e di prendere una infinità di forme tutte differenti, secondo le circostanze che possono concorrere alla sua cristallizzazione».⁷³

Infatti le varie circostanze nelle quali era possibile far avvenire il processo di cristallizzazione dovevano essere considerate come delle cause «che potendo agire successivamente o combinarsi insieme in una infinità di maniere, apportano delle varietà innumerevoli alla cristallizzazione».⁷⁴

⁷¹ *Iv.*, t. I, pp. 30-51.

⁷² *Iv.*, t. I, p. 106.

⁷³ *Iv.*, t. I, pp. 305-306.

⁷⁴ *Iv.*, t. I, p. 306.

Come si può facilmente dedurre da quanto detto finora in questa chimica non vi era una differenza sostanziale fra i fenomeni della dissoluzione, della mescolanza dei metalli per la formazione delle leghe, e le combinazioni vere e proprie. Anzi la «dissoluzione» rappresenterà una sorta di modello generale di ogni reazione chimica: «La dissoluzione non è altra cosa che l'atto stesso della combinazione», scriveva Macquer alla voce dedicata a questo fenomeno.²⁷

Questa confusione fra i fenomeni propri della dissoluzione e quelli delle combinazioni chimiche, come ha sottolineato Pierre Duhem,²⁸ era tipica della chimica del XVIII secolo, e sarà all'origine del successivo contrasto fra le ipotesi di Claude-Louis Berthollet e Jean-Louis Proust sulle proporzioni definite delle combinazioni chimiche: il carattere innovatore delle concezioni del secondo consisteva, infatti, non solo nell'aver affermato il carattere definito delle proporzioni mediante le quali si formavano i vari composti chimici (cosa che era condivisa da tutti) ma dal fatto che essi dovevano essere in numero limitato e costante, nonché indipendente dalle circostanze sperimentali nelle quali tale formazione avveniva. Ma torniamo a Macquer.

Abbiamo visto già in Homberg come nella chimica della prima metà del XVIII secolo fossero presenti i principi di gradazione e di continuità. Essi svolgeranno un ruolo anche nella elaborazione di Macquer soprattutto in quella «legge fondamentale molto generale»²⁹ delle combinazioni chimiche, secondo la quale tutti i composti avevano delle proprietà che «partecipavano» di quelle dei principi componenti. Fra principi e composti di varia e più complessa composizione si stabiliva cioè una sorta di *continuum* qualitativo, una sorta di scala ininterrotta delle qualità. Solo fra i principi elementari essendo essi i «portatori» di qualità assolute della materia, vi era una discontinuità notevole. Questa, però, turbava lo spirito del nostro chimico. Come se la discontinuità troppo radicale fra le sostanze fosse una condizione di fatto difficilmente accettabile come realmente esistente in natura. A proposito dei cambiamenti di stato — reali o ipotizzabili — che poteva subire la terra vetrificabile, o elemento terroso, mediante una grande quantità di calore e poi per raffreddamento successivo, Macquer si poneva, dunque, il problema se da queste considerazioni non si potesse

«inferire che gli elementi o le sostanze più semplici che noi conosciamo, non siano essenzialmente che una sola e stessa materia, ed essi non differiscano fra di loro se non per la massa e la forma delle loro molecole primitive integranti, le quali, grazie a questa diversità di forma e di massa, hanno una tendenza molto più o molto meno grande ad unirsi fra di loro; e si sarebbe tentati di credere che a questo riguardo si potrebbe avere una specie di *analogia* o di *gradazione* fra loro; di modo che, per esempio, la terra starebbe all'acqua, ciò che l'acqua sta all'aria e ciò che l'aria sta al fuoco, o piuttosto qualche altra sostanza a noi sconosciuta intermedia fra l'aria e il fuoco; poiché fra questi ultimi due la differenza sembrerebbe troppo grande per poter essere paragonata a quella che noi percepiamo tra i primi tre».³⁰

²⁷ *Ist.*, t. I, p. 331.

²⁸ P. DUHEM, *Le mixte et la combinaison chimique* (1902), Paris, Fayard, 1985, pp. 53 sgg.

²⁹ P.J. MACQUER, *op. cit.*, t. I, p. 51.

³⁰ *Ist.*, t. II, 573-574.

Ma queste supposizioni, in mancanza di dati di fatto che le potessero sostenere, dovevano essere considerate delle «speculazioni puramente sistematiche»²⁰ e come tali dovevano essere bandite dalla scienza, in mancanza di prove positive a loro favore.

Abbiamo visto, dunque, come alcune ipotesi metafisiche generali tipiche della scienza moderna, e delle riflessioni che essa ha suscitato alle sue origini, erano intrinsecamente presenti all'interno del contesto teorico all'interno del quale si è sviluppata la chimica, nel suo lento processo di costituzione in scienza autonoma. In questo caso molti degli argomenti trattati ruotano intorno al concetto di infinito, alla sua attualità ed alla sua potenzialità, ed a ciò che la sua presa in considerazione ha significato per le differenti immagini della natura nel XVII e nel XVIII secolo, in un nesso molto intricato fra ontologia, epistemologia, gnoseologia, e teorie e pratiche scientifiche propriamente dette.

Un aspetto, in conclusione, mi preme mettere in rilievo. Il rapporto fra finità della scienza ed infinità della natura, degli oggetti naturali, pone in una relazione dialettica, in un'altra «tensione essenziale», il rapporto fra «visibile» (nel senso di conosciuto) ed «invisibile» (nel senso di ciò che è ancora ignoto e da conoscere). Tensione sempre spostata e mai risolta, poiché fra conoscibile e conosciuto, a dirlo con Nicola da Cusa, dal quale abbiamo preso le mosse, effettivamente non vi è «nessuna proporzione».

²⁰ *Ibid.*, t. II, p. 374.

SANDRA TUGNOLI PATTARO (*)

Storia e fondamenti. Alle origini della chimica moderna (**)

History and the Foundations Problem. At the Origins of modern Chemistry.

Summary - The paper presents the following:

1) some remarks intended to a definition and a characterization of the term 'foundations' in science;

2) a depiction of the role of history in the context of a foundational analysis of scientific knowledge: from logical - empiricism to post - empiricism;

3) examples of application of 1) and 2) to chemistry up to Lavoisier.

1. Per una ricognizione epistemologica della nozione di «fondamenti» della scienza.

La questione dei fondamenti della scienza è di lunga tradizione negli orientamenti fenomenistici di tendenza sia razionalistica sia empiristica, ma si può dire che solo nel nostro secolo essa abbia costituito oggetto di approfondita analisi tale da consentire di specificarne caratteristiche e problematiche inerenti. In particolare, un'opera sistematica e originale di riflessione e riformulazione critiche del problema del fondamento epistemologico della scienza è stata condotta, a partire dagli anni Trenta, dal movimento neopositivistico sviluppatosi intorno al *Wiener Kreis*, soprattutto ad opera di Moritz Schlick e Rudolf Carnap, sulla scorta altresì dei contributi di autori che detto movimento hanno ispirato, quali Mach, Poincaré, Duhem, Russell.

In questo paragrafo s'intendono richiamare alcune testimonianze atte a delineare una proposta di definizione di «fondamenti» entro siffatta prospettiva, in quanto la si può considerare l'approdo più significativo e sistematico del procedimento critico che, intorno a tale tematica, era venuto già profilandosi durante il secolo precedente, anche se proprio negli stessi anni (Trenta) della formulazione della proposta, la dimostrazione, da parte di Gödel e di altri, dei teoremi limitativi

(*) Università di Bologna.

(**) Relazione presentata al IV Convegno Nazionale di «Storia e Fondamenti della Chimica» (Venezia, 7-9 novembre 1991).

introdusse perplessità circa l'adeguatezza di un'applicazione generalizzata del metodo assiomatico nella costruzione formale delle scienze.

La ricognizione muove da testimonianze relative alla matematica e alla logica. Questo perché storicamente è nell'analisi dei sistemi assiomatici formali relativi a tali discipline che la tematica fondazionale si è presentata in tutta la sua ricchezza e ha fornito le basi per la sua applicazione all'ambito dei sistemi di conoscenza empirica.

Una prima utile definizione epistemologica generale può essere quella secondo cui per «fondamenti» di una qualsiasi disciplina s'intendono in genere «le idee e le conoscenze sulla cui base è imperniato il suo sviluppo» (Pasquinelli, 1963, p. 81).

Più specificamente, nei *Principia mathematica* (1910-1913), per esempio, B. Russell e N. Whitehead scrivono che, per costruire un sistema deduttivo delle conoscenze matematiche, occorre, da un lato, analizzare la matematica esistente «per scoprirne le premesse basilari, per accertarne la mutua coerenza e per vedere se esse siano riducibili a premesse più fondamentali. D'altra parte, una volta stabilite tali premesse bisogna ricostruire nella misura ritenuta necessaria i dati previamente analizzati e derivare dalle premesse assunte tutte le possibili conseguenze di rilevanza generale» entro il sistema (Whitehead e Russell, 1968, I, p. V).

In matematica l'analisi storica consente di ravvisare tra le nozioni fondamentali quella di «numero», evidenziando, in particolare, che l'esigenza di superare le antinomie connesse con la ricerca di una definizione univoca di tale concetto e con la teoria cantoriana degli insiemi condusse dapprima a formulare il programma di aritmetizzazione, cioè di fondazione (riduzione) di tutte le conoscenze matematiche all'aritmetica, quindi, dopo il fallimento di tale programma, a cercarne una nuova fondazione nella logica nuovamente riformulata (proposta di Russell). Il permanere di difficoltà inerenti alla ricerca volta al superamento della crisi dei fondamenti della matematica spiega perché in questo campo si siano fronteggiate ancora nel nostro secolo tre correnti di pensiero metamatematico: il logicismo di Russell e Whitehead, il formalismo di D. Hilbert e l'intuizionismo di L.E.J. Brouwer (cfr. Hahn, Neurath e Carnap, 1979, pp. 83-86).

Analoga problematica fondazionale è stata posta relativamente alla logica deduttiva, intesa quale scienza dei giudizi e dell'inferenza necessari, in cui i principi logici risultano identificabili con enunciati analitici generali del tipo «se... allora...». In questo contesto come nozioni fondamentali, dal punto di vista semantico, sono state riconosciute quelle di «analiticità» e d'«implicazione» nel senso di L-implicazione, ovvero d'implicazione logica. Infatti, il chiarimento del concetto di «analiticità» rappresenta la condizione per stabilire che col risolversi in enunciati analitici la logica esprime giudizi necessari o necessariamente veri, dato che analitiche vengono dette le proposizioni verificabili prescindendo dai fatti. D'altra parte il chiarimento del concetto di «L-implicazione» costituisce la condizione per stabilire che enunciati analitici generali della forma «se... allora...», i cui antecedenti appunto L-implichino i conseguenti, rappresentano principi d'inferenza necessari, dove per «principi d'inferenza necessari» s'intendono principi che determinano quali conclusioni seguano da certe premesse nel senso che possa escludersi la falsità delle prime se le seconde sono vere (cfr. Pasquinelli, 1963, pp. 83-85).

In logica induttiva l'espressione «fondamenti dell'induzione» esprime il principio per il quale è lecito passare dai fatti alle leggi e dal passato all'avvenire. Tale

principio per gli empiristi è convenzional-pragmatico, consistendo nell'assumere quale regola metodologica l'esistenza di costanza e uniformità negli eventi naturali, assunzione che si forma per induzione, mediante rilevamento di una connessione costante di eventi, di regolarità *de facto* rilevate in natura e che vengono espresse nelle leggi. Per i razionalisti, invece, tale espressione rinvia a un'intuizione originaria di un principio supremo di ragione, nel quale risiede la giustificazione dei processi induttivi: principio d'identità, di non-contraddizione, di ragion sufficiente, ecc.)

Specifico riferimento al problema fondazionale delle scienze reali si trova, infine, sia nel «manifesto» del *Wiener Kreis*, sia in importanti saggi di Schlick e Carnap sui fondamenti della conoscenza, dove, com'è noto, questa per gli esponenti del *Wiener Kreis* è senz'altro la conoscenza scientifica.

Nel «manifesto» del 1929, Hans Hahn, Otto Neurath e Carnap, a proposito dei «fondamenti della fisica» riconoscevano che, sotto l'influsso del pensiero di Mach, Poincaré e Duhem, all'interno del Circolo di Vienna vennero dibattute le questioni della portata reale dei sistemi scientifici, in particolare dei sistemi ipotetici e assiomatici, dove per tali s'intendevano, a prescindere totalmente dalle loro applicazioni empiriche, sistemi di definizioni implicite, cioè sistemi in cui i concetti ricorrenti negli assiomi risultassero definiti non con riferimento al loro contenuto, bensì solo nelle loro relazioni reciproche fissate negli assiomi. Sistemi così intesi acquistavano significato reale solo mediante l'aggiunta di ulteriori definizioni, delle cosiddette «definizioni di corrispondenza», che stabilivano quali oggetti della realtà costituissero *modelli* dei sistemi stessi. «Lo sviluppo della scienza empirica, intesa a rappresentare la realtà per mezzo di una rete di concetti il più uniforme e semplice possibile, può così, come appare storicamente, aver luogo in uno dei due modi che seguono: le variazioni, imposte dalle nuove esperienze, sono attuabili o negli assiomi o nelle definizioni di corrispondenza» (Hahn, Neurath e Carnap, 1979, pp. 86-87).

Per parte sua, nel 1934 Schlick scriveva: «se si considera la scienza un sistema di proposizioni, in cui, come logici, ci interessino solo le connessioni inferenziali, allora la questione del suo fondamento, che in tal caso rimane puramente "logica", può esser risolta del tutto arbitrariamente. Infatti, ognuno sarebbe libero di definire come vuole il fondamento. Entro un sistema astratto di proposizioni, non si dà alcun *prius* né *posterius* in sé. Si potrebbero allora considerare quali fondamento ultimo le proposizioni generali della scienza, cioè quelle che per lo più si è soliti scegliere come assiomi; ma anche con pari legittimità quelle proposizioni speciali che corrispondono ai protocolli realmente registrati; o altro. Ma tutte le proposizioni della scienza, nel loro complesso o singolarmente, sono solo ipotesi, dal punto di vista del loro valore di verità e della loro validità. Se, invece, si dirige l'attenzione sulla connessione della scienza con la realtà, se si considera il sistema delle sue proposizioni per ciò che esso propriamente è, cioè uno strumento per orientarsi fra i fatti e arrivare alla conferma, allora il problema del fondamento si trasforma automaticamente nel problema del nesso indubitabile tra conoscenza e realtà. Questi punti di contatto assolutamente fermi, che sono le *costatazioni*, hanno una peculiarità: sono le *uniche proposizioni sintetiche che non siano ipotesi*. Non è vero che si trovino alla base della scienza, al contrario la conoscenza scientifica perviene ad essi come una fiamma, attingendoli per un attimo e subito consumandoli. E di qui, alimentata e rinforzata, guizza di nuovo verso l'esperienza futura. Questi attimi del

soddisfacimento e della consumazione dell'aspettativa sono l'essenziale. Da essi promana tutta la luce della conoscenza. Ed è propriamente di tale luce che il filosofo cerca l'origine, quando il suo problema è quello del fondamento del sapere» (Schlick, 1969, pp. 321-322, ultimi corsivi aggiunti).

Il successivo riconoscimento del carattere per principio ipotetico degli asseriti sia singolari sia universali (1936-1937) indusse neopositivisti quali *in primis* Rudolph Carnap a sostituire al principio di verificabilità quello di confermabilità quale criterio di significanza delle asserzioni conoscitive, e, insieme, a sostituire al criterio di definibilità esplicita quello di riducibilità (operazionismo di P.W. Bridgman rivisto) quale criterio d'interpretazione dei termini non primitivi usati nelle scienze empiriche. In *Foundations of Logic and Mathematics* (1939), Carnap mostrò che il *corpus* della scienza, o di una disciplina particolare «può venir assimilato a un calcolo, i cui assiomi rappresentino le leggi basilari della disciplina stessa. Anziché essere direttamente interpretato, detto calcolo viene invece costruito come un "sistema liberamente fluttuante", ossia come una rete di concetti teorici primitivi connessi fra loro dagli assiomi. Sulla base di tali concetti primitivi, vengono definiti ulteriori concetti teorici, alcuni dei quali possono risultare strettamente associati a proprietà osservabili, così da essere interpretabili mediante regole semantiche che li collegino con termini osservativi. Per esempio, "Fe" può venir definito sulla base di una certa configurazione di particelle, e "Y" sulla base di una certa distribuzione del campo elettromagnetico; successivamente è possibile stabilire queste regole semantiche: "Fe" designa il "ferro" e "Y" designa una data tonalità di giallo, che consentono di "ancorare" la rete fluttuante "al solido terreno dei fatti osservabili". Poiché si tratta di regole che coinvolgono solo determinati concetti derivati [non primitivi], l'interpretazione dei termini teorici da esse assicurata è incompleta; tuttavia, siffatta interpretazione incompleta è sufficiente per l'intendimento del sistema teorico, se "intendere" significa saper applicare praticamente, l'applicazione nella fattispecie consistendo nella previsione di eventi osservabili, a partire da dati osservativi, mediante il sistema teorico medesimo. A tal fine, è sufficiente che certi termini derivati del sistema teorico siano interpretati mediante regole semantiche» (Carnap, 1963, p. 78).

I passi sopra richiamati inducono ad articolare la ricerca sui fondamenti della scienza da un punto di vista neoeempiristico secondo le seguenti linee. Si tratta di: 1) individuare i termini o le espressioni ritenute fondamentali, essenziali (primitivi, assiomi), da assumersi quale base di riduzione dell'intero sistema delle conoscenze; 2) accertarne la coerenza, cioè la non-contraddittorietà; 3) stabilire le regole mediante le quali le altre nozioni o conoscenze (concetti, leggi, teoremi) di una data disciplina siano riducibili a 1), quindi formulabili entro una teoria generale unitaria (c'è quindi un problema di riduzione e unificazione del sapere). Su tale base si può valutare lo sviluppo (il progresso) attinto storicamente da una disciplina, ovvero stabilire se l'assetto fondazionale o ricostruzione razionale da essa via via conseguito ne abbia promosso il progresso (in termini di accrescimento di conoscenze, maggior capacità esplicativa e previsionale nel caso delle scienze empiriche, coerenza, unitarietà, semplicità, ecc.), dove, come visto, lo sviluppo di una scienza avviene in due modi per i neopositivisti: le variazioni, imposte dalle nuove esperienze, sono attuabili o negli assiomi o nelle definizioni di corrispondenza.

L'analisi neopositivistica consente così di precisare abbastanza bene le caratteristiche di un'indagine fondazionale. Ma la novità principale della proposta del movimento viennese risiede forse in un ulteriore aspetto, che è probabilmente il più controverso da parte soprattutto dei post-empiristi. Si tratta del fatto, esplicitamente accettato in un saggio di G. Sandri, che la riflessione fondazionale, che si svolge nell'ambito della teoria della scienza, per i neopositivisti si colloca a un livello meta-linguistico, perché si tratta di procedere a una ricostruzione formale, a una rappresentazione logico-linguistica della teoria che costituisca la base per una descrizione metalinguistica della struttura formale (sintattica e semantica) della teoria stessa, dove il linguaggio prescelto nella ricostruzione formale è il linguaggio logico-matematico del calcolo predicativo del primo ordine con identità. In altre parole, la questione dei fondamenti della scienza all'interno del neopositivismo emerse nel momento in cui si rilevò consapevolmente l'inadeguatezza dei linguaggi scientifici storicamente dati, cioè dei linguaggi in cui venivano rappresentati gli insiemi delle conoscenze sviluppate e accettate entro una determinata comunità scientifica. L'analisi logica (metodo e filosofia privilegiati dai neopositivisti) mostrò che tale inadeguatezza poteva concernere (a) l'insieme dei termini o concetti primitivi, (b) gli asseriti iniziali (assiomi) che connettevano siffatti termini o concetti, (c) il sistema di regole che consentivano di caratterizzare (definire) ulteriori concetti sulla base dei primitivi e di derivare asseriti ulteriori (teoremi) a partire da quelli iniziali (assiomi). Fu proprio il rilevamento dell'inadeguatezza della base di riduzione (cfr. il passo di Carnap precedentemente citato), soprattutto qualora questa venisse interpretata come consistente in concetti o asseriti su osservazioni sensibili (si pensi alle prime fasi fenomenistica e fisicalistica del neopositivismo e al passo di Schlick precedentemente citato), nonché del sistema di regole, che — secondo Sandri — indusse i neopositivisti a spostare il piano di analisi da quello in cui oggetto di studio erano le conoscenze date a quello in cui si studiavano i linguaggi possibili, nei termini della loro struttura, che i quali fosse rappresentabile il sistema di conoscenze, in altre parole a ritenere che la soluzione della questione dei fondamenti della scienza fosse perseguibile solo a livello linguistico-metodologico: non ampliando o modificando i linguaggi di base, bensì costruendo un nuovo linguaggio vertente su tali linguaggi e che, descrivendo la loro organizzazione strutturale e le loro relazioni di significato, formulasse criteri di oggettività scientifica e promuovesse, sul piano metodologico, l'unità della scienza come problema linguistico. Siffatto linguaggio dell'analisi della scienza doveva soddisfare i seguenti requisiti: essere formalmente corretto; essere sufficientemente potente da riuscire a caratterizzare la struttura dimostrativo-inferenziale dei linguaggi scientifici dati, appunto perché in esso erano compresi un vocabolario di termini primitivi, un insieme di asseriti primitivi o assiomi, fra i quali ricorrevano gli asseriti generali (le leggi) della scienza, e un insieme di regole (le definizioni operative) che ponevano in relazione i termini astratti della teoria con i termini sottoposti a interpretazione osservativa diretta; infine, connesso con quest'ultimo punto, tale linguaggio doveva soddisfare un forte requisito di adeguatezza, consistente in una sorta di principio dell'empirismo: tutta la conoscenza non analitica (non logica o matematica) si basa sull'esperienza, ovvero la tesi dell'empirismo vale solo relativamente alla verità fattuale, escludendo l'esigenza di qualsiasi conferma empirica per le verità logiche e matematiche (cfr. Sandri, 1981, pp. 91, 77-78; Carnap, 1963, p. 64).

Approdando a una concezione siffatta dei fondamenti, potrebbe sembrare che, entro la prospettiva neopositivistica, non ci sia posto per la storia o almeno che questa svolga ruolo secondario e al limite non indispensabile per una ricostruzione fondazionale. Tanto più che i neopositivisti sottoscrissero la distinzione teorizzata da Hans Reichenbach tra «contesto della scoperta» (processo genetico effettivo delle conoscenze umane) e «contesto della giustificazione» (individuazione dei principi inferenziali ed empirici della conoscenza valida). L'analisi logica s'interessava del contesto della giustificazione, l'unico che fosse possibile studiare in modo sistematico (è possibile stabilire regole o principi solo riguardanti la giustificazione, non il processo genetico, delle conoscenze): in esso risultavano canonizzate le conoscenze istituzionali costituenti il *corpus* di una scienza in una data epoca. Sembra, pertanto, privilegiata la ricostruzione sincronica, la «storia interna» (storia intellettuale, delle idee) della scienza. Come si vedrà, queste critiche, mosse al neopositivismo soprattutto da parte dei post-empiristi, risultano errate o comunque parziali; anzi, paradossalmente, proprio l'argomento «storia» addotto contro la prospettiva neopositivistica da parte dei post-empiristi è quello che conduce a negare la possibilità di un'analisi fondazionale della scienza.

2. Storia vs «fondazionismo».

Non v'è dubbio che il merito di aver rivalutato il ruolo della storia per la filosofia della scienza spetti ai post-empiristi, i quali, dagli anni Sessanta del nostro secolo, si sono auto-dichiarati promotori di una «rivoluzione copernicana» in epistemologia e di una «rivoluzione storiografica nello studio della scienza». Lakatos ha espresso molto chiaramente il nuovo orientamento epistemologico circa il rapporto storia della scienza/filosofia della scienza parafrasando, in aperta polemica con l'insistenza sulla filosofia come analisi logica del linguaggio sostenuta dal neopositivismo, un noto passo di Kant nei termini seguenti: «la filosofia della scienza senza la storia della scienza è vuota. La storia della scienza senza la filosofia della scienza è cieca» (Lakatos, 1981, p. 1).

In questa prospettiva, il concetto tradizionale di storia, come depositaria di aneddoti o cronologia, come descrizione e individuazione delle scoperte e degli errori, allo scopo di ricostruire lo sviluppo diacronico cumulativo dei contributi scientifici utili e degli ostacoli a essi frapposti per l'assetto odierno della scienza (interpretazione del positivismo ottocentesco), viene sostituito da quello di una storia che cerca di presentare l'integralità storica di una scienza nel contesto del suo tempo, tenendo conto delle incommensurabili maniere di pensare, delle idiosincrasie personali, delle credenze ricevute anche dall'educazione professionale e coesistenti entro una determinata comunità scientifica.

Viene così proposta una nuova immagine di scienza, il cui contenuto non risulti esemplificato unicamente nelle osservazioni, leggi o teorie esposte nei manuali scientifici (come emergerebbe dall'accezione tradizionale di storia), bensì s'insiste soprattutto su almeno due elementi: quello dell'*arbitrarietà*, cioè delle accidentalità storiche o personali, che sono sempre presenti nelle convinzioni dei membri di una specifica comunità scientifica in un dato momento storico; e quello della distinzione

tra *scienza normale* e *scienza rivoluzionaria*, dove con la prima espressione s'intende «una ricerca stabilmente fondata su uno o più risultati raggiunti dalla scienza del passato, ai quali una particolare comunità scientifica, per un certo periodo di tempo, riconosce la capacità di costituire il fondamento della sua prassi ulteriore» e che risulta propriamente illustrata nei manuali scientifici. Tali manuali, quelli su cui si formano gli studenti, espongono, infatti, il corpo della teoria riconosciuta come valida, quelli che Kuhn chiama «paradigmi», i modelli di una data epoca per una determinata comunità. Il *Traité* di Lavoisier, per esempio, costituirebbe un tipico esempio di paradigma, di modello di scienza, servendo per un certo periodo di tempo a stabilire implicitamente i problemi e i metodi legittimi della chimica per numerose generazioni di scienziati. Opere come quella di Lavoisier furono in grado di svolgere tale ruolo paradigmatico perché presentavano due caratteristiche: i risultati che esponevano erano sufficientemente nuovi da attrarre uno stabile gruppo di seguaci, distogliendoli da forme di attività scientifiche contrastanti con essi; e, insieme, erano sufficientemente aperti da lasciare al gruppo di scienziati costituitosi su queste nuove basi la possibilità di risolvere problemi di ogni genere (cfr. Kuhn, 1969, p. 29).

La scienza rivoluzionaria è, invece, quella che scaturisce dalla sostituzione del vecchio paradigma con uno nuovo, con quello incommensurabile. La sostituzione avviene quando le anomalie insorte entro la pratica di *routine* della scienza normale non sono più ulteriormente eludibili e si dispone di una teoria alternativa. La scienza rivoluzionaria, quindi, promuove una nuova immagine della scienza, sia come assetto teorico, sia come problematiche da affrontare, sia nei modi di considerare ciò che la precedente professione stabiliva doversi ritenere un problema ammissibile o una sua soluzione legittima. La scienza rivoluzionaria costituirà, a sua volta, un nuovo paradigma, da cui inizierà una nuova scienza normale. Il progresso di una scienza matura è formato dal passaggio da un paradigma a un altro attraverso una rivoluzione (cfr. Kuhn, 1969, pp. 24-25, 31-32).

La novità della prospettiva post-empiristica, nelle formulazioni non solo di Kuhn, ma anche in quelle più elaborate per esempio di Lakatos, rispetto a quella neopositivistica circa il ruolo della storia consiste proprio nell'insistenza sull'importanza del contesto psicologico, sociologico, in genere istituzionale, entro cui opera lo scienziato, cioè sull'importanza del suo far parte di una data comunità scientifica e sociale. Per i post-empiristi, infatti, non è lecito separare fatti e teorie scientifiche se non all'interno della scienza normale entro cui essi sono presentati. Per questo si propone un concetto allargato di «rivoluzione scientifica», secondo cui la scoperta scientifica non è soltanto fattuale nelle sue ripercussioni: «una nuova teoria [...] è raramente, o non è mai, soltanto un'aggiunta a ciò che è già noto» e «il mondo dello scienziato è da essa non solo quantitativamente arricchito ma anche qualitativamente trasformato da fondamentali novità sia teoriche che di fatto» (Kuhn, 1969, pp. 25-26, corsivi aggiunti).

Si considera, pertanto, problematica e inaccettabile la distinzione neopositivistica tra «contesto della scoperta» e «contesto della giustificazione» (cfr. per esempio, già Kuhn, 1969, pp. 27-28). Per i post-empiristi, tale distinzione, lungi dall'essere meramente logica o metodologica, costituisce parte integrante di un insieme tradizionale di risposte, cioè parte di una teoria e quindi assoggettabile alla

stessa analisi cui le teorie vanno sottoposte: la storia della scienza diviene una «fonte di fenomeni, cui le teorie concernenti la conoscenza possono essere legittimamente applicate» (Kuhn, 1969, p. 28).

(Per illustrare il punto di vista post-empiristico si è qui seguita la prospettiva kuhniana per ragioni di priorità storica. Essa è stata, quindi, variamente arricchita, articolata, modificata in ulteriori contributi di post-empiristi, in particolare da parte di I. Lakatos e dei suoi seguaci, fra i quali Alan Musgrave si è specificamente occupato del caso della rivoluzione chimica di Lavoisier. La metodologia di Lakatos, per esempio, a differenza di quella di Kuhn, probabilmente per la diversa formazione dei due studiosi, insiste sull'euristica positiva del programma di ricerca istituzionale, più che sulle anomalie o sulle dimostrazioni d'incoerenza, quale elemento atto a dettare la scelta dei problemi trattati entro un dato ambito di scienza normale.)

Mi sembra che il tema fondazionale entro questa prospettiva si configuri, quindi, diversamente che in quella neopositivistica, nei termini seguenti. La problematica fondazionale praticamente non esiste; anzi si critica esplicitamente il «fondazionismo» neopositivistico (cf. Couvalis, 1989, che si basa su un lavoro poco noto di Feyerabend, *Knowledge without Foundations*, risultato di una serie di lezioni tenute presso l'Oberlin College nel 1961. In quest'opera Feyerabend sosteneva che non esiste alcun fondamento o base certa della conoscenza, neppure a livello di esperienza sensibile. L'empirismo costituisce pertanto un fondamento inadeguato per una teoria della conoscenza. In particolare, perché non è dato conoscere se sussista concordanza tra gli enunciati descrittivi, cioè il linguaggio, e il mondo. Conosciamo il mondo attraverso il linguaggio, concetti o teorie, ma il linguaggio ordinario è come una teoria, quindi non offre maggiori garanzie di oggettività delle osservazioni sensoriali, che sono irrimediabilmente *theory laden*, cioè impregnate di teoria). Infatti, da un lato, l'analisi della struttura, la cosiddetta «storia interna» della scienza, promossa — per esempio — dai neopositivisti, rivelerebbe che il sapere scientifico canonizzato nei manuali scientifici è quello della scienza normale, cioè quello meno interessante per la valutazione del progresso scientifico, che è operante a livello di scienza rivoluzionaria; dall'altro, la «storia esterna», funzionale, dinamica, della scienza attesterebbe, invece, quanto questa non poggi su dati oggettivi, né a livello di protocolli (le osservazioni sono sempre e solo osservazioni alla luce di teorie: tesi già di Popper e radicalizzata dai post-empiristi), né a livello di teorie, né tanto meno a livello linguistico o metodologico (contribuiscono maggiormente allo sviluppo della scienza i linguaggi dati in quanto più ricchi di connotazioni psicologiche, sociologiche, ecc., e non esiste una metodologia scientifica unitaria). Rispecchia in modo più attendibile l'effettivo sviluppo della scienza una «storia esterna», quella che ricostruisce le motivazioni, le irrazionalità, le incongruenze della comunità scientifica e sociale entro cui operano gli scienziati.

3. Un ruolo per la storia.

I post-empiristi hanno accusato i neopositivisti di astoricità o comunque di aver promosso ricerche storiografiche esclusivamente volte a ricostruire la storia interna del sapere scientifico. Invero, come anticipato, tali accuse appaiono infon-

date o quanto meno circoscritte a una minoranza fra essi. Non sono, infatti, mancati presso i neopositivisti lavori storici importanti, anche se, certamente, il tipo di ricerca privilegiato è stato quello di un'analisi strutturale, quindi di una storia interna, della scienza. Appare, comunque, significativo che le caratteristiche ricostruite in chiave neopositivistica del concetto di «fondamenti» ben s'attaglino a un esame storiografico diacronico del pensiero scientifico. Il caso della chimica risulta nel contesto esemplare.

Ora, sono i due punti di vista — neopositivistico e post-empiristico — incomensurabili? Nonostante divergenze di fondo che permangono inconciliabili, forse proprio da un punto di vista storiografico essi possono non essere tali. Mi sembra che il rapporto storia/fondamenti si possa stabilire soltanto qualora si accoglia anche la prospettiva neopositivistica, cioè qualora si operi anche a livello di storia interna. Si tratta, allora, di considerare se si possa fare storia interna senza storia esterna o se si debba fare storia interna e, insieme, storia esterna. Il messaggio post-empiristico più radicale, che privilegia in modo esclusivo la storia esterna, non sembra accettabile, se non al prezzo di perdere buona parte della comprensione del sapere scientifico nella sua interezza.

Lungo questa linea più «morbida» si sono mossi post-empiristi, quali Lakatos. Come di recente rilevato, per esempio, da M. Baldini (1986, pp. 41-56), lo storico della scienza degli anni Ottanta non ritiene più che il suo lavoro debba consistere in ricerche volte a confermare lo schema elaborato dall'epistemologo mediante storie semplificate, stilizzate, in breve banalizzate. Ormai, egli è convinto che, in primo luogo, deve proteggersi dall'arroganza dell'epistemologo e, poi, proteggere l'epistemologo dalla sua sprovvedutezza sul piano storico. Ma — ritengo — è anche vero che lo storico contemporaneo non può fare solo storia sociologica della scienza, come purtroppo è la tendenza attuale maggioritaria, non può, in sostanza, prescindere dal messaggio neopositivistico di rigore metodologico, che attualmente è ancora il solo a suggerire criteri per procedere a quell'analisi critica dei fondamenti del sapere scientifico che rappresenta una condizione imprescindibile non soltanto per la riflessione epistemologica, ma anche proprio per il progresso della scienza stessa. Eventualmente una storia esterna deve accompagnare la storia interna. È proprio la storia della scienza che così globalmente intesa aiuta a comprendere l'assetto sia diacronico sia sincronico delle teorizzazioni scientifiche fino alla loro configurazione attuale. In altre parole, come la storia interna, strutturale, concettuale e formale, neopositivistica può fornire strumenti di valutazione del come le conoscenze scientifiche si siano via via organizzate nel corso del tempo, così la storia esterna, sociologica e psicologica, post-empiristica può suggerire indicazioni per valutare i perché non solo razionali, ma anche irrazionali, personali, sociali, ecc., di tale organizzazione e non di sue eventuali alternative.

L'integrazione fra storia, filosofia e scienza è stata, per altro, attentamente considerata anche da membri del Circolo di Vienna. Nel 1941, Philipp Frank, per esempio, occupandosi del problema dell'insegnamento delle discipline scientifiche, osservava che «a livello universitario solo l'impiego di argomenti storici e filosofici può favorire tra gli studenti l'integrazione della conoscenza. Tuttavia, il punto di partenza dev'essere la stessa scienza vivente». Inoltre, la presentazione di argomenti scientifici nel contesto storico-filosofico entro cui si sono costituiti rappresenta un

metodo fecondo qualora sia effettuato senza servirsi dei numerosi sistemi metafisici che si sono sviluppati nel corso dei secoli: «noi dobbiamo invece far uso dell'argomentazione filosofica che è cresciuta sul suolo della scienza, e si è cibata della linfa della scienza. Non dobbiamo mai dimenticare che la metafisica divide i popoli, mentre la scienza li unisce». «Nel tentativo di costruire un ponte tra la scienza e la filosofia, il nostro primo passo consisterà nel presentare allo studente la sua scienza specifica come un capitolo del libro della conoscenza umana. Ogni scienziato si trova di fronte alla sorprendente possibilità di derivare da pochi semplici principi, mediante argomenti logici, un vasto insieme di fatti che si possono controllare con osservazioni reali. L'esistenza di questi principi ci permette di porre al nostro servizio i fenomeni della natura, perché ci permette di escogitare metodi con i quali prevedere fin dall'inizio i risultati dei processi fisici. La filosofia della scienza si occupa della natura di questo metodo o accorgimento che l'uomo ha ideato per riuscire a prevedere i fenomeni fisici. Avere una certa conoscenza di questo metodo è un'esigenza fondamentale per chiunque desideri comprendere la storia e il comportamento dell'umanità durante gli scorsi e il nostro secolo. Una conoscenza delle strutture logiche della scienza rappresenta un gran passo avanti verso la comprensione del significato delle espressioni in qualsiasi dominio al di fuori della scienza vera e propria, nonché verso un modo corretto di giudicare la verità di ogni tipo», attenga questa anche all'etica, alla politica o alla religione. «Mediante l'analisi logica ed empirica, lo studente apprenderà che i principi della scienza non sono né "dimostrati dalla ragione" [Kant], né "ricavati per induzione dall'osservazione sensibile" [posizione del positivismo ottocentesco, per esempio di J.S. Mill]. Essi invece sono una struttura di simboli accompagnati da definizioni operative. Questa struttura è un prodotto della capacità creativa dell'intelletto umano e consiste di simboli, che sono il prodotto della nostra fantasia.

Tuttavia, la verità di questa struttura può essere controllata mediante osservazioni, che possono essere descritte facendo uso del linguaggio quotidiano. Con l'analisi logico-empirica, la creatività della mente umana emerge come un fattore di primo piano entro la scienza [...]. L'analisi logico-empirica [per altro] si limita a suggerire la funzione della mente umana in maniera piuttosto astratta. La nostra fantasia e capacità inventiva sono troppo limitate, per enumerare e discutere tutti i possibili principi che la capacità creativa degli scienziati può ideare, al fine di dedurre l'ampia gamma dei fenomeni della nostra esperienza. [...] Dobbiamo integrare la nostra analisi logico-empirica, dove "empirica" sta a designare le nostre esperienze individuali, con l'analisi "storica", che è empirica non in rapporto all'individuo, bensì alla razza umana. La storia della scienza è l'officina della filosofia della scienza. Dobbiamo insegnare agli studenti tutti i principi rilevanti che sono stati esposti nel corso della storia; e per storia intendiamo tanto l'estensione spaziale, quanto l'estensione temporale, lo sviluppo delle strutture della scienza attraverso le varie epoche, e su tutta la superficie del nostro globo. In questo modo l'analisi logico-empirica acquista vita e colore, e diventa un anello vivente tra la scienza e l'evoluzione della razza umana. I normali testi di fisica non parlano molto dell'evoluzione dei principi di questa scienza fatta eccezione per qualche data commemorativa. Molto sovente questi libri parlano con disprezzo della scienza antica e medievale. Affermano di non comprendere come mai la gente per secoli

non fu capace di scoprire una legge tanto semplice come il principio d'inerzia, che oggi qualsiasi scolaretto intende come una conseguenza ovvia delle nostre esperienze quotidiane, o addirittura come intuitivo. Tuttavia, nonostante queste osservazioni altezzose, quegli stessi testi non sanno formulare in maniera soddisfacente questo principio d'inerzia [...]. Un simile atteggiamento semplicistico mette in pericolo persino la comprensione dell'evoluzione del pensiero, e favorisce la diffusione dell'atteggiamento di intolleranza e del fanatismo tra gli studenti; mentre un atteggiamento improntato a un'analisi logico-empirica adeguata incoraggerebbe la buona volontà fra persone di diversa estrazione e di diverse convinzioni. Il modo migliore per aiutare lo studente a comprendere i progressi dell'evoluzione del pensiero umano è di presentargli con dovizia di particolari le svolte salienti dell'evoluzione della scienza, ponendo in evidenza non tanto la scoperta di fatti nuovi, quanto l'evoluzione di nuovi principi di trasformazione della struttura simbolica. Sarebbe, per esempio, importantissimo discutere a fondo il conflitto tra Copernico e la chiesa cattolica (o, se si vuole, la chiesa luterana). Io credo che qualsiasi studente di scienze e di discipline umanistiche debba avere una visione chiara della questione, che è stata una delle più grandi e delle più interessanti della storia. Se questo argomento fosse discusso a fondo ed esaurientemente, lo studente riuscirebbe ad acquisire una più profonda penetrazione dell'eterno conflitto tra la presentazione dei fatti secondo modelli stabiliti e il tentativo di mutare radicalmente la struttura simbolica della scienza. Imparerebbe che la tendenza a mantenere il vecchio modello di presentazione è sovente mascherato con il nome di "senso comune"; che si ricorre al senso comune nella storia della umanità quando si vogliono mascherare gli interessi delle chiese o dei governi istituiti, poiché, come egli in particolare apprenderà, la funzione che le interazioni fra scienza, filosofia e religione hanno avuto nella giustificazione degli obiettivi politici è assai grande. Allo stesso modo, gli studenti di scienza e di filosofia dovrebbero imparare esattamente in che cosa consistevano le controversie tra Cartesio e Newton, e tra Newton e Leibniz. Da queste dispute è nata quella che oggi chiamiamo la fisica classica del diciannovesimo secolo, la quale, fino ad oggi, è stata la base dell'istruzione scientifica impartita ai nostri studenti nelle facoltà tecniche o umanistiche. Comprendere a fondo queste controversie li aiuterebbe a comprendere la nostra scienza attuale come un essere vivente dinamico, il che non avverrebbe qualora si trovasse di fronte soltanto la pelle essicata e imbalsamata artificialmente della scienza, che la maggior parte dei testi correnti presentano». «Ponendo l'accento sull'evoluzione storica del pensiero scientifico, lo studente imparerà inoltre che la mente umana non è stata sempre appagata dall'analisi logico-empirica della scienza, poiché una siffatta presentazione scientifica è soddisfacente solo al fine "puramente scientifico" di prevedere e conoscere a fondo i fenomeni osservabili della natura. Ma i fenomeni sono dedotti da principi che si celano nei simboli, e [...] questi simboli hanno una loro vita autonoma, che in certo modo è indipendente dall'evoluzione della scienza vera e propria. Questi simboli, che sono stati creati dagli scienziati, [...] poiché non sono determinati inequivocabilmente dai fenomeni osservati scientificamente, sono influenzati fortemente da fattori extrascientifici. La scelta dei simboli, in verità, dipende molto dalle pressioni esercitate dai movimenti sociali e religiosi del momento. Queste influenze sono una delle cause principali che portano a preferire

o dei pezzi rigidi di materia come simboli fondamentali (materialismo), o la formazione di ogni concetto da elementi mentali (idealismo); a scegliere come pietra di costruzione fondamentale una realtà non descrittiva (realismo), o a partire da elementi che cooperano verso un certo fine (organicismo)» (Frank, 1973, pp. 299-303, 307).

In chimica, «secondo una vecchia tradizione, la visione generale viene trascurata in misura maggiore che nelle altre scienze. [...] Se la chimica fosse insegnata in modo più umanistico, diventerebbe evidente che una formula come H_2SO_4 contiene la storia dell'umanità [...]. Ciò che un buon insegnamento deve conseguire, per contribuire all'istruzione generale, è di mostrare gli eroici sforzi dell'umanità compendiatosi nella formula H_2SO_4 , come in un guscio, e far sì che lo studente riviva la stimolante esperienza psicologica e storica che alla fine trova la sua espressione condensata in tale formula» (Frank, 1973, pp. 253-254).

Ho citato per esteso lunghi brani di Frank per mostrare come anche da parte neopositivistica sia stata sottolineata l'importanza della storia per un'analisi fondazionale della scienza, là dove per storia s'intende sia quella interna sia quella esterna. Siffatta prospettiva non appare quindi incompatibile con il nuovo ruolo che i post-empiristi avocano alla storia; certamente enfatizza e giudica diversamente aspetti della ricerca storiografica; eventualmente, anzi, in prospettiva tende ad arricchire tale ruolo perché cerca di tener conto di tutti le componenti (da quelle logiche a quelle metafisiche e ideologiche) che concorrono alla formazione della scienza moderna.

4. *Il tema dei fondamenti alle origini della chimica moderna.*

Per circoscrivere la nostra esemplificazione al periodo di passaggio tra la chimica prelavoisieriana a quella lavoisieriana e moderna, una ricostruzione diacronica consente di rilevare un continuo richiamo a quei problemi tipicamente fondazionali che il neopositivismo ha così magistralmente individuato e analizzato.

In un mio lavoro sulla chimica del flogisto (cfr. Tugnoli Pattaro, 1989) mi era sembrato che si potessero assumere due questioni quali principali matrici della grande controversia settecentesca tra ossigeno e flogisto. Si tratta, da un lato, del problema dei principi o elementi, ovvero di quali sostanze debbano ritenersi i costituenti più semplici nella composizione dei corpi, problema già significativamente dibattuto come questione teorica nel pensiero greco e che troverà una risposta scientifica con Lavoisier e Dalton; dall'altro, del problema relativo alla spiegazione di fondamentali processi chimici, quali la combustione e la calcinazione (fino a Stahl ritenuti processi distinti, significando con quest'ultimo termine la combustione dei metalli).

Ora, entrambe le questioni sono tipicamente fondazionali. La prima concerne la scelta di quali termini, concetti, «oggetti» assumere come primitivi, ai quali ridurre tutti gli altri; la seconda attiene alla scelta degli assiomi, ovvero delle leggi, entro cui combinare tali primitivi al fine di consentire una riduzione, cioè spiegazioni e previsioni di tutti i processi chimici.

Appare significativo che i «chimici» fin dall'antichità si siano preoccupati,

anzitutto, di stabilire quali fossero gli elementi, i principi costitutivi più semplici della materia cui poter ridurre la composizione di tutte le sostanze più complesse esperibili: così Aristotele con la teoria dei quattro elementi, Paracelso con la dottrina dei *tria prima*, Becher e Stahl con la teoria della tre terre, ma anche gli atomisti prima di Dalton. Essi, però, violarono quello che i neopositivisti hanno chiamato «criterio» o «principio dell'empirismo», cioè non riuscirono a stabilire e/o ad applicare regole scientificamente valide per decidere del carattere elementare delle varie sostanze.

Parimenti volti a risolvere problemi fondazionali appaiono i tentativi di fornire una spiegazione unitaria di processi chimici fondamentali, quali combustione, calcinazione, fermentazione. Anche in questo caso, prima di Stahl, non si riesce a trovare un modello esplicativo unitario e, quando lo si trova con la proposta di Stahl di concepire tutti i suddetti processi come processi di scissione delle sostanze analizzate dalle quali in particolare esalerebbe flogisto (dove il successo della chimica flogistica), una volta applicato con maggior acribia scientifica (cioè pesando sistematicamente le sostanze prima e dopo le reazioni chimiche), esso fa insorgere anomalie (in particolare, tale modello appare contraddittorio con l'aumento ponderale registrato relativamente alle calci — ossidi — metallici dopo la calcinazione), violando di nuovo il criterio dell'empirismo.

E ancora rispecchia un'istanza fondazionale la ricerca di una teoria chimica unitaria e coerente: troviamo tale esigenza chiaramente espressa da Louis Lemery quando enuncia una teoria generale del fuoco (assunto fra i primitivi), da Stahl con la teoria del flogisto (principio primitivo, omnicomprensivo e omniexplicante), da Lavoisier con la sua teoria dell'ossidazione. Quest'ultima risulta alla fine vincente e inizia la chimica moderna perché soddisfa il principio dell'empirismo, risolve le anomalie insite nella teoria del flogisto, riconduce a una spiegazione semplice e unitaria tutti i fenomeni chimici. La spiegazione lavoisieriana del processo di combustione, modernamente inteso come reazione di sintesi di sostanze, conduce a una revisione radicale sia delle leggi governanti i processi chimici, sia delle regole stabilenti quali oggetti della realtà costituiscano modelli della teoria. L'ossigeno di Lavoisier è un principio osservativo, per lo meno disposizionale, comunque empirico (si stipulano precise regole per connetterlo con la realtà), laddove i principi precedentemente assunti dai chimici come elementi non erano governati da regole simili.

Lavoisier offre un esempio illuminante di rifondazione di una scienza proprio secondo le linee individuate dai neopositivisti. Lavoisier, infatti, si accorse altresì che la rifondazione della chimica passava anche attraverso una riforma linguistica. Mi riferisco non tanto alle definizioni rigorose e scientificamente feconde di nozioni fondamentali, quali — appunto — quella di «elemento», nonché alla nuova nomenclatura chimica, che completava la rivoluzione teorica con una rivoluzione linguistica, ponendo termine a una secolare anarchia terminologica e conferendo alla chimica un linguaggio tecnico, quanto soprattutto all'esplicita e consapevole stipulazione di regole per la sistematizzazione e classificazione delle conoscenze passate e future. Siffatta stipulazione faceva parte di un più articolato messaggio metodologico che, una volta recepito, avrebbe promosso i successivi rapidi progressi della disciplina (in termini di scoperte sia di fatti nuovi sia di nuove leggi e teorie) nei

secoli seguenti: esso apriva la strada al simbolismo chimico, espressione analitica delle nostre conoscenze degli «oggetti» e processi chimici. Seguendo l'esempio citato da Frank, formule come H_2SO_4 non sono simboli meramente dati o attratti semplicemente; esse sono bensì il risultato di «eroici sforzi» condotti fra tentativi ed errori nel contesto di una continua generale istanza fondazionale del sapere chimico, sforzi di cui proprio la storia della scienza è in grado di far apprezzare complessità, difficoltà e portata teorica. Dall'«acido di zolfo» di Stahl, considerato risultante dalla combustione (scissione) del «composto» zolfo e costituito di prima terra e acqua (due elementi, per altro mai attingibili allo stato puro, secondo la generale concezione prelavoisieriana delle sostanze elementari), solo attraverso l'«acido solforico» di Lavoisier, che lo considera sostanza composta risultante dalla combustione (combinazione) dell'elemento zolfo con l'elemento ossigeno presente nell'aria atmosferica, si è potuti faticosamente pervenire ad enunciare la formula H_2SO_4 che offre la conoscenza esatta della composizione della sostanza di cui si tratta e del tipo di reazione anche a livello molecolare operata tra elementi riconoscibili empiricamente come tali (H, S, O).

BIBLIOGRAFIA

- BALDINI M., 1986, a cura di, *Problemi e prospettive di storia della scienza*, Città Nuova Ed., Roma.
- CARRAP R., 1963, *Intellectual Autobiography*, in *The Philosophy of Rudolf Carnap*, a cura di P.A. Schilpp, Open Court-Cambridge University Press, La Salle, Ill. London, pp. 3-84.
- CARRAP R., 1971, *I fondamenti filosofici della fisica. Introduzione alla filosofia della scienza*, a cura di M. Gardner, trad. it., Il Saggiatore, Milano (1a ed. in inglese 1966).
- COHEN G., 1989, *Feyerabend's Critique of Foundationalism*, Gowen Publishing Co. (Avebury), Aldershot-Brookfield.
- FRANI P., 1973, *La scienza moderna e la sua filosofia*, trad. it. a cura di M.C. Galavotti, con presentazione di V. Sorrenti, Il Mulino, Bologna (1a ed. in inglese 1941).
- HAIN H., NIUBATI O., e CARRAP R., 1979, *La costruzione scientifica del mondo*, trad. it. a cura di A. Pasquini, trad. e note di S. Tugnoli Pattaro, Laterza, Bari (1a ed. in tedesco 1929).
- KUHN T.S., 1969, *La struttura delle rivoluzioni scientifiche. Come mutano le idee della scienza*, trad. it., Einaudi, Torino (1a ed. in inglese 1962).
- LARATON I., 1981, *La storia della scienza e le sue ricostruzioni razionali*, in *Critica della ragione scientifica. Metodo e valutazione nelle scienze fisiche*, a cura di C. Howson, trad. it., Il Saggiatore, Milano (1a ed. in inglese 1976).
- PASQUINI A., 1963, *Introduzione alla logica simbolica*, Boringhieri, Torino (1a ed. 1957).
- SANDRI G., 1981, *La costruzione della nozione di "teoria scientifica" nel Circolo di Vienna*, in *Uomini senza qualità. La crisi dei linguaggi nella grande Vienna*, a cura di F. Castellani, Edizioni U.C.T., Trento, pp. 69-106.
- SCHLECK M., 1969, *Il fondamento gnoseologico*, trad. it., in *Il neoempirismo*, a cura di A. Pasquini, Utet, Torino, pp. 299-322 (1a ed. in tedesco 1934).
- TUGNOLI PATTARO S., 1989, *La teoria del flugisto. Alle origini della chimica moderna*, Clueb, Bologna (1a ed. 1983).
- WHITEHEAD N., e RUSSELL B., 1968, *Principia mathematica*, Cambridge University Press, Cambridge (ristampa della 2a ed. 1925-1927; 1a ed. 1910-1913).

FERDINANDO ABBRI (*)

Una grande controversia scientifica: l'impatto del «*Traité*» di Lavoisier nel contesto italiano (**)

A great scientific controversy: the impact of A.L. Lavoisier's "Traité" on the Italian scientific context.

Summary - The national scientific communities accorded various receptions to A.L. Lavoisier's *Traité élémentaire de chimie* (1789). These responses were shaped by many different factors and they can clarify the question of the impact of Lavoisier's ideas on different contexts.

In this paper the author reconstructs the immediate fate of Lavoisier's masterpiece in Italy. He emphasizes the role played by the Venetian physiologist Stefano Gallini (1756-1836) in the spread of the new chemistry. The "Gallini case" shows that the institutional, political and philosophical factors and the local peculiarities were also involved in the making of an Italian anthropologic chemical party. The Italian disputes on Lavoisier's theory cannot be seen as purely rational, scientific debates.

1. È destino dei grandi testi della letteratura scientifica, quelli cioè che hanno prodotto mutamenti profondi in settori determinati della conoscenza, suscitare, al loro apparire, discussioni accese nelle comunità scientifiche, avere un impatto sconvolgente sui discorsi degli appartenenti a tali comunità e costringerli a prendere posizione.

Le vicende della contrastata ricezione del *Traité élémentaire de chimie* di Lavoisier in ambito italiano possono fornire contributi chiarificatori al dibattito storiografico sul significato della cosiddetta rivoluzione chimica.¹ A fronte di proposte volte ad una ridefinizione della mappa del sapere e dello status di una disciplina i meccanismi di consenso e quelli di difesa risultano, da un punto di vista

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

(**) Relazione presentata al IV Convegno Nazionale di «Storia e Fondamenti della Chimica» (Venezia, 7-9 novembre 1991).

¹ Cfr. A. DOMINIAN (ed.), *The Chemical Revolution. Essays in Reinterpretation*, «Ostris», IV, 1988; F. ABBRI, *The chemical revolution: a critical assessment*, «Nascitus», IV, 1989, n. 2, pp. 303-15; M. BERETTA, *Lavoisier revisited*, *ibid.*, VI, 1991, n. 1, pp. 191-205.

storico, di grande rilievo. Fattori di ordine diverso interferiscono in effetti con le modalità di reazione in presenza di alternative teoriche.

La gran parte delle attuali discussioni sul significato dell'opera di Lavoisier non sembra tenere in debito conto due aspetti centrali:

1) la costruzione di una nuova immagine del sapere implica, assai spesso, il riassorbimento, ma in una prospettiva totalmente mutata, di elementi tradizionali. L'individuazione, nella teoria di Lavoisier, di concetti di matrice stabiliana, non autorizza a ricondurre questa teoria all'ambito dal quale è emersa. La mappa della chimica di Lavoisier dice cose ben diverse rispetto alle vecchie carte in uso tra i suoi contemporanei.²

2) L'analisi dei mutamenti nella conoscenza scientifica deve prendere in considerazione diversi tipi di fattori visti nei loro contesti storico-culturali. Le immagini filosofiche della natura esercitarono un peso rilevante nel decidere l'atteggiamento nei confronti di una teoria scientifica che proponeva non solo spiegazioni nuove di singoli fenomeni ma anche una visione alternativa della materia.³

La ricostruzione del destino del *Traité* di Lavoisier in contesti politici specifici non riguarda soltanto la storia della fortuna di un grande testo, ma serve a chiarire i significati storicamente attribuiti a quel testo.

Un testo non è di per sé riconducibile alle letture conosciute in varie aree geografiche in determinati momenti, ma queste letture rappresentano un aspetto primario del suo significato storico, concorrono alla determinazione storica del suo impatto.

I novatori sono sempre stati consapevoli che le loro proposte sono destinate a suscitare le più diverse reazioni, a conoscere fraintendimenti, opposizioni dure e adesioni entusiastiche. A livello epistemologico Lavoisier era, di sicuro, un opportunista. Sapeva bene che la trasmissione delle sue idee, della sua nuova chimica richiedeva formulazioni valide, efficaci, una strategia scientifica e retorica precisa in grado di selezionare interlocutori adeguati. La pubblicazione della *Méthode de nomenclature chimique* (1787), della traduzione francese annotata (1788) dell'*Essay on Phlogiston* di R. Kirwan e del *Traité* sono momenti di questa strategia.⁴

Il *Traité* è un capolavoro di chimica ma anche di stile letterario e di retorica, perché è volto a facilitare la comunicazione e ad eliminare gli ostacoli alla diffusione di idee.⁵ Le diverse percezioni conosciute da quest'opera costituiscono pertanto capitoli del difficile processo di comunicazione di una visione rivoluzionaria della materia e della scienza che ne studia i componenti e i mutamenti.

² Cfr. P. BOSSA, *La scienza e la filosofia dei moderni*, Torino, 1989, pp. 111-113; Id., *I regni e le furberie*, Bologna, 1986, pp. 21-58.

³ Cfr. Y. ELKANA, *La scoperta della conservazione dell'energia*, Milano, 1977, pp. 22-25; H.T. ENGELHARDT, JR., A.L. CASLAN, *Patterns of controversy and change: the interplay of knowledge, values, and political forces*, in *Scientific Controversies*, Cambridge, 1987, pp. 1-23.

⁴ F. ABBI, *Le terre, l'acqua, le arti*, Bologna, 1984, pp. 339-395; E.L. HOLMES, *Eighteenth-Century Chemistry as an Investigative Enterprise*, Berkeley, 1989, pp. 102-122.

⁵ Cfr. M. PERA and W.R. SORA (eds.), *Persuading Science. The Art of Scientific Rhetoric*, Canton Mass., 1991; P. DEAR (ed.), *The Literary Structure of Scientific Argument. Historical Studies*, Philadelphia, 1991.

Le pagine che seguono sono volte ad illustrare alcune letture italiane del *Traité*, che si configurano in modo radicalmente alternativo. Prenderò in esame in particolare il caso del veneziano Stefano Gallini (1756-1836) e cercherò di chiarire gli aspetti che lo rendono degno di attenzione.

2. Nel volume 75 (1789) del «Giornale de' Letterati» di Pisa apparve una recensione del *Traité* che contiene una ampia esposizione della prima parte di quest'opera. La recensione comincia con affermazioni che meritano di venir citate:

«Se le gloriose scoperte, che producono una felice rivoluzione nelle scienze meritano il primo posto nella storia dei progressi dello spirito umano; non deggiono certamente trascurarsi i sistematici ingegnosi deliri degli uomini grandi. O indican questi un sentiero da evitarsi nella ricerca del vero, o mostrano per lo meno i danni d'un mal regolato spirito di sistema. Non deve pertanto recar meraviglie ai nostri Lettori, se diam conto talvolta nei nostri fogli di opere, le quali non presentano che un piccol numero di verità in mezzo a molte erronee, e false opinioni ingegnosamente concatenate fra loro. Può in questa categoria annoverarsi l'opera del Sig. Lavoisier, che noi annunziamo. Noi non saremo dunque, che darne un'idea generale guardandoci bene dall'adottarne le massime singolari».⁶

Risulta chiaro che il recensore pisano accettava l'idea di un andamento discontinuo nel progresso delle conoscenze, ma che considerava l'opera di Lavoisier il prodotto del vituperato «esprit de système», cioè soltanto una intelligente unione di molti errori e opinioni false con qualche scarna verità.

Sul prestigioso «Giornale de' Letterati» di Pisa si segnala il *Traité* non perché lo si ritenga un'opera di valore, bensì per ragioni di completezza di informazione e per indicare come *non* si deve procedere nella scienza. È singolare che Lavoisier venga accusato di non seguire i precetti epistemologici di quell'abate Condillac nel nome del quale si apre proprio il «Discours préliminaire» al *Traité* stesso.

Sempre nel 1789 su un'altra rivista toscana, le «Nouvelles Letterarie» di Firenze, una breve segnalazione del *Traité* si apre con l'indicazione che «lo spirito d'innovazione, e più quello di sistema» hanno guidato Lavoisier. L'atteggiamento del recensore fiorentino risulta tuttavia più cauto e viene sottolineato lo stretto legame tra la *Méthode de nomenclature chimique* e il *Traité*.⁷

Negli «Opuscoli Scelti sulle scienze e sulle arti» di Milano la segnalazione è breve e si ricorda che la prima parte dell'opera del «celebre Sig. Lavoisier, egualmente versato nella fisica, e nella storia naturale che nella chimica» presenta «in ristretto tutta la dottrina abbracciata dall'Autore».⁸

«Nuova dottrina», «spirito di sistema», «opinioni false unite a qualche verità» sono espressioni che testimoniano un atteggiamento di rifiuto netto del capolavoro di Lavoisier.

Se ci spostiamo tuttavia in area veneta e apriamo il veneziano «Giornale per servire alla storia ragionata della medicina di questo secolo» incontriamo estratti

⁶ «Giornale de' Letterati», Pisa, LXXV, 1789, pp. 91-114; 91-92.

⁷ «Nouvelles Letterarie pubblicate in Firenze», XX, 1789, col. 784.

⁸ «Opuscoli Scelti sulle scienze e sulle arti», XII, 1789, Libri Nuovi, parte VI, p. 44.

assai ampi di opere di fisica-chimica — redatti dal veneziano Stefano Gallini, professore di medicina teorica a Padova — che rivelano un atteggiamento ben diverso.

Gallini era soprattutto interessato a problemi relativi alla teoria del calore, alla respirazione, cioè a questioni di fisiologia. Le ricerche sul calore di A. Crawford, di Lavoisier, di G. Carradori sono al centro della sua attenzione critica.⁹

Mi preme subito sottolineare che nel 1789 Gallini usa la nuova nomenclatura perché è «persuaso della sua utilità», non lo convincono le obiezioni rivolte contro di essa e rinvia persino alle *Reflexiones sobre la nueva nomenclatura química* (1788) di Juan Manuel de Aréjula e ciò conferma che il medico veneziano era a conoscenza dell'intero quadro europeo delle discussioni sulla nomenclatura chimica.¹⁰

Sul «Giornale» Gallini pubblicò una lunga recensione del *Traité* che costituisce una esposizione della prima parte di quest'opera.¹¹

Il carattere espositivo della sua recensione non deve trarre in inganno perché risulta chiaro l'atteggiamento di adesione alla teoria antiflogistica. Non solo l'uso della nuova nomenclatura è una discriminante forte ma anche lo stile di esposizione del testo lavoisieriano è la spia di una precisa opzione teorica.

Gallini parla di «un intero sistema di chimica totalmente nuovo», ma ricorda, allo stesso tempo, che esso si fonda su fatti che Lavoisier ha esposto in varie memorie pubblicate in tempi diversi. Il *Traité* non è dunque un parto estemporaneo, bensì la concatenazione di fatti ed idee, una sintesi felice di scoperte recenti.

È inoltre opportuno far rilevare che Gallini, aprendo la sua esposizione del *Traité*, scrive che Lavoisier «comincia ... dal dimostrare, che ben esaminati i fenomeni del calore si può asserire senza alcun dubbio ...».¹²

Si noti il linguaggio di Gallini: le espressioni usate in riferimento al testo di Lavoisier sono «dimostrare», «asserire senza alcun dubbio», e tutto il suo estratto presenta le idee lavoisieriane non come ipotesi bensì come concezioni basate su fatti accertati.

Affrontando il problema cruciale della composizione dell'acqua — che era destinato a dividere i chimici italiani in due veri e propri partiti contrapposti — Gallini scrive che Lavoisier «qui riunisce tutte le prove date in varie sue memorie, dietro alle quali si stabilisce tanto per via della decomposizione come per mezzo della ricomposizione, che l'acqua risulta dall'unione dell'idrogeno e dell'ossigeno».¹³

Nelle varie aree politiche dell'Italia del tardo Settecento l'opera di Lavoisier provocò reazioni marcatamente differenti. Il contesto veneto vide, come è stato chiarito da Virgilio Giromani,¹⁴ l'insorgenza di contrasti radicali tra i naturalisti.

⁹ «Giornale per servire alla storia ragionata della medicina di questo secolo», VI, 1789, pp. 357-69; pp. 385-394; pp. 394-400. Desidero ringraziare l'amico Walter Bernardi (Università di Lecce) per aver richiamato la mia attenzione su questo importante periodo.

¹⁰ *Ibid.*, p. 360 n. 1; p. 434 n. 1. Su Aréjula cfr. R. GAGO, J.L. CARRILLO, *La introducción de la nueva nomenclatura química y el rechazo de la teoría de la acidez de Lavoisier en España. Edición facsímil de las Reflexiones sobre la nueva nomenclatura química (Madrid, 1788) de Juan Manuel de Aréjula*, Málaga, 1978; R. GAGO, *The New Chemistry in Spain*, in A. DORRISON, *op. cit.*, pp. 169-192.

¹¹ «Giornale per servire *cit.*», pp. 433-449.

¹² *Ibid.*, p. 435.

¹³ *Ibid.*, p. 442.

¹⁴ V. GIROMANI, *Vincenzo Dandolo, uno spiritale illuminato nella Venezia dell'ultimo '700*,

Vincenzo Dandolo, Giuseppe Tommaselli, Francesco Du Prè, Giuseppe Compagnoni, Gallini polemizzarono aspramente con Marco Carbuti e Antonio M. Lorgna, rei di seguire le vecchie teorie flogistiche.

Nel 1794 e nel 1795 Gallini analizzò sul «Giornale per servire...» e sugli «Annali di chimica» di Brugnatelli i vari lavori italiani in favore e contro la nuova teoria antiflogistica e i suoi estratti mostrano la durezza delle polemiche che percorrevano la comunità scientifica del nord Italia.¹⁵

Le sue «Osservazioni» pubblicate nel 1794 sugli «Annali di chimica» si aprono con alcune considerazioni degne di attenzione. Gallini illustra il diverso stato epistemologico delle concezioni che si fronteggiavano: la teoria di Lavoisier non solo deriva dai fatti ma non è stata mai contraddetta dai fatti scoperti successivamente alla sua formulazione, mentre «le antiche opinioni hanno avuto, ed hanno bisogno ad ogni fatto nuovo d'essere diversamente modificate».¹⁶

I partigiani delle «antiche opinioni» conferiscono — a fronte di nuovi fatti — una forma nuova alle loro ipotesi, commettendo così un grave errore filosofico. Il loro errore consiste nel confondere teoria e ipotesi. Un'ipotesi, per quanto sia utile nel suggerire nuove esperienze, non è mai una teoria, cioè una proposizione generale esprimente, in modo sintetico, le cognizioni suggerite da una classe di fatti.

Gallini rovescia tutta la prospettiva storico-epistemologica elaborata all'apparire della concezione di Lavoisier. Quest'ultima non è più una ipotesi, sia pure ingegnosa, ma una vera e propria teoria, mentre i sostenitori del flogisto devono fare ricorso ad un'ipotesi, suscettibile perciò di continue modificazioni. La *coterie* antiflogistica italiana non è più in posizione difensiva, ma in posizione decisamente di attacco. Ciò che appariva ipotetico — le idee di Lavoisier — è divenuto una teoria dotata di grande capacità esplicativa. Le teorie dominanti si sono invece trasformate in ipotesi che hanno bisogno di continue operazioni di restauro.

In ambito veneto il «delirante» Lavoisier è ormai divenuto «nella chimica ciò che fu dugent'anni addietro nella fisica Galileo», secondo le efficaci espressioni di Compagnoni.¹⁷

3. Gallini si convertì assai presto alla teoria antiflogistica e si segnala come uno dei suoi più impegnati difensori. Questa precoce adesione merita una qualche riflessione perché, allo stato attuale della ricerca storica, non è facile da spiegare.¹⁸

«Ateneo Veneto», CLXXV, 1988, pp. 59-139. Id., *Il contributo veneto nella disputa sulle scintille dell'ossigeno nell'aria e nel vuoto (1792-1795)*, «Atti e Memorie dell'Accademia Patavina di Scienze, Lettere e Arti», C, 1987-88, pp. 93-120.

¹⁵ «Giornale per servire cit.», XI, 1794, parte fisica n. 3, pp. 58-64; n. 4, pp. 73-78; n. 7, pp. 158-161; «Annali di chimica», V, 1794, pp. 145-157; VIII, 1795, pp. 174-209; Cfr. F. Anon., *Lavoisier e Dandolo. Le edizioni italiane del Traité élémentaire de chimie*, «Annali dell'Istituto di Filosofia, Università di Firenze - Facoltà di Lettere e Filosofia», VI, 1984, pp. 163-182.

¹⁶ «Annali di chimica», V, 1794, pp. 146-47.

¹⁷ G. Compagnoni, *La chimica per le donne*, Venezia, 1796, I, p. 13.

¹⁸ Sul dibattito italiano intorno a Lavoisier: F. Anon., *Traduzione chimiche e meccaniche di difesa. G.A. Sempoli e le «chimie nouvelles»*, «Archivio di storia della cultura», IV, 1991, pp. 73-92; Id., «Chemistry turned upside down: aspects of the Italian debate on Lavoisier's theory», in F.

È indubbio che anche in Italia la concezione di Lavoisier esercitò un fascino notevole sulle generazioni più giovani di naturalisti e di medici, che Vincenzo Dandolo svolse un ruolo di primo piano nella creazione di consenso,¹⁹ ma si può anche ipotizzare l'interazione di altri fattori. Cercherò, per motivi di brevità, di elencarli in modo schematico:

1) Alcuni giovani naturalisti italiani — e tra questi Gallini — effettuarono viaggi di istruzione in Francia e in Inghilterra, venendo così a contatto diretto con i maggiori centri di indagine scientifica del tempo.²⁰

2) Molti sostenitori italiani della teoria antiflogistica si trovarono a condividere posizioni politiche — erano filofrancesi — e impostazioni filosofiche di impronta materialista. Il 7 aprile 1800 Gallini informò Giovanni Fabbroni che era sua intenzione mostrare che dalla «fisica del corpo umano si potevano ritrarre i veri principi metafisici relativi all'operazioni dell'anima nella formazione delle sue idee e nell'acquisto delle sue cognizioni». Gallini lavorava cioè ad un saggio o dissertazione «sull'educazione morale suggerita dalla costituzione fisica del corpo umano», ed era consapevole della necessità di pubblicarlo anonimo o sotto falso nome in traduzione latina o francese su una rivista tedesca.²¹

3) Tra i lavoisieriani italiani si stabilirono forti legami di amicizia e di collaborazione — favoriti spesso da una comune affiliazione alla massoneria — e G. Fabbroni fu al centro di una vera e propria rete di rapporti. Dal carteggio fabbroniano risulta che Gallini era uno degli amici più cari del naturalista toscano. Gallini e Fabbroni si erano conosciuti a Londra e in seguito si incontrarono in più occasioni a Firenze. Nel 1792 Fabbroni preparò un estratto per i savants tedeschi del *Saggio d'osservazioni concernenti i nuovi progressi della fisica del corpo umano* (1792) di Gallini, opera che due anni dopo fu tradotta in tedesco da Ludwig Christoph Althof, professore di Gottinga.²² Fabbroni si interessò in seguito alle vicissitudini

ATTI, F. OSOVI (a cura di), *Atti del III Congresso Nazionale di Storia e Fondamenti della Chimica*, Cosenza, 1991, pp. 101-111.

¹⁹ V. GERMANI, Vincenzo Dandolo cit. Si veda anche F. VENTURI, *Settecento Riformatore. L'Italia dei Lumi 2. La Repubblica di Venezia (1763-1797)*, Torino, 1990.

²⁰ Il 29 luglio 1790 Gallini scriveva da Padova a G. Fabbroni: «La bontà e l'amicizia con cui mi onorò nel poco tempo che vissimo assieme a Londra, e le molte gentilezze ricevute nel tempo del mio soggiorno in Firenze mi lusingano che ella non si sarà dimenticato di una persona che la stima e l'ha sempre stimata». E il 29 maggio 1792 ribadiva: «Io dovevo ringraziarla già da molto tempo della gentile accoglienza fatta a un mio raccomandato, e della lettera favorevole nella quale si riceveva gradimento dell'amicizia nostra e della conoscenza fatta prima in Londra poi in Firenze». (Philadelphia, American Philosophical Society, Fabbroni Papers, BF 113, Gallini, S.).

²¹ Gallini a Fabbroni, 7 aprile 1800 (Fabbroni Papers, BF 113). Nell'ottobre del 1799 Gallini era a Firenze e il 25 aprile 1800 da Pisa scrisse a Fabbroni in merito alla sua dissertazione concordando con Fabbroni sulla necessità di tradurla «in francese o in latino e di tentare di farla pubblicare in Germania» (ivi).

²² Il 5 settembre 1792 Gallini da Padova inviò a Fabbroni copia del suo *Saggio d'osservazioni* («Mi fu un piacere di procurarle una copia di un mio scritto supplicandola di volerlo accogliere favorevolmente e perdonare all'autore le infinite cialde delle quali l'ha riempito»). Il 23 novembre 1792 Gallini scrisse a Fabbroni: «Non posso nasconderle la compiacenza che ho avuto nel leggere il gentilissimo suo foglio rilevando la buona opinione che ha formata del mio libro e la pena che si è degnata prendere di farne un estratto per dare una notizia di esso in Germania». Il 7 aprile

accademiche di Gallini (nel 1798 quest'ultimo perse la sua cattedra padovana) e nel 1803 gli propose di trasferirsi presso l'Università di Vilnius.²³

È mia convinzione che le ragioni principali dell'adesione di alcuni naturalisti italiani alla teoria di Lavoisier furono di ordine scientifico, ma anche che i fattori filosofici, sociali, politici e accademici giocarono un ruolo nei processi di conversione: la ricostruzione storica delle grandi controversie scientifiche richiede la considerazione di dimensioni e livelli differenti di discorso. L'evidenza scientifica è culturalmente condizionata a partire da vari parametri storici di riferimento.

4. Vorrei concludere con un'osservazione di carattere generale. Le discussioni italiane sulla teoria di Lavoisier non sono caratterizzate dall'alto tono epistemologico che è rintracciabile, ad esempio, nel contesto francese.²⁴ Vanno tuttavia viste anche alla luce delle vicende culturali ed istituzionali della scienza nell'Italia del Settecento. Occorre poi non dimenticare che la mancanza di un unico, grande centro culturale e scientifico, la parcellizzazione politica italiana, non favorirono certo il radicamento sociale e istituzionale di una disciplina emergente come la chimica.

Nei limiti di una situazione così specifica sono però individuabili, nel dibattito italiano sulla «chimie nouvelle», due momenti importanti:

1800 lo informò che «il Prof. Althoff (sic) di Gotinga ne fece una traduzione in tedesco...». Da Milano il «primo del 1803» Gallini dette notizia a Fabbroni che Pellegrino Salvini «ha dato alla luce il primo tomo delle sue lezioni di chimica. Questo è un giovane intruso che promette bene». (Fabbroni Papers, BF 113). Il 15 novembre 1802 Salvini aveva scritto a Fabbroni: «Ho l'onore di presentarle il primo volume delle mie lezioni di chimica. Esse sono state scritte per comodo de' miei scolari, e ad uso di quelli che vogliono applicarsi allo studio di questa scienza. Gradirò di sentire il suo sentimento, e ch'ella mi noti qualche inesattezza che potesse cadere sott'occhio» (Fabbroni Papers, BF 113 n. 1, Salvini, P.). La serie di Fabbroni Papers BF 115 contiene 9 lettere di Gallini, mentre la serie BF 113 n. 1 ne contiene altre 7. Una lettera di Fabbroni a Gallini, datata Firenze 6 novembre 1809, è conservata a Monaco di Baviera, Bayer. Staatsbibliothek. Fabbroni gli comunicava la sua partenza per Parigi e la sua intenzione di portarsi dietro il lavoro di Gallini «per farlo ivi gustare, se vi è che non lo conosca ancora. Sarò glorioso di essere il propagatore».

²³ Gallini aveva perduto la cattedra a causa della sua collaborazione politica con i francesi durante la prima invasione napoleonica della Repubblica veneta e perché sospettato di essere un materalista. Il 1 settembre 1803 Fabbroni così scriveva al principe Adam Jerzy Czartoryski: «Je t'ai les yeux d'abord sur le professeur Gallini qui dans le commencement des malheurs révers d'Italie, perdit par une persécution mal fondée sa chaire dans l'Université de Padoue. Je connais à fond son caractère qui est celui de l'honnête homme, et sa science par les Ouvrages importants qu'il a publiés sur la Physiologie. L'Italie aurait fait une perte, et Vilna une acquisition précieuse. L'amour de sa famille l'a empêché de céder à mes invitations» (Kraków, Biblioteka Czartoryski, RKP, 5454 IV). Fabbroni era stato incaricato dal principe Czartoryski — responsabile imperiale del distretto scolastico di Vilnius — di reclutare in Italia professori per l'Università di Vilnius. Dal 1795 Vilnius e la Lituania erano parte dell'Impero russo. Cf. R. PASTA, *Scienza, politica e rivoluzione*, Firenze, 1989.

²⁴ Marco Beretta ha messo in evidenza i limiti filosofici del dibattito italiano su Lavoisier; si veda: *Gli scienziati italiani e la rivoluzione chimica*, «Nascita», IV, 1989, n. 2, pp. 119-46; *A.L. Lavoisier en Italie (1774-1800)*, in *Echanges d'influences scientifiques et techniques entre pays européens de 1780 à 1830*, Paris, 1990, pp. 125-145.

1) l'affermarsi della consapevolezza che la teoria di Lavoisier costituiva una grande alternativa scientifica;

2) la diffusione capillare di tale consapevolezza e la conseguente adesione al nuovo paradigma scientifico da parte di una nuova generazione di scienziati.

Questa adesione favorì l'aggregazione culturale di naturalisti appartenenti alle diverse aree politiche dell'Italia del Settecento.²⁹

²⁹ E. ANZI, *La chimica italiana dalle origini ad Avogadro*, in C. MACCAGNI, P. FRIGUGLIA (a cura di), *La storia delle scienze*, Busto Arsizio, 1989, pp. 377-410.

ETTORE CURI (*)

Le analisi chimiche delle acque delle Terme di Caldiero nel XVII e XVIII secolo (**)

Summary - In the 17th century, the waters of Caldiero were analyzed according to the ancient Aristotelian principles, so that the "virtues" of iron, nitre and sulphur were still found in them. But ever since the end of the century, some authors followed the new ideas of Galileo, Cartesio and Bacon applying the new principles of mechanism to the research. In the following century after a series of correct analyses, carried out by the followers of the phlogiston theory, the real salt content of the hot springs was determined accurately by the first chemist who followed the dictates of Lavoisier's new chemical theory.

The study of the text of the analyst of Caldiero has allowed the author to think over a short but documented history of chemistry in the centuries.

Nel XVII secolo le acque delle terme di Caldiero, presso Verona, non furono più analizzate con la frequenza con cui furono studiate nel secolo precedente [1]. Da notizie derivanti da storici del '700 apprendiamo che studiosi del celebre Collegio dei medici di Verona, avevano operato le loro analisi, non discostandosi affatto dalle metodologie e dalle tecniche dei loro colleghi dei secoli precedenti e avevano così trovato nelle terme di Giunone il ferro, il nitro e lo zolfo. Così Giovanni Raimondo Fortis potrà dire che: *Calderianae primum ferrum, secundo alumina, sulphur tertio admittunt*, mentre Michelangelo Andrioli ribadirà che: *hae sacrae lymphae potissimum ferro, deinde alumine, minus tamen de sulphure participant* [2].

Persino Euproprio Roja, professore di medicina presso l'Università di Praga, analizzando le acque di Caldiero nel 1642, riterrà che le acque *un aggregato siano delle quattro accennate qualità e che in esse (seguendo l'antica scuola del Peripato) abbiano maggior vigore il freddo e il secco, operando però ancora il caldo e l'umido, ma molto temperati e proporzionati alla materia* [3].

Il vecchio aristotelismo dominava ancora, insomma, con la sua concezione

(*) Accademia d'Agricoltura, Scienze e Lettere, Verona.

(**) Relazione presentata al IV Convegno Nazionale di «Storia e Fondamenti della Chimica» (Venezia, 7-9 novembre 1991).

qualitativa della realtà e la stessa medicina non si allontanava dalla conseguente teoria degli umori.

Ma è proprio in questo secolo che si viene a formare una nuova mentalità scientifica, grazie agli apporti soprattutto teorici di Galileo, di Bacone, di Cartesio; l'aristotelismo viene progressivamente emarginato e una nuova visione del mondo si apre agli occhi degli studiosi: un mondo reale e concreto, costruito come un complesso meccanismo che l'uomo può, però, studiare e conoscere, smontando pezzo per pezzo il mondo stesso e sottoponendolo all'analisi delle sue esperienze. Nasce un soggetto nuovo, prima impensabile: l'invenzione; non quella casuale, involontaria o tutt'al più dovuta al miglioramento di tecniche preesistenti; nasce l'invenzione ricercata, prefissata, prevista, premeditata, con la quale, oltretutto dimostrare la struttura del mondo e ricercarne meglio i limiti e la conformazione.

In opposizione ai vecchi *parrucconi* del Collegio dei medici, fu fondata, a Verona, nel 1684, l'Accademia degli Aletofili, costituita da giovani che si riunivano per studiare e dibattere su argomenti animali, vitali e naturali, lasciando a quei *purgosi, sanguinari e alchimisti* dei medici del Collegio, la loro antica e ammuffita cultura basata sull'ipse dixit.

Uno dei più accesi fautori della nuova scienza, fondatore dell'Accademia degli Aletofili e autore di alcuni libri di successo europeo contro la vecchia medicina, fu il veronese Giuseppe Gazola [4]. Tra l'altro, Gazola accusava i medici del Collegio di aver lasciato andare nel più completo abbandono le Terme di Caldiero che possedevano, invece, *eccellenti virtù e prerogative*, per la loro azione lubrificante dei meccanismi del corpo umano, visto come un complesso di leve, pulegge, ruote ed ingranaggi. Se nelle acque di Caldiero vi era del ferro lo si poteva e lo si doveva ben trovare, grazie alle nuove tecniche ed ai nuovi meravigliosi strumenti che la scienza andava producendo.

Gazola si armò, così, di un *oculatissimo microscopio* e con l'aiuto di una *perfectissima calamita* analizzò le acque delle terme di Giunone. Naturalmente non trovò e non vide nulla, ma la fede che il medico veronese poneva nelle moderne tecniche d'analisi era tale da non fargli minimamente dubitare che tali metodologie potessero essere non idonee a quel tipo di ricerca, anzi, con orgoglio e soddisfazione poté proclamare: *potiamo con fermezza dire l'acqua dei bagni di Caldiero essere semplicissima e innocentissima rispetto ad ogni altra per non partecipare d'alcun minerale, né ferro, né vetriolico, né alluminoso, né sulfureo, né nitroso* [5], ed era proprio la straordinaria purezza dell'acqua a donarle le proprietà terapeutiche.

Si può ben ridere del medico veronese e della sua ingenuità ma è certo che questa fu la prima analisi di un medico sulle acque di Caldiero che non accenni al calore delle acque, all'odore dello zolfo, al colore delle rocce; è evidente la sfiducia nei sensi e la fiducia cieca nelle macchine con cui studiare la natura.

Le analisi di Gazola, pur ingenue, dimostrano una mentalità nuova, assolutamente imparagonabile con quella degli studiosi che avevano precedentemente analizzato le terme calderiane. E questa nuova mentalità scientifica che, grazie agli apporti sperimentali e teorici di grandi chimici quali Jean Baptiste van Helmont, Joakim Becker, Nicolas Lemery, Ernst Stahl e Robert Boyle portò la chimica, specie per quanto riguarda l'assetto teorico, a livelli molto elevati.

Il sapere non era ormai più rivolto al passato, bensì, come nuovo metodo

progressivo di ricerca, al futuro, con l'idea guida che ora tutta la natura andava ristiudiata, rivista, smontata pezzo per pezzo, mentre alle nuove nozioni se ne sarebbero aggiunte sempre più e sempre più nuove: la scienza vista non più come acquisizione definitiva di un sapere antico ma come progresso scientifico continuamente ampliato e rinnovato.

Il meccanicismo chimico riportò, automaticamente, in auge l'atomismo antico, inteso come concezione corpuscolare della materia; attraverso la diversa forma degli atomi si potevano spiegare le caratteristiche ed il comportamento delle sostanze.

Sebastiano Rotari, medico veronese della fine del '600, raccomandava un uso molto prudente ed oculato delle sostanze chimiche, poiché le loro particelle, di varia forma, sarebbero state capaci, con le loro punte aguzze o con le loro superfici taglienti, di arrecare vari danni agli organismi. Difendeva, invece, l'uso del mercurio puro, come medicamento, data la forma tondeggiante e liscia delle sue particelle, ma non dei composti del mercurio in cui l'elemento, associandosi ad altre sostanze, mutava la forma degli atomi, divenendo letale [6].

La concezione meccanicistica e corpuscolare della materia, per mezzo della quale era possibile giustificare e prevedere l'azione delle varie sostanze, dalla forma delle singole particelle ci appare chiaramente svelata da un altro analista di Caldiero: Bonafede Vitali. Si tratta di un personaggio assai celebre ai suoi tempi e che meriterebbe attenzioni e studi particolari; pur avendo ricevuto due lauree in medicina ed essere considerato uno dei grandi medici del suo tempo, preferì la carriera del ciarlatano e vendere nelle piazze i suoi miracolosi intrugli [7]. Ma come chimico dimostrò più volte di possedere una solida preparazione e delle notevoli capacità sperimentali. Vitali analizzò le acque di Acqui nel Monferrato nel 1714, del Masino, in Valtellina nel 1734 e quelle di Caldiero nel 1746.

Nel suo Trattato delle terme di Caldiero, Vitali dimostra di aver letto le opere dei grandi chimici del tempo e la sua elegante teoria è una summa delle conoscenze e delle teorie allora in voga: egli cita van Helmont, Becher, Stahl, Lemery, Boyle e si prende il lusso di discernere tra le idee dell'uno o dell'altro, confutandole od adattandole alle sue ragioni.

E l'acqua un corpo liquido aggregato di moltissime, minime particelle omogenee, o corporei atometti, o molecole, ognuna delle quali, nella sua minima divisibilità è solida ed è di figura piramidale triangolata, di dodici angoli acuti, lo che significa che siano coespiciolosi o molecolette minutissime di una base piana e di tre superficie oblique, ognuna di loro di tre angoli acuti modificata. Troppo mi divertirebbe dal mio assunto se mi estendessi qui a confutare l'opinione di chi ha detto essere rotonda (Gassendi), o anguillare (Elmonzio) o lanuginosa (Cartesio) o ellittica o d'altra figura, perché questa dissertazione non è un trattato intero di Filosofia, ma se l'acqua fosse di figura tonda non sarebbe diafana, perché la luce, che scorrerebbe per tante curve, quante per la rotonda superficie de globi si disegnerebbero, non potrebbe mai formare corpo diafano: oltre che se fosse tonda, l'acqua non si tonerebbe in ghiaccio e potrebbe essere uno scioglimento universale, per sciogliere ogni cosa creata, lo che non è, né si reggerebbe pendolone su le gocciole che dalle foglie cadono e altre cose [8].

Poiché l'acqua ha le proprietà di essere diafana, liquida, umettante, sciogliente, insipida, aderente, dissoluta, volatile e rigida, perché non può restringersi né essere

elettrica [9], l'unica forma che le compete e che può giustificare le sue proprietà è proprio quella piramidale.

Lo stato reale di ogni sostanza è lo stato solido in cui le molecole sono ordinate e tenute insieme dalla *vis attractivæ*, che è il vincolo con cui sono *incatenate e alternativamente combinate insieme le minime particelle dalle quali sono tessuti, impastati e connessi li corpi*. La luce, lo spirito eterico, pur esso corpuscolare, di cui il Sole ha la massima ricchezza, si insinua tra le molecole, *fa violenza, allontana le molecole* [10], causando la loro motilità ed i passaggi di stato fisico. L'acqua è torbida quando è ghiaccio perché le superfici delle piramidi non lasciano passare la luce, ma poi questa *fa violenza e allontana le piramidi* e il ghiaccio passa ad acqua e poi a vapore.

Tornando alle acque termali, Vitali afferma che il vapore dell'acqua s'insinua ovunque, fino nel sottosuolo, ove esistono i semi delle varie sostanze: il vapore si adatta agli semi che incontra e si converte nelle cose che ritrova [11].

Dall'incontro dei vari vapori, ricchi di semi, si formano i metalli ed i vari minerali. *Se due vapori, uno salino sulfureo e l'altro senza metallico miscuglio, si uniscono e, così uniti, si incontrano con una vena d'acqua sotterranea, eccoci le acque acido sulfuree* [12]. E Vitali si dilunga ad elencare quali vapori e quali semi si uniscono per generare i vari tipi di acque. L'idea di Lemery, secondo la quale il calore delle acque termali deriverebbe dal fuoco interno della Terra, non lo convince; il bassetano propende a ritenere che sia l'urto meccanico tra particelle di diversa forma a dare origine al calore termale.

L'esposizione di Vitali è un mosaico, ben congegnato, della teoria dei semina di van Helmont, delle tre terre, combustibile, calcinabile e vitrificabile di Becher e Stahl, della configurazione delle molecole di Lemery, degli studi sui gas di Boyle.

Le analisi che egli ha condotto si basano sulla reazione delle acque sia al trattamento con sostanze naturali, come polvere di galla, fiori di viola e di the, fronde di rovere, radici di tormentilla, che a quelle con reagenti artificiali, quali sublimato di mercurio, olio di vetriolo, spirito d'urina acutissimo, olio di tartano ecc. Tutte le analisi sono dettagliatamente descritte e giustificate ed alcune risultano di straordinaria modernità.

Vitali vorrebbe catturare anche i gas che emanano dalle acque ma non vi riesce perché *non ha in essi matrice idonea entro la quale assumere corpo col quale possa poi rendersi visibili, palpabili e sensibili* [13]. Alla fine ritiene che le celebri acque non contengano che un sale alcalino minerale (che gli sembra cloruro di sodio) terra bolare ed uno spirito eterico, elastico, sulfureo e volatile. Più o meno quello che aveva trovato il frate camaldolese Ventura Minardo, due secoli prima.

Nella seconda metà del XVIII secolo le analisi delle acque minerali divennero una pratica assai diffusa tra i chimici e non vi fu grande chimico, italiano o straniero, che non abbia eseguito analisi di polle termali basandosi sulle opere di Bergman e Maquer e sulla teoria del flogisto, che permeava di sé tutta la chimica del tempo [14]. A Verona, nel 1773, compì un'accurata serie di analisi delle acque di Caldiero, Vincenzo Bozza; ma egli non era un medico e nemmeno un fisico ma solo un bravissimo speziale, per cui si limitò a segnalare i risultati delle sue ricerche, senza azzardare alcuna ipotesi o far riferimento ad alcuna teoria. Secondo lo stimato farmacista le celebri acque contenevano solo volatili, aria fissa, terra assorbente, sale selenico, nitro murale, sale marino e sale glauberiano [15].

Il canonico Giovanni Serafino Volta, nel 1785, dopo aver analizzato le terme di Giunone, usando prevalentemente reattivi chimici, trovò, nelle acque, i sali che realmente sono presenti: carbonati, solfati e cloruri di sodio, calcio e magnesio.

Ma al Volta riesce anche l'analisi dei gas: *Sembra per tanto, a tutti questi caratteri, un misto di aria fissa e flogistica, simile a quella che risulta dai processi flogistici della combustione e respirazione* [16].

La teoria del flogisto, che dominò la chimica di tutto il 700, prevedeva l'esistenza di un fluido imponderabile, contenuto in vario grado nelle sostanze combustibili: il flogisto, appunto. Durante la combustione o la calcinazione, le sostanze si liberavano del flogisto, trasformandosi in altre sostanze che ne risultavano totalmente prive. Il dato più mistificante di questa teoria, originariamente attribuito allo Stahl, fu che molte sostanze semplici, ossia elementi, come il carbonio, risultavano essere dei composti, costituiti dalla base carbonio e dal flogisto; al contrario molti composti, come l'anidride carbonica, risultavano essere sostanze semplici, ossia la base del carbonio spogliata del suo flogisto. Tuttavia la teoria del flogisto costituì, inspiegabilmente, una delle idee più radicate e diffuse di tutta la storia delle scienze. Gli sforzi che gli studiosi compivano per adattare questa teoria ai risultati delle loro ricerche, sono ancora più commoventi dell'ingenuità di Gazola. Per tale motivo il flogisto cambiò definizione, aspetto, funzione, meccanismo d'azione col passare del tempo e a seconda degli studiosi, fino a perdere, spesso, i suoi caratteri originari.

Serafino Volta, ad esempio, nella sua ricerca, volle chiarire sia l'origine del calore delle acque calderiane che quello dei sali in esse contenuti. Osservando che le rocce che circondavano le polle erano costituite da basalto, e ritenendo il basalto assai ricco di ferro, spiegava che le acque asportavano il flogisto dal ferro riscaldandosi, mentre il ferro riempiva il vuoto, generatosi dall'uscita del flogisto, assorbendo aria e passando a ossa. Le acque, ricche di flogisto, generavano fermentazioni, producendo acido carbonico; una parte di questo si univa al flogisto e formava acido solforico. I due acidi, asportando dalle terre i metalli, originavano i sali che si riscontravano nelle acque.

Il flogisto era insomma buono per tutte le spiegazioni, semplici o complesse, e per tutti gli usi.

Ma già nel 1795, due modesti medici veronesi, Matteo Barbieri e Zenone Bongiovanni, compirono una perfetta serie di analisi delle terme calderiane e nel loro Trattato [17] appare evidente che la rivoluzione che nella chimica del tempo avevano determinato le idee di Lavoisier, era stata perfettamente recepita e messa in pratica. Ogni riferimento al flogisto è totalmente bandito dalle loro pagine, per far posto ai nuovi concetti guida del calorico e dell'acqua, vista come un composto di idrogeno e di ossigeno. Del resto, già alcuni anni prima, il veronese Giuseppe Tommaselli [18] aveva pubblicato una serie di scritti a difesa della Nuova Chimica che giungeva d'oltralpe, a dimostrazione che, a Verona, la penetrazione e l'accettazione della teoria di Lavoisier era stata immediata.

Citando ad ogni passo i lavori del più celebre chimico italiano, seguace del genio francese, il torinese Antonio Giobert, Barbieri e Bongiovanni produssero delle analisi di tale perfezione e acutezza, che i loro risultati furono ritenuti validi fino agli inizi del nostro secolo.

La lunga strada iniziata da Alcardo Pindemonte nel 1459, poteva considerarsi, alla fine del '700, felicemente conclusa: la chimica aveva fatto, in pochi secoli, passi veramente giganteschi, associando al buon livello sperimentale raggiunto, un soddisfacente assetto teorico.

Molto più arretrate, lontane secoli di pensiero, risultano, dalla storia delle analisi delle acque termali, altre discipline, quali la neonata geologia e soprattutto la medicina, ancora brancolante nelle nebbie della teoria degli umori.

BIBLIOGRAFIA

- [1] E. CURI, *Le analisi chimiche delle acque delle terme di Caldiero nel XV e XVI secolo*, in «Atti del III Convegno Nazionale di Storia e Fondamenti della Chimica», Brenner, Cosenza, 1991.
- [2] M. BARBERI, Z. BONGIOVANNI, *Illustrazione delle Terme di Caldiero*, Giuliani, Verona, 1795, p. 20.
- [3] M. BARBERI, Z. BONGIOVANNI, *Illustrazione...* cit., pp. 22 e 23.
- [4] G. GAZOLA, *Il mondo ingannato dei falsi medici e disingannato*, Perlini, Venezia, 1746.
- [5] G. GAZOLA, *Trattato dei bagni e delle acque di Caldiero e loro uso*, Perlini, Venezia, 1746.
- [6] S. ROTARI, *Ragioni contro l'uso del salasso*, Merli, Verona, 1699.
- [7] E. CURI, *Bonafede Vitali: Medico e Carlatano*, Atti e Memorie Acc. Ital. Storia della Farmacia, Anno IX n. 2, 1992.
- [8] B. VITALLI, *Li bagni di Caldiero esammati*, Occhi, Venezia, 1746, p. 5.
- [9] B. VITALLI, *Li bagni...* cit., p. 6.
- [10] B. VITALLI, *Li bagni...* cit., p. 10.
- [11] B. VITALLI, *Li bagni...* cit., p. 12.
- [12] B. VITALLI, *Li bagni...* cit., p. 13.
- [13] B. VITALLI, *Li bagni...* cit., p. 49.
- [14] E. CURI, *Storia delle analisi delle terme di Caldiero dal XV secolo ai giorni nostri*, in «Atti e Memorie dell'Acc. Agr. Sc. Let. di Verona», Anno accademico 1988-89, Serie VI, Vol. XL.
- [15] Vincenzo Bezza non ha lasciato alcuno scritto della sua analisi. I risultati comparso, come termine di paragone, negli appunti di un altro studioso veronese di quei tempi, Luigi Torri, e si trovano depositati presso la Biblioteca Civica di Verona.
- [16] G.S. VOKA, *Analisi chimica dell'acqua de' bagni di Caldiero nel territorio di Verona*, in «Biblioteca Fisica d'Europa», vol. XIII, Pavia, 1781.
- [17] M. BARBERI, Z. BONGIOVANNI, *Illustrazione...* cit.
- [18] E. CURI, *Appunti per una storia della chimica a Verona dal XV al XVIII secolo*, in «Atti e Memorie dell'Acc. Agr. Sc. Let. di Verona», anno accademico 1987-88, Serie VI, vol. XXXIX.

MARCO GIARDI (*)

Manuali, modelli, equazioni. La Fisica teorica di Amedeo Avogadro (**)

Summary - Amedeo Avogadro is one of the most mentioned scientists in chemistry handbooks. But, strange to say, the evolution of his scientific thought is still unknown to many historians. Traditional historiography places the basic Avogadro's law: "under the same physical conditions equal volumes of gases contain the same number of particles", in the context of John Dalton's atomic theory. On the contrary, the analysis of Avogadro's first works suggests new elements for a different and correct interpretation of his place in the history of chemistry. It's an original perspective that shows how much the piedmontese scientist owes to the French physics of the first part of the 19th century (in particular to the problems suggested in the Berthollet's *Essai de statique chimique* and René Haüy *Traité élémentaire de physique*), but above all, his unusual way of being scientist.

L'ipotesi di Avogadro rappresenta, dal punto di vista di una «didattica della chimica», il logico sviluppo della teoria atomica di John Dalton e degli esperimenti sui volumi gassosi di Gay-Lussac.¹

Già nel 1911 Iclio Guareschi, celebre chimico, nonché studioso di Avogadro, sottolineava l'utilità di spiegare in modo semplice e lineare i concetti basilari della dottrina molecolare:

Bisogna far prima conoscere la teoria atomica di Dalton e chiarirla colle leggi delle proporzioni costanti e delle proporzioni multiple, poi esporre e sviluppare le leggi sulle combinazioni dei gas e far vedere il disaccordo che vi è tra il concetto dell'atomo indivisibile e i volumi dei gas che reagiscono: fatto ciò, bisogna allora esporre la teoria molecolare di Avogadro.²

Il fatto che l'ipotesi di Avogadro non sia stata ritenuta valida al momento della sua prima esposizione ha sempre generato un certo stupore fra la comunità degli

(*) Firenze.

(**) Relazione presentata al IV Convegno Nazionale di «Storia e Fondamenti della Chimica» (Verona, 7-9 novembre 1991).

¹ Sui problemi che riguardano l'insegnamento della chimica: R. CESTILLATI e D. PERUGINI, *Guida alla didattica della chimica nelle Scuole Secondarie Superiori*, Bologna, Zanichelli, 1987.

² AAVV, *Omaggio centenario internazionale ad Amedeo Avogadro*, Torino, UTET, 1911, p. 46.

scienziati. Perché i chimici evitarono di prendere in considerazione la soluzione più razionale ai problemi posti dalla teoria atomica daltoniana? L'enigma risulta meno sorprendente e tutt'altro che misterioso analizzando la reale genesi dell'ipotesi ed il contesto in cui essa venne formulata.

Avogadro costituisce un atipico modello di scienziato. Egli non fu un fisico di laboratorio, non portò mai nuove prove a sostegno delle sue ipotesi né eseguì verifiche dei dati che aveva a disposizione. L'attività del ricercatore torinese fu teorica ed astratta, basata sulla conoscenza, precisa ed attenta delle opere proposte dal panorama scientifico contemporaneo. Le analisi avogadrine consistevano nella lettura delle esperienze e delle ipotesi più svariate al fine di collegarle, organizzarle e sintetizzarle in un'unica esposizione originale.

Avogadro fu sostanzialmente un autodidatta. Le lezioni di fisica sperimentale dell'abate Vassalli-Eandi, che il giovane Amedeo seguì, nei primi anni dell'Ottocento all'Università di Torino, contribuirono esclusivamente a stabilire una direzione più costante alle proprie ricerche.¹

Il primo lavoro di Avogadro è rappresentato da un manoscritto intitolato *Essai analytique sur l'électricité* consegnato all'Accademia delle Scienze di Torino il 20 settembre 1803. L'*Essai*, realizzato in collaborazione con il fratello Felice, non è niente altro, come afferma lo stesso Avogadro, che lo sviluppo e la sintesi dei principi conosciuti sull'elettricità. Il fisico torinese, mettendo in mostra un'apprezzabile onestà intellettuale che conserverà nel corso di tutta la sua carriera, cita esplicitamente le matrici delle sue speculazioni: gli esperimenti pechineses dei Gesuiti residenti in Cina, comunicati all'Accademia di Pietroburgo nel 1735, che avevano dato luogo ad una brillante memoria di Aepinus; i *New Experiments and Observations Concerning Electricity* (1759) di Robert Symmer, tradotti in francese da Nollet nel 1764; i lavori di Gianfrancesco Cigna, Giambattista Beccaria e Alessandro Volta. Praticamente tutto ciò che riguardava lo studio degli isolanti elettrici successivamente all'invenzione del condensatore.

In seguito, fra il 1803 ed il 1811, cioè fra il manoscritto sull'elettricità ed il celebre *Essai*, in cui è contenuta l'ipotesi molecolare, Avogadro presentò altri tre manoscritti all'Accademia delle Scienze di Torino. Il primo, che affronta il problema della natura e della composizione dei sali metallici, è del 1804; il secondo, datato novembre 1808, riguardava l'analisi degli indici rifrattivi dei vari gas a differente pressione e si basava sulla lettura di una memoria di Biot e Arago, che prendeva in considerazione il problema più generale dell'affinità e l'interazione fra un corpo e le particelle della luce; il terzo parlava della distribuzione dell'elettricità nei corpi conduttori. Quest'ultima memoria, che fu discussa in una seduta dei membri

¹ Notizie biografiche su Lorenzo Romano Amedeo Carlo Avogadro (1776-1836) in B. TICCIANO, *Genesi necrologica del conte e commendatore Amedeo Avogadro di Quaregna e Cerreto*, Torino, 1856; G.D. BOTTO, *Sulla vita e sulle opere del conte Amedeo Avogadro. Cenni biografici*, Torino, Stamparia Reale, 1857; I. GUARASCIO, *Amedeo Avogadro e la teoria molecolare*, Torino, UTET, 1901. Figlio di uno dei più importanti uomini politici piemontesi della seconda metà del Settecento, Avogadro si laureò in Diritto Canonico nel 1796; in seguito, affrontò un periodo di tirocinio presso l'ufficio dell'Avvocato dei Poveri e l'Avvocatura generale e, nel 1801, fu nominato Segretario della Prefettura del Dipartimento dell'Essiano. Avogadro non abbandonò mai l'attività giuridica e questo favorì, senza dubbio, la sua carriera accademica e scientifica.

dell'Accademia il 30 marzo 1811, appena qualche mese prima della pubblicazione dell'*Essai sur le Journal de Physique*, dimostra chiaramente che Avogadro era ben lontano dall'essere interessato soltanto al problema della teoria atomica della materia.

Il fisico torinese integrava le nozioni basilari dei manuali scientifici con la lettura di un numero impressionante di articoli sulle materie più disparate, dalla astronomia alla botanica, dalla mineralogia alla meteorologia. I personali appunti manoscritti di Avogadro ci offrono un quadro completo delle fonti alle quali egli attinse i dati essenziali per la stesura dei propri lavori.⁴

L'immagine che viene progressivamente messa a fuoco, ripercorrendo i primi passi della carriera di Avogadro, è quella di un giovane curioso ricercatore, privo di un obiettivo determinato, ma sostanzialmente interessato a tutto ciò che riguardava il problema delle affinità. Attratto, soprattutto, dalle novità scientifiche più importanti ed interessanti. Ad esempio, le *Idées sur l'acidité et l'acaluité*, pubblicate sul *Journal de Physique* nel luglio del 1809, risentirono sensibilmente della lettura della memoria *On some chemical agencies of electricity*, la prima delle *Bakerian Lectures* di Humphry Davy, che vinse il Premio per il Galvanismo nel 1807. Davy fu autorizzato a ritirare il premio a Parigi nonostante la difficile situazione politica fra Inghilterra e Francia. Ciò contribuì non poco ad aumentare la sua popolarità sul continente e, soprattutto, a suscitare l'interesse e la curiosità di Avogadro.

Due testi comunque, più di altri, influenzarono le ricerche e la visione gene-

⁴ A. AVOGADRO, *Manoscritti scientifici*, Manoscritti 461-556, Biblioteca Civica di Torino. Si tratta di 75 volumi di circa 700 pagine ognuno costituiti da note, appunti, riassunti. I manoscritti contengono, inoltre, le prime stesure delle principali memorie di Avogadro. I manoscritti del 1808 e del 1811 non sono conservati nell'Archivio dell'Accademia delle Scienze di Torino (probabilmente sono andati perduti) e per questo gli storici ne hanno sempre ignorato l'esistenza. È possibile avere notizia di tali misteriose memorie consultando i *Verbali originali manoscritti della Classe di Scienze Fisiche e Matematiche* dell'Accademia per gli anni 1806-1814. Il testo originale dei due lavori è comunque presente nei Manoscritti scientifici. L'esistenza di queste inedite memorie implica una revisione della tradizionale bibliografia avogadrina fra il 1803 e il 1811:

- 1) *Essai analytique sur l'électricité*, manoscritto 70, Accademia delle Scienze di Torino, 1803.
- 2) *Considérations sur la nature des substances connues sous le nom de sels métalliques et sur l'ordre de combinaisons auquel il paraît le plus convenable de les rapporter*, Manoscritto 69, Accademia delle Scienze di Torino, 1804.
- 3) *Considérations sur l'état dans lequel doit se trouver une couche d'un corps non-conducteur de l'électricité, lorsqu'elle est interposée entre deux surfaces douées d'électricité de différente espèce*, «*Journal de Physique*», LXIII, 1806, pp. 450-462.
- 4) *Second mémoire sur l'électricité, ou suite des considérations sur l'état où se trouve une couche de corps isolateurs interposée entre deux surfaces douées d'électricité d'espèce contraire*, «*Journal de Physique*», LXV, 1807, pp. 130-145.
- 5) *Essai de calculs sur le pouvoir réfringent de quelques substances, comparé à celui de leurs composés, avec des conjectures sur la cause des anomalies qui s'y présentent*, Manoscritto scientifico 469, pp. 76-95 (memoria presentata nella *Séance* del 26 novembre 1808).
- 6) *Idées sur l'acidité et l'acaluité*, «*Journal de Physique*», LXIX, 1809, pp. 142-148.
- 7) *De la distribution de l'électricité sur la surface des corps conducteurs*, Manoscritto scientifico 467, pp. 109-124 (memoria presentata nella *Séance* del 30 marzo 1811).
- 8) *Essai d'une manière de déterminer les masses relatives des molécules élémentaires des corps, et les proportions selon lesquelles elles entrent dans ces combinaisons*, «*Journal de Physique*», LXXIII, 1811, pp. 58-76.

rale del mondo del fisico torinese: l'*Essai de statique chimique* (1803) di Claude-Louis Berthollet e la seconda edizione del *Traité élémentaire de physique* (1806) dell'abate René Haüy.

Avogadro aveva fatto la conoscenza di Berthollet in occasione delle *Considérations* sui sali metallici del 1804. Quel lavoro, infatti, era essenzialmente basato sui dati e sulle informazioni proposte da Berthollet nelle *Recherches sur les lois de l'affinité* (1801).⁵

Berthollet fu, assieme a Laplace, la figura più carismatica della scienza francese nell'età napoleonica e le sue opere costituirono un impescindibile (anche se non sempre apprezzato) punto di riferimento. La fisica di Berthollet proponeva una descrizione del mondo in termini di particelle discrete fra le quali agivano, in linea retta, forze a distanza. L'obiettivo che lo scienziato francese si proponeva era quello di realizzare il *newtonian dream*, la determinazione della forza universale d'attrazione non solo per i fenomeni astronomici, ma anche fra le particelle elementari della materia. Utilizzare, cioè le equazioni del moto per spiegare qualsiasi aspetto della realtà naturale.

Berthollet intendeva utilizzare le percentuali delle quantità che entravano in gioco in una reazione per calcolare, in maniera corretta, le forze che regolavano le reazioni fra i corpi chimici. Un progetto assai difficile da realizzare, poiché, secondo il fisico francese, le proporzioni in cui si combinavano le sostanze erano continuamente variabili a seconda del metodo di preparazione del composto. Le affinità, cioè, non erano più elettive.⁶

La lettura dell'opera più prestigiosa di Berthollet, l'*Essai de statique chimique*, appunto, stimolò in Avogadro l'esigenza di avere a disposizione un metodo per stabilire le esatte combinazioni fra gli elementi. Ma la ricerca dell'attrazione chimica non fu mai l'obiettivo principale dello scienziato torinese. Il piano reale sul quale si svolsero le indagini e le analisi teoriche di Avogadro è rappresentato dalla matematizzazione della combinatoria di principi creata da Lavoisier.

Nelle *Considérations* del 1804, Avogadro, cercando di individuare l'esatto comportamento dell'ossigeno nella formazione dei sali metallici, dimostrò di conoscere dettagliatamente la teoria lavoisieriana dell'acidità. Le riflessioni di Lavoisier, che riguardavano, in maniera specifica, la determinazione delle proporzioni d'ossigeno nei corpi composti da questo elemento, erano collegate al più ampio tentativo di costruire un nuovo sistema di combinazioni chimiche. E fu proprio questo il motivo, ancor prima dell'indagine sulle affinità, che fece comprendere ad Avogadro la necessità di avere a disposizione delle regole per determinare i reali rapporti numerici fra le sostanze.

Avogadro antepose sempre alle considerazioni fisiche sulle forze d'attrazione il

⁵ M. CAHILL, *Traité senza esperimenti. Le ricerche di Amedeo Avogadro sulla natura dei sali metallici*, «Nucleon», VII, n. 2, 1992, pp. 161-195.

⁶ Sul *newtonian dream*: A. THAGGAS, *Atoms and Powers. An Essay on Newtonian Matter-Theory and the Development of Chemistry*, Cambridge, Mass. Harvard University Press, 1970; R. FOX, *The Rise and the Fall of Laplacian Physics*, «Historical Studies in the Physical Sciences», IV, 1974, pp. 89-156. Per l'influenza di Berthollet sul programma di ricerca di Avogadro cfr. J.K. BONNER, *Amedeo Avogadro: A Reassessment of his Research and its Place in Early Nineteenth-Century Science*, Ph. D. dissertation, Johns Hopkins University, 1974.

progetto di un sistema di proporzioni costanti. Costanti, perché lo stesso Berthollet aveva riconosciuto, nonostante la polemica con Proust, che soltanto lo studio delle combinazioni in proporzioni fisse poteva rappresentare il fondamento di qualsiasi ricerca chimica ed essere confortato dalla precisione dei calcoli matematici.⁷

È in questa ottica che vanno inserite le analisi di Gay-Lussac sui volumi gassosi.⁸ Come ha efficacemente dimostrato Maurice Crosland, le indagini del giovane assistente di Berthollet erano finalizzate allo studio della neutralizzazione delle sostanze in una reazione e alla complessa problematica delle affinità chimiche.⁹ Berthollet, non potendo rifiutare la validità sperimentale dei dati di Gay-Lussac, sostenne, comunque, in linea con i principi della sua filosofia chimica, che le combinazioni allo stato gassoso rappresentavano soltanto un caso particolare nell'infinita gamma delle reazioni che avvenivano in qualunque proporzione. Rifiutando, inoltre, di identificare la semplicità dello stato aeriforme con quello molecolare rese improponibile la possibilità di formulare l'ipotesi che volumi uguali di gas contenevano lo stesso numero di particelle.¹⁰

La fisica francese del primo Ottocento, pur così ambiziosa nei programmi da realizzare, non pensò mai di vista quella modesta intellettuale che aveva caratterizzato la metodologia scientifica di Lavoisier.

Lavoisier riteneva che la ricerca scientifica non dovesse fornire spiegazioni sull'intima struttura delle cose e della realtà. Egli, che pure era un fisico ed aveva rivoluzionato la chimica con l'utilizzazione di metodi quantitativi, non attribuì mai una rilevante importanza al problema dell'esistenza delle particelle ultime della materia. Le analisi dovevano limitarsi ad indicare quali fossero le sostanze semplici osservabili sperimentalmente e le loro relative combinazioni, escludendo qualsiasi riferimento alle affinità che operavano nella natura.¹¹

L'interpretazione lavoisieriana dei fenomeni termici prevedeva un approccio decisamente modellistico. La concezione del calore come fluido materiale e la teoria che attribuiva le variazioni di temperatura all'energia cinetica delle molecole venivano collocate su di un piano di assoluta parità. Lo scopo dello scienziato francese era quello di avere a disposizione un modello adeguato ai dati sperimentali e, soprattutto, in armonia con i calcoli matematici e non con la realtà fisica. I modelli, come sosteneva anche Laplace, dovevano interpretare un ruolo puramente strumentale.¹²

⁷ Per il dibattito sulla variabilità delle proporzioni nel primo decennio dell'Ottocento, S.C. KAPOOR, *Berthollet, Proust and Proportions*, «*Chymia*», IX, 1965, pp. 53-110.

⁸ J.L. GAY-LUSSAC, *Mémoire sur la combinaison des substances gazeuses, les unes avec les autres*, «*Mémoires de Physique et de Chimique de la Société d'Arcueil*», II, Paris, 1809, pp. 207-254.

⁹ M.P. CROSLAND, *The origin of Gay-Lussac's Law of Combining Volumes of Gases*, «*Annals of Science*», XVII, 1961, pp. 1-26.

¹⁰ C.L. BERTHOLLET, *Observations sur les proportions des éléments de quelques combinaisons*, «*Mémoires de Physique et de Chimique de la Société d'Arcueil*», II, Paris, 1809, pp. 470-484.

¹¹ Cf. F. ARMI, *La terra, l'acqua, l'aria. La rivoluzione chimica del Settecento*, Bologna, Il Mulino, 1984; Id., *La rivoluzione chimica*, in P. Rossi (a cura di), *Storia della scienza moderna e contemporanea*, I, Torino, UTET, 1988, pp. 701-740.

¹² A.L. LAVOISIER, *Traité élémentaire de chimie*, I, Paris, 1789, pp. 5-6. Sulla problematica dei modelli nella storia della fisica, E. BELLONE, *I modelli e la concezione della fisica del mondo nella fisica moderna da Laplace a Bohr*, Milano, Feltrinelli, 1973.

Per questo la teoria atomica della materia di Dalton, che fu esposta per la prima volta nella terza edizione del *System of Chemistry* (1807) di Thomas Thomson, venne giudicata da Berthollet una congettura numerica tutta da verificare. Un'ipotesi ingenua, seducente, ma che aveva bisogno di attente verifiche sul piano sperimentale.¹²

Aldo Mieli, il più importante e preparato storico della chimica italiana della prima metà del Novecento, mise in evidenza, parlando della nascita della teoria atomica, un fondamentale aspetto che, in seguito, è stato completamente trascurato:

Il problema che ora si presentava era quello di scoprire le regolarità, se esse esistevano, nelle composizioni per le quali si formavano le diverse sostanze. Avere trovato tali regolarità, ed averle organizzate in un sistema in sé compiuto, è l'opera principale svoltasi nel periodo che ho denominato periodo atomico moderno. Accanto a questo problema, e confuso spesso con esso nella mente dei vari scienziati, si trova lo svolgimento di una concezione atomica delle sostanze (...). Si errerebbe, però, se si credesse che il punto centrale del problema, risolto nel periodo del quale trattiamo, fosse quello della teoria atomica come sistema meccanico. Un tale sistema, spesso preconcetto, era quello che balenava dinanzi ai grandi chimici dell'epoca, ma il nocciolo della questione era, come ho detto, l'esame delle regolarità nelle composizioni delle sostanze.¹³

Mieli sottolineava, giustamente, che il problema dei chimici della prima metà dell'Ottocento, non era rappresentato dall'adesione ad una visione atomica della materia, ma dalla preoccupazione di creare un sistema numerico di combinazioni valido e funzionante. La legge delle proporzioni multiple di Dalton sembrò una possibile ipotesi di lavoro, che tuttavia era assolutamente improponibile da un punto di vista fisico.

L'idea che la visione della materia daltoniana si sia affermata contemporaneamente alla sua prima esposizione è un'invenzione dei manuali scientifici. La riluttanza ad occuparsi dei livelli intimi della materia, senza godere del supporto di dati e prove sperimentali, indusse i fisici francesi ad interpretare chimicamente, ma non fisicamente l'atomo daltoniano. *Atom* era il termine adottato dalla fisica britannica per designare, in generale, le particelle della materia (così come i francesi utilizzavano l'espressione *moléculé*) e non era quindi indispensabile attribuire ad esso lo stesso significato daltoniano. La fisica transalpina, infatti, fece coincidere questo termine con quello di *moléculé intégrant*, che rappresentava la più piccola particella, ottenibile attraverso l'analisi sperimentale, nella quale una sostanza poteva essere divisa senza perdere le proprie specifiche caratteristiche; in pratica, l'equivalente molecolare dell'elemento lavoisieriano. Le particelle che costituivano gli elementi non dovevano essere identificate con lo stadio finale della realtà materiale, perché avrebbero potuto risultare ulteriormente divisibili.¹⁴

¹² C.L. BERTHOULET, *Introduction*, in T. THOMSON, *Système de chimie, traduit de l'anglais sur la dernière édition de 1807 par M.J. Riffault*, I, Paris, 1809, p. 27.

¹³ A. MIELI, *Il periodo atomico moderno*, «Scientia», XXII, 1917, p. 5.

¹⁴ Sull'atomismo chimico: A. ROCKE, *Chemical Atomism in the Early Nineteenth Century*, Columbus, Ohio State University Press, 1984; F. ARON, *L'atomismo chimico*, in P. BOSSO, *op. cit.*, II, pp. 269-300.

L'approccio ipotetico e modellistico che riguardava le interpretazioni fisiche della materia era ben presente nella seconda edizione del *Traité de Physique* di René HATY. Regola fondamentale per lo scienziato era evitare di far dire alla natura più di quanto ella non dicesse e di confondere un'ipotesi semplicemente esplicativa con gli oggetti che veramente avevano un fondamento reale.¹⁶

Avogadro, che nell'ottobre del 1809 aveva ottenuto la cattedra di Fisica nel liceo di Vercelli, conosceva a fondo il *Traité*. L'opera dell'abate francese, infatti, era il manuale di fisica ufficialmente adottato in tutti i licei dell'Impero. E, non casualmente, nel fondamentale saggio sul modo di determinare i pesi molecolari, pubblicato soltanto due anni dopo, Avogadro insisterà su due questioni fondamentali:

1) i dati di Gay-Lussac offrivano un nuovo strumento di precisione per correggere il sistema numerico di combinazioni proposto da Dalton;

2) era impossibile esporre dei dati sulle proporzioni particellari assolutamente validi da un punto di vista fisico.

Le esperienze di Gay-Lussac rappresentano l'inequivocabile punto di partenza delle riflessioni di Avogadro sulle combinazioni chimiche. Dalton rifiutò la validità dell'ipotesi "uguali volumi - stesso numero di particelle", perché non si conciliava con i principi del suo sistema chimico, mentre Berthollet e Gay-Lussac non videro alcuna connessione fra le reazioni volumetriche e le combinazioni particellari. Avogadro, invece, che non era legato all'ambiente scientifico francese da vincoli professionali o legami d'amicizia si mostrò disponibile ad accettare questa possibile generalizzazione. Contemporaneamente, non operando all'interno del contesto di ricerca daltoniano, il fisico torinese riuscì a portare delle sostanziali modifiche alle regole di combinazione ideate da Dalton. Avogadro possedeva un'attitudine ad associare contributi scientifici estremamente diversi fra loro per contenuto e provenienza che gli consentì di creare un *collage* di informazioni inconcepibile per la maggior parte dei chimici e dei fisici dei primi decenni dell'Ottocento.

Avogadro non incontrò difficoltà nell'ammettere la divisibilità matematica di una molecola integrante. La sua visione della materia non era daltoniana, ma newtoniana, cioè composta da infiniti livelli particellari. Avogadro, però, non pensò mai di attribuire uno status ontologico definito alle molecole elementari né, tantomeno, di stabilire la bi-atomicità di queste particelle, che potevano venire identificate soltanto con delle entità matematiche.

È importante sottolineare che Avogadro non utilizzò come unità di misura il peso relativo di una molecola elementare, ma continuò ad assegnare il valore 1 all'intera molecola integrante dell'elemento. Non è sorprendente, quindi, che nel caso della reazione fra idrogeno e ossigeno, ad esempio, Avogadro abbia ottenuto valori dimezzati rispetto a quelli reali. L'ipotetica formula dell'acqua del fisico torinese non sarebbe stata H_2O , ma $HO_{0.5}$. Se Avogadro avesse pensato ad una composizione rigidamente bi-particellare di una qualsiasi molecola integrante non avrebbe avuto difficoltà a stabilire i corretti pesi atomici relativi. Invece la molecola integrante di un gas generico non era costituita da un numero esatto di molecole

¹⁶ R.J. HATY, *Traité élémentaire de physique. Second édition revue et considérablement augmentée*, I, Paris, 1806, p. 80.

elementari, ma soltanto da un «certain nombre» che Avogadro non precisa. La scomposizione della molecola di un elemento, infatti, essendo esclusivamente dipendente dai rapporti numerici fra i reagenti ed i prodotti allo stato gassoso, non avveniva sempre in due parti distinte e definite. La stessa particella di ossigeno, che si divideva in due molecole elementari nella combinazione con l'idrogeno, avrebbe potuto, se i dati sperimentali lo avessero reso necessario, scomporsi in frazioni assai più numerose.¹⁷

L'ipotesi "uguali volumi - stesso numero di particelle" non era fondata su una precisa configurazione della struttura della materia, ma, al contrario, la determinava. I rapporti di combinazione fra le particelle, ipotizzati sulla base degli esperimenti e dei dati di Gay-Lussac, rappresentarono l'avvio delle indagini di Avogadro, non la conclusione. L'interesse che il fisico torinese manifestò nei decenni successivi per la problematica del calorico nacque proprio dal desiderio di poter ottenere conferme fisiche all'ipotesi numerica basata sulla combinazione dei volumi gassosi.¹⁸

Nei primi decenni dell'Ottocento i chimici non furono in grado di creare un metodo universalmente valido per determinare le proporzioni in cui si combinavano le sostanze. Essi ebbero a disposizione soltanto dei tentativi fondati su premesse teoriche e sperimentali completamente diverse fra loro. L'ipotesi di Avogadro rappresentò esattamente una di queste premesse in competizione con le altre. Un'ipotesi conosciuta e discussa, alla portata di qualsiasi ricercatore, né trascurata né dimenticata. Essa non fu un'intuizione isolata di un oscuro fisico di provincia, ma neppure un'idea che poteva farsi largo senza suscitare contrasti, polemiche e discussioni.

L'adesione alla soluzione proposta da Avogadro non si identificò soltanto con la risoluzione di un problema tecnico e teorico (dal quale, in ogni caso, era impossibile prescindere), ma risultò fortemente determinata dal rapporto che esiste, in generale, tra un mutamento scientifico e le tradizioni filosofiche, fra i dati fisici sperimentali e le visioni del mondo in cui tali dati vengono inseriti ed interpretati. Dal reciproco condizionarsi, cioè, fra quelle che vengono solitamente dette storia interna e storia esterna delle scienze. Un rapporto da analizzare evitando ogni possibile tipo di semplificazione o schematizzazione, ma cercando soltanto di non trascurare due semplici considerazioni che i manuali scientifici, solitamente, rinunciano a fare:

- 1) che una teoria vincente, come quella di Avogadro, possa avere incontrato degli ostacoli nel suo cammino prima di affermarsi;
- 2) che il contesto nel quale venne formulata la teoria fosse diverso da quello in cui essa ottenne il riconoscimento della sua validità.

La storia della fortuna dell'ipotesi di Avogadro potrà essere riscritta soltanto tenendo presente la possibilità di utilizzare queste interpretazioni alternative.

¹⁷ A. AVOGADRO, *Essai d'une manière*, cit.

¹⁸ Su questo argomento: R. FOX, *The Caloric Theory of Gases: From Lavoisier to Regnault*, Clarendon, Oxford, 1971, pp. 196-226; E. BILLONE, *Dal calorico alla conservazione dell'energia*, in P. RINALDI, *op. cit.*, II, pp. 239-268.

GIANLORENZO MARINO (*)

Una dinastia di chimici perugini: i Purgotti (**)

Summary - Sebastiano (1799-1879), Enrico (1834-1882), Luigi (1859-1922) and Atilio (1863-1929) Purgotti are four chemists of three different generations of the same family, who operated in Perugia for over a century, from 1827 to 1929. Their contributions to chemistry are examined and discussed.

I membri della famiglia Purgotti che esercitarono la professione di chimico furono quattro, appartenenti a tre generazioni; essi operarono a Perugia per oltre un secolo, dal 1827 (data dell'arrivo a Perugia di Sebastiano, proveniente dalla natia Cagli, nelle Marche) al 1929 (anno della morte del nipote Atilio).

Il più famoso è il patriarca, Sebastiano (1799-1879). Chimico, matematico, filosofo, egli non fu solo una figura dominante della cultura perugina del suo tempo, ma anche un chimico di statura nazionale: Giulio Provenzal¹ ne include la biografia nel suo «*Profili bio-bibliografici di chimici italiani*» insieme a quella di altri trentadue chimici operanti dal secolo XV al secolo XIX.

Quello che è più intricante della sua personalità è una sorta di duplicità: tanto egli fu conservatore, anzi retrivo in politica, in filosofia o quando tratta di altre scienze (per esempio, la biologia), tanto egli fu invece moderno in chimica, pronto ad accettare le idee nuove e rivoluzionarie che venivano da Oltrealpe e a farsene convinto ed acceso banditore, capace di sorprendenti illuminazioni e anticipazioni.

In politica era un reazionario, «un intellettuale di fede e formazione pontificia», come lo ha definito un suo conterraneo di oggi, lo scrittore Paolo Volponi.² Durante i moti che nel 1831 squassarono lo Stato della Chiesa, nel 1848-50 al tempo della Repubblica Romana, nel 1859 durante l'insurrezione popolare che precedette di un anno l'annessione e che fu soffocata nel sangue dai mercenari

(*) Dipartimento di Chimica, Università di Perugia.

(**) Relazione presentata al IV Convegno Nazionale di «Storia e Fondamenti della Chimica» (Venezia, 7-9 novembre 1991).

¹ G. PROVENZAL, *Profili bio-bibliografici di chimici italiani - Sec. XV - Sec. XIX*. In: Nazionale medico farmacologico «Seronio», 1939 (7) p. 147.

² P. VOLPONI, in *Sebastiano Purgotti e i suoi tempi*, Ed. Grossi, Cagli (1980), introduzione, p. 1.

pontifici, la posizione di Sebastiano Purgotti fu sempre, coerentemente, dalla parte del papa e dopo ogni restaurazione ottenne riconoscimenti, premi, promozioni.⁵

In filosofia si definiva un seguace del «Divino Aquinate». Famose furono le polemiche che, dopo l'Unità d'Italia, lo contrapposero a Enrico Dal Pozzo,⁶ il fisico dell'ateneo perugino, progressista e radicale in politica e positivista in filosofia. Tali polemiche, accese e senza esclusioni di colpi, nelle quali venivano coinvolti anche gli studenti e gli assistenti dei due professori, contribuirono a rendere vivace la vita culturale della città.

Quando, nel 1871, Carlo Darwin pubblicò la sua «Origine dell'uomo», l'effetto fu dirompente, provocando polemiche accessissime anche fuori dal mondo scientifico degli specialisti. Naturalmente le polemiche arrivarono anche a Perugia e naturalmente il Nostro (cito tale Vincenzo Santi)⁷ «combatté virilmente l'abbietissima ipotesi della derivazione dell'uomo dall'animale», considerandola «assolutamente assurda, imperocché il principio intellettuale che è la forma sostanziale dell'uomo non può venire in atto per corporea virtù». Le idee di Purgotti in proposito erano chiarissime ed erano state pubblicate:⁸ *L'Impero organico si divide in tre regni, il vegetale, l'animale e l'umano, assolutamente distinti e separati da barriere invalicabili.*

La cosa stupefacente è che un uomo siffatto sia invece straordinariamente moderno tutte le volte che tratta di cose di chimica. Forse perché considera la chimica abbastanza marginale nel sistema delle conoscenze e pertanto incapace di portarlo in rotta di collisione con la sua fede cattolica, in questo campo è pronto a far sue, senza tentennamenti, le idee nuove, molto di più di tanti suoi colleghi magari radicali in politica ma maledettamente conservatori in chimica.

Ma a questo punto fermiamoci un momento e vediamo di tracciare una breve biografia di Sebastiano Purgotti.⁹

Sebastiano Purgotti nacque a Cagli, in provincia di Ancona, il 31 luglio 1799,

⁵ Per il comportamento di S. Purgotti durante i mesi del 1830-31 e ai tempi della Repubblica Romana del 1849 vedi: STANISLAO DE CAMBAGNOLA, *Sebastiano Purgotti nell'ultimo decennio della Pontificia Università degli Studi in Sebastiano Purgotti e i suoi tempi*, Ed. Grossi, Cagli (1980), pp. 53-104. Per il suo comportamento durante le vicende del 1859 vedi: L. SEVERI, *Sebastiano Purgotti a Perugia (1827-1879) da Luigi Galvani a Giovanni Pennacchi*, ibid., pp. 105-106 e citazioni ivi riportate. Il carteggio tra S. Purgotti e l'Arcivescovo di Perugia cardinale G. Pecci in occasione delle vicende del 1859 è conservato nell'Archivio dell'Università di Perugia.

⁶ Sulle polemiche tra S. Purgotti ed E. Dal Pozzo, vedi: G. ENSTET, *Storia dell'Università di Perugia*, Firenze (1971), vol. 2, pp. 936 ss.

⁷ V. SANTI, *Sulle dottrine antropologiche del Ch.mo Prof. Sebastiano Purgotti*, Tip. Santucci (1879).

⁸ S. PURGOTTI, *Del regno umano*, Opuscolo in 8, Perugia (1859). Le idee di S. Purgotti sull'evoluzione degli organismi viventi sono riportate in una memoria avente altro oggetto e altro titolo: *Cenni storici ragionati delle teorie che l'una all'altra si sono succedute intorno alla combustione da Stahl ai moderni fondatori della dinamica molecolare*, Tip. Frèlli Bierti e Minaccini, Milano (1875).

⁹ Per maggiori notizie biografiche su Sebastiano Purgotti possono essere consultati i necrologi di S. Severini (*Ovvi*, giornale di chimica, farmacia e scienze affini, II, n. 5, maggio 1879), Attilio Maestri (Tip. Balloni, Cagli, 1881) e Andrea Staitoni, *Vita ed opere di Sebastiano Purgotti* (Tip. di Scienze matematiche e fisiche, 1884).

figlio di Nicola Purgotti, farmacista in quel centro marchigiano. Nel 1817 si iscrisse all'Università di Roma come studente della «classe legale» ma frequentò anche molti corsi delle facoltà di matematica e di «scienze naturali e mediche»; nel 1819 conseguì un diploma di «magistero in diritto pubblico e criminale». Rimase ancora un anno all'Università di Roma e nel 1820 tenne due prolusioni su «Proprietà generali dei corpi» e «Teoria delle forze centrali» ma non ottenne alcuna laurea o diploma in materie scientifiche.

Dal 1820 al 1827 esercitò la professione di farmacista nella farmacia del padre a Cagli, ottenendo una certa fama con una pubblicazione «Su un nuovo processo per ottenere il solfato di chinina».

Nel 1827 concorse per la cattedra di «chimica, botanica e farmacia» dell'Università di Urbino, dichiarandosi, nella domanda, disposto a che «attesa la deficienza della laurea, gli venisse raddoppiato il rigore dell'esperimento». Superato l'esame, non andò comunque ad Urbino, bensì a Perugia dove era stato chiamato dal Rettore Luigi Canali come professore di chimica e farmacia, «venendo dispensato dalla legge del concorso per la fama che già ovunque si spandeva chiarissima del suo ingegno e per le buonissime relazioni sulla sua probità». Nell'Università di Perugia svolse tutta la sua carriera di docente, insegnando contemporaneamente «chimica e farmacia» nella facoltà medica e (dal 1834) «matematica elementare» nella facoltà di «Scienze ed arti».⁸ Nell'Università ricoprì molte cariche accademiche, da quella di direttore del Collegio a quella di Preside di Facoltà, da quella di vice-Rettore a quella (per un breve periodo nel 1854) di Rettore.

Nella sua produzione scientifica non troviamo contributi realmente originali. Già subito dopo la sua morte, il ricordato Dal Pozzo (che peraltro non gli era stato amico) nella commemorazione scriveva crudemente che «gli studi del Purgotti non hanno avuto per risultato di aumentare pure di una le cognizioni dei fenomeni naturali, delle loro cause o leggi».⁹

Se non i contributi originali, cosa allora gli ha dato la fama, fama che è sopravvissuta a lungo alla sua morte?¹⁰ Ebbene, Sebastiano Purgotti ha svolto un ruolo importante nella diffusione in Italia delle idee nuove della chimica e in particolare della teoria atomica e la cosa sorprendente e ammirevole è il fatto che egli abbia svolto questo ruolo da una sede come Perugia, città e università minore di uno stato culturalmente e scientificamente arretrato come era quello pontificio.

Sia coloro che redassero i necronologi dopo la sua morte (Severini, Bellucci, Santi, Maestrini) sia i biografi successivi (Provenzal, Testi, Giua) sono concordi nell'affermare che Sebastiano Purgotti «fu il primo ad introdurre in Italia la teoria

⁸ In aggiunta agli insegnamenti strettamente universitari, S. Purgotti tenne per molti anni il corso di «Chimica e mineralogia» presso il collegio della Sapienza e l'insegnamento di «Matematica» presso il Liceo della città.

⁹ E. DAL POZZO, *Sebastiano Purgotti. Parole pronunciate nella scuola fisica dell'Università di Perugia - addì 3 aprile 1879*, Le Monnier (1879).

¹⁰ Cinquanta anni dopo la sua morte, nel 1929, Sebastiano Purgotti fu solennemente commemorato da G. Testi al III Congresso Nazionale di chimica pura ed applicata di Firenze. Cento anni dopo la morte, nel 1980, si è tenuto a Cagli un convegno in suo onore ed è stata aperta al pubblico una mostra con cineclà a lui appartenenti.

atomica nello studio della chimica». Un suo libretto, pubblicato nel 1835 e intitolato appunto «Teoria atomica»¹¹ riporta in forma unitaria tutti gli scritti da lui pubblicati sull'argomento in forma separata a partire dal 1829. Il Purgotti pone con grande lucidità la teoria atomica al centro di tutte le conoscenze chimiche e con grande coerenza costruisce l'edificio di questa scienza su alcuni fondamentali pilastri: la legge delle masse di Lavoisier, le due leggi di Proust e Dalton sulle proporzioni definite e le proporzioni multiple, l'ipotesi di Avogadro e la legge dei volumi di Gay-Lussac. Per apprezzare in pieno la posizione del Purgotti occorre ricordare che le teorie di Dalton (i cui primi lavori in materia risalgono al 1810) incontrarono difficoltà ad essere accettate da tutti e provocarono resistenze e opposizioni tenaci che si protrassero per decenni: un grande chimico fisico come Ostwald¹² si convertì pienamente alla teoria atomica solo nel 1908!

In questo libretto molti concetti vengono introdotti in modo rigoroso e corretto. Per esempio si dà la corretta definizione di «peso relativo degli atomi» e si sottolinea l'importanza (un quarto di secolo prima di Cannizzaro!) dell'ipotesi di Avogadro. Ancora: in opposizione a Berzelius che proponeva per l'acqua ossigenata la formula HO il Purgotti suggerisce, sulla base di varia evidenza, la formula corretta H_2O_2 .

Sempre nel 1835 esce il primo volume del suo «Trattato di Chimica elementare». Il trattato (in tre volumi) che negli anni seguenti uscirà in molte ristampe e, a cadenza decennale, verrà aggiornato in tre successive edizioni, viene subito adottato come libro di testo in molte università italiane e conosce un'ampia diffusione anche all'estero.

Il libro è molto moderno nell'impostazione, chiaro nell'esposizione, sorprendentemente corretto e aggiornato. Il confronto con gli altri libri dell'epoca (per esempio i testi del Brugnatelli e del Grazzetti, per limitarci a quelli in italiano: molti libri di testo di chimica erano infatti ancora scritti in latino!) è decisamente a favore di quello del Nostro, con forse la parziale eccezione del trattato del Piria,¹³ che peraltro è posteriore di alcuni anni.

Nell'introduzione il Purgotti illustra la «filosofia» che lo ha guidato nell'impostazione del libro: afferma di aver resistito alla tentazione di organizzare la materia passando dal «semplice» al «complesso» (trattando cioè prima i corpi semplici, per esempio l'idrogeno e l'ossigeno e poi quelli complessi, per esempio l'acqua) e di aver preferito l'altra via, apparentemente più complicata ma che ritiene didatticamente più efficace, di passare dal «noto» all'«ignoto», ripercorrendo il cammino che la scienza stessa ha percorso (o, per usare le sue parole, «tracciando la via che si è battuta per incoprire le chimiche verità»). Nel libro, in ogni capitolo, vengono riportate nozioni di storia della chimica, alla quale il Purgotti riconosce esplicitamente un alto valore pedagogico.

Questo trattato e il successivo «Trattato di chimica generale ed applicata»

¹¹ S. PURGOTTI, *Teoria atomica - Ovvero: Riflessioni su la teoria degli atomi*. Tip. Bradad da V. Benelli (1835).

¹² Su la singolare posizione di W. Ostwald nei riguardi della teoria atomica, si veda il contributo di Paolo Mirone in questo stesso volume (pp. 313-319).

¹³ R. PIRIA, *Trattato elementare di Chimica inorganica*, Napoli 1841.

sono da considerarsi tra i testi più importanti del tempo e non è eccessivo dire che svolsero un ruolo fondamentale nella formazione delle nuove generazioni di chimici italiani.

Un altro punto che tutti i biografi sottolineano è che egli sostenne per primo che «la causa principale del calore che sviluppa nei chimici mutamenti è dovuta all'agitazione atomica»; il Testi definisce addirittura il Purgotti come «il vero iniziatore della dinamica molecolare». Questo è evidentemente esagerato. Se è infatti vero che la teoria cinetica dei gas nel cui ambito trova corretta posizione la relazione tra temperatura e moto molecolare è ancora di là da venire (i lavori di Clausius sono del 1857, i primi di Maxwell sull'argomento addirittura del 1866, mentre Purgotti parlava in quei termini già nel 1827), è anche vero che già precedentemente l'esistenza di un legame tra temperatura (o calore: c'era ancora confusione tra i due termini e i due concetti) e moto delle molecole era stata intuita da Gay-Lussac e da altri. Quello che si può tranquillamente affermare è che il fusto del Purgotti, la sua visione lucida dei fatti della chimica, gli fanno intuire in anticipo, sia pure confusamente, cose che saranno correttamente definite solo molto più tardi.

Sebastiano Purgotti fu inoltre un pioniere della idrologia chimica. Analizzò per primo molte acque minerali italiane utilizzando i metodi analitici dell'analisi ponderale che erano stati da poco messi a punto e applicando correttamente i calcoli stechiometrici.

Partecipò attivamente al dibattito culturale del tempo con pubblicazioni e note in cui prese posizione sulle varie teorie che si susseguivano negli «anni caldi» della parte centrale del secolo, non esitando a entrare in polemica anche con alcuni grandi chimici stranieri del tempo, come Crawford (sulla causa del calorico) o Berzelius (del quale confutò la teoria elettrochimica della combustione).

Il suo ruolo di pioniere della chimica moderna fu ampiamente riconosciuto dalla comunità scientifica italiana fin dal tempo in cui era vivente. Fu chiamato a far parte di ben trentadue accademie italiane e straniere, tra cui quella dei Lincei, dove fu solennemente commemorato dopo la morte dal presidente del tempo, Quintino Sella.¹⁴

Gli altri chimici della famiglia non hanno la statura del capostipite, epperò anche loro hanno lasciato una traccia. Riflettendo un mutamento che coinvolse in larga misura tutta la chimica europea a partire dalla metà del secolo XIX, i loro interessi non furono diretti principalmente verso la teoria (la «filosofia chimica», come veniva allora chiamata), ma piuttosto verso le applicazioni industriali della chimica.

Il figlio Enrico¹⁵ (1835-1882) studiò a Perugia ma poi si laureò a Roma con lode in chimica e farmacia. Tornato a Perugia, fece poi la carriera all'ombra del padre famoso di cui fu per molti anni assistente prima di ottenere la cattedra di chimica analitica, poi mutata (nel 1880) in quella di chimica farmaceutica nella neonata facoltà di Farmacia. Continuò l'attività del padre nelle analisi chimiche

¹⁴ Q. SELLA, «Atti della Regia Accademia dei Lincei», Anno CCLXXVI, (1878-79), Serie III, *Transunti* vol. 3 (Roma, 1879), pp. 128-129.

¹⁵ Dati biografici su Enrico Purgotti in P.F. COSTANTINI, «Giornale agrario italiano», XVI, n° 21-22 (1882).

delle acque minerali e, orientando come già detto la sua attività verso le applicazioni della chimica, ottenne numerosi brevetti nel campo della fotografia, propose l'impiego di un nuovo carburante in sostituzione della benzina (l'«Eterol», una miscela il cui componente principale era l'alcol etilico) e progettò un nuovo tipo di fiammiferi senza fosforo.¹⁶ Gli studi in quest'ultimo campo si inserivano nelle ricerche che si svolgevano in tutti i paesi europei nella seconda metà dell'Ottocento, volte a sostituire nella pasta ignifera dei fiammiferi l'uso del fosforo bianco, molto tossico e causa di una grave malattia professionale, il fosforismo, che mieté molte vittime tra gli operai delle prime fabbriche di fiammiferi suscitando allarme ed emozione nell'opinione pubblica del tempo.¹⁷

Enrico Purgotti fece parte della Commissione che elaborò la prima Farmacopea ufficiale del Regno d'Italia, sintesi critica delle varie farmacopoe degli stati pre-unitari. Morì il 22 maggio 1882 a soli quarantotto anni, quando era ancora nel pieno della sua attività accademica e scientifica.

I suoi figli continuarono la tradizione di famiglia. Luigi¹⁸ (1859-1922) si laureò sia in chimica che in medicina, coltivò entrambe queste scienze e fece valere questa duplice competenza dirigendo per trent'anni l'ufficio provinciale di igiene di Perugia.

Il fratello più giovane, Attilio (1863-1929),¹⁹ diplomatosi in farmacia a Perugia nel 1885 e successivamente laureatosi in fisica (a Ginevra, nel 1889) e in chimica (a Pavia, nel 1891), svolse la sua carriera accademica come assistente, libero docente e professore incaricato presso le università di Pavia e Perugia prima di ottenere la cattedra di ruolo, nel 1907, presso il Regio Istituto Superiore Agrario di Portici.

La sua vasta produzione scientifica spazia in molti e diversi campi, dalla chimica organica alla chimica fisica, dalla chimica analitica alla chimica agraria, ma l'originalità dei contributi non è tale da giustificare un'analisi approfondita in questa sede. Intendiamoci: Attilio Purgotti fu un ottimo sperimentatore e la sua produzione non è da ritenersi inferiore a quella di tanti suoi colleghi contemporanei di lui più famosi e operanti in università più prestigiose: soltanto che il tempo è un implacabile giustiziere e solo pochissimi sono in grado di resistergli.²⁰ L'unica cosa che forse vale la pena di essere espressamente ricordata è che ad Attilio Purgotti si deve la prima sintesi della *para*-nitrofenilidrazina, un reattivo fondamentale tuttora usato nella chimica delle aldeidi e degli zuccheri. Il lavoro²¹ fu pubblicato sui

¹⁶ E. PURGOTTI, *Cerino sopra i fiammiferi in generale e sopra un nuovo sistema di fiammiferi senza fosforo*, «L'Industriale italiano», 2, 1882.

¹⁷ Per gli effetti nocivi del fosforo bianco si rimanda al contributo di N. Nicolini (pp. 223-225 di questo volume).

¹⁸ Dati biografici su Luigi Purgotti in «L'Unione liberale», 28 marzo 192, n. 71.

¹⁹ Dati biografici su Attilio Purgotti in: Romano Rensi, *Giornale di chimica industriale e applicata*, vol. 11, p. 292 (1929).

²⁰ Luigi Corradi in un recente saggio (*Temi di ricerca della chimica classica*, Eubense, Milano 1990, p. 9) ha affermato, forse provocatoriamente, che, analizzando la produzione scientifica italiana nei centotrenta anni che vanno dal 1820 al 1950 e prendendo come criterio critico l'effettiva rilevanza rispetto allo sviluppo generale della chimica, solo i lavori di S. Cannizzaro e di G. Natta hanno resistito all'azione demolitrice del tempo.

²¹ A. PURGOTTI, *Sopra la para-nitrofenilidrazina*, «Rend. Acc. Naz. Lincei», serie 4, vol. 7, II, p. 267 (1891).

Rendiconti dell'Accademia dei Lincei, in una memoria presentata dall'accademico Stanislao Cannizzaro, il che dimostra l'esistenza di rapporti tra il giovane Purgotti allora ventottenne e il grande chimico siciliano.

Ritengo invece che valga la pena spendere qualche parola sull'attività industriale in campo chimico esercitata dai due fratelli. Essi ripresero e svilupparono le ricerche iniziate dal padre Enrico e non concluse per la morte prematura di lui sul nuovo carburante surrogato della benzina e sui fiammiferi igienici. Capaci più del padre di superare le difficoltà di ordine tecnologico (Attilio) e più del padre dotati di spirito imprenditoriale (Luigi),²² i due fratelli furono in grado di tradurre i brevetti in realizzazioni industriali. E mentre per l'Eterol — salvo un breve suo utilizzo durante la prima guerra mondiale — il successo non arrivò, diverso fu il caso dei fiammiferi di sicurezza: si arrivò in questo caso alla produzione industriale su larga scala e la fabbrica dei fratelli Purgotti, storicamente una delle primissime industrie di Perugia, successivamente acquistata dalla S.A.F.F.A., è tuttora operante in una frazione di Perugia.²³

I brevetti dei fratelli Purgotti in questo settore sono moltissimi. Essi prevedono sia l'uso di paste totalmente prive di fosforo (per esempio, a base di solfuri di cromo, tiocianati metallici, etc.) sia di paste con derivati del fosforo (sesquisolfuro, fosfina solida, etc.) sia infine di paste a base di fosforo rosso (molto meno tossico del fosforo bianco), opportunamente trattati. Riferimento alle formule dei fratelli Purgotti è fatto anche alla voce «fiammifero» della Grande Enciclopedia Treccani, nel paragrafo dedicato alla storia di questo ritrovato.²⁴

Luigi Purgotti morì a Perugia nel 1922; il fratello Attilio nel 1929 tragicamente a Portici, suicida nel suo laboratorio. Con loro finisce quella che potremmo chiamare la preistoria della chimica perugina. La vera e propria storia comincerà solo qualche decennio dopo, negli anni sessanta, con la costituzione nell'Università di Perugia del corso di laurea in chimica.

²² L'attività imprenditoriale di Luigi Purgotti fu vasta e multiforme: oltre alla fabbrica di fiammiferi di sicurezza, altre sue iniziative industriali riguardarono una fabbrica di feltri e una di articoli per la caccia. Ebbe inoltre aziende agricole e di allevamento che organizzò in modo moderno, facendo uso, pionieristico per i tempi, di fertilizzanti chimici.

²³ Molte notizie sulla fabbrica di fiammiferi di Perugia e sui brevetti dei fratelli Purgotti si possono trovare in Luigi CASARELLI, *La fabbrica dei fiammiferi igienici a Perugia*, Perugia 1974.

²⁴ Enciclopedia italiana, vol. XV (ed. del 1932) p. 192.

NICOLETTA NICOLINI (*)

**... «Il pane attossicato» ... : storia dell'industria
italiana dei fiammiferi 1860-1910 (**)**

... «The Toxic Bread» ... : History of the Italian Industry of Matches 1860-1910

Summary - Straight after the use of the white phosphorus in the industrial production of matches (1833) it has been put in evidence the danger of the substance on those who worked with it, in the macroscopic degenerative form known as «chemical illness» or phosphonecrosis.

Though there were alternative less toxic mixtures (substances) known in almost all European countries, the white phosphorus has been used for all the 19th Century until the Berna Conference in 1905.

These short accounts, whose developments will be found in the volume of next publication, want to reconstruct the history of the matches industry in Italy. Industry that has been a protagonist of the Italian economic life before the fertilizers production was carried on under the impulse of agriculture.

Particularly it has been considered:

1. Evolution of methods and technologies;
2. Collaboration, or share, between science and industry about the industrial patents;
3. Governmental work and compromise between noxious effects and industry;
4. Indirect monopoly as the solution of the compromise.

The study culminates in the moment of the parliamentary intense debate (1910) that involved the economic world as well as the scientific community until the use of the white phosphorus was forbidden by decree in 1923.

L'industria dei fiammiferi è stata una delle protagoniste della vita economica italiana nell'ottocento prima che la spinta data dall'agricoltura trascinasse con sé la produzione dei fertilizzanti.

Il successo del settore era legato alla bassissima tecnologia: il fosforo (impomatato) e i fucelli di legno venivano mescolati con lo zolfo anche sui tavoli da cucina. L'assenza di abilità speciali per la produzione dei fiammiferi e le scarse spese d'impianto ne favorirono la diffusione come industria a domicilio. Un'industria

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

(**) Relazione presentata al IV Convegno Nazionale di «Storia e Fondamenti della Chimica» Venezia, 7-9 novembre 1991.

quindi prevalentemente senza macchine e senza precauzioni igieniche, le cui maestranze coincidevano con i membri della famiglia del proprietario, e presente in modo particolare nel meridione. Tra il 1870 e il 1894 erano sorte ben 503 piccole fabbriche con una buona attività esportatrice. L'Italia veniva dopo il Giappone e la Russia sia per la quantità dei fiammiferi prodotti che per la quantità di manodopera impiegata.

Il basso punto di infiammabilità del fosforo bianco, che dava luogo ad accensioni spontanee, e la tossicità della sostanza (già nel quinquennio 1855-1860, venti anni dopo la sua introduzione nell'industria, il fosforo superava l'arsenico come mezzo usato per gli avvelenamenti), ne facevano una materia prima pericolosa e scomoda. L'aspirazione dei vapori di fosforo e il contatto continuo delle mani con la pasta fosforica portava per di più ad una intossicazione cronica da parte degli operai, difficile da attribuire all'avvelenamento da fosforo e definita genericamente come uno «stato cachectico» non riconducibile alle forme acute di avvelenamento da fosforo che si manifestavano con forme macroscopiche degenerative più facilmente identificabili e conosciute come «male chimico» o fosfonecrosi delle ossa mascellari. L'incidenza dell'avvelenamento acuto e cronico era stata oggetto di interventi legislativi esteri e rilevata ripetutamente dagli ispettori del lavoro nei vari stati, ma le miscele alternative già sperimentate trovavano difficoltà ad essere utilizzate.

Le obiezioni che venivano portate avanti contro il divieto di utilizzo del fosforo bianco riguardavano la maggiore comodità per gli acquirenti che potevano accendere i fiammiferi su tutte le superfici e soprattutto la conseguente sparizione della piccola industria che non avrebbe potuto sopportare il carico di una trasformazione del ciclo produttivo con altre materie prime meno pericolose del fosforo bianco. Le disposizioni igieniche e legislative adottate dagli stati esteri, che oltre a limitare — come in Italia — il lavoro per le donne e per i bambini e introducevano delle precauzioni nel maneggiamento del fosforo bianco, non diedero i risultati sperati per cui si rese necessario vietare radicalmente l'uso della sostanza. Ma per una tutela delle esportazioni dei singoli paesi interessati si preferì giungere ad un accordo internazionale le cui modalità furono discusse alla Conferenza di Berna nel 1905. L'anno successivo si giunse alla stipula della Convenzione di Berna, la cui ratifica doveva essere sottoscritta dai rispettivi parlamenti.

Particolarmente oscuro si mostra l'atteggiamento del governo italiano. La pericolosità della sostanza era da tempo nota e numerose erano le denunce e le proteste dei cittadini che individuavano nella ubicazione delle fabbriche di fiammiferi in località abitate una fonte di «grande disagio». Le stesse compagnie di assicurazione si rifiutavano di stipulare contratti per carichi di fiammiferi. Nonostante che a tutto ciò facesse da corollario da molti anni una accesa discussione scientifica e medica sull'argomento sulle riviste e nei convegni, il governo sembrava riluttante a prendere posizione sulla questione, risultava disinformato sulla fosfonecrosi e disinteressato ad incentivare i brevetti alternativi. Un cambiamento di rotta si ebbe nel 1905 quando per mettere in luce le condizioni economiche e sociali della manodopera si rese necessario indagare sullo stato di fatto dell'industria suddetta. Si plaude allora alla Società Anonima Umbra del Purgotti, sorta nel 1904, che fabbricava fiammiferi privi di fosforo bianco «senza pericoli né difficoltà» e si invocò la felice adesione alla Convenzione di Berna «diretta alla efficace protezione del lavoro umano, una

delle forme più interessanti e più nobili della legislazione moderna». Cadevano inoltre le obiezioni economiche, in particolare la temuta sparizione delle piccole industrie, in nome di un «fenomeno naturale» e del progresso tecnico che favoriva la produzione in grande (le piccole industrie si erano già ridotte a meno della metà nel 1905 anche per effetto della tassa di fabbricazione sui fiammiferi introdotta dieci anni prima). Ma dietro la conversione governativa del 1905 vi era solo la tutela della salute dei lavoratori, una disinteressata protezione della vita di chi lavora, «considerata come il più sacro dei tesori» al di sopra di ogni seduzione d'interessi? Le pressioni esercitate fino ad allora dalla potente concentrazione delle Fabbriche Riunite, che diventerà la S.A.F.F.A. nel 1928, stavano di fatto venendo meno. Le Riunite erano riuscite ad assorbire la Società Anonima Umbra che faceva una viva concorrenza alle fabbriche del gruppo che ancora impiegavano il fosforo bianco. Con questa annessione, si era di fatto costituito un monopolio indiretto capeggiato dalle Riunite sia per i fiammiferi con pasta a fosforo bianco che per quelli privi della sostanza in questione. Svincolato quindi dalla necessità di difendere interessi contrastanti che portavano alla ricerca di soluzioni di compromesso, il governo si sentì libero di recuperare il terreno perduto in campo internazionale e poté finalmente conciliare la necessità di difendere la salute dei lavoratori con quella, non meno sentita, di non intaccare gli interessi dei potentati economici.

Le discussioni in Parlamento furono molto accese, in particolare quella avvenuta al Senato nel 1910 in cui il governo era contrastato da Gianbattista Grassi. L'allungamento dei tempi parlamentari portò l'Italia a definire la data del 1915 per rendere operante il divieto dell'uso del fosforo bianco ma lo stato di guerra spinse a trascurare il limite proposto fino alla dichiarazione di pace. In definitiva la conversione in legge fu del 1923. Erano ormai trascorsi circa 80 anni da quando si era stabilito il nesso eziologico tra il fosforo bianco e fosfomiosi e ormai sul mercato era rimasto esclusivamente il trust delle Riunite.

Lo sviluppo dell'argomento, la bibliografia e le fonti si possono trovare nel volume ... *il pane attossicato: storia dell'industria italiana dei fiammiferi 1860-1910* di N. Nicolini e A. Baldasseroni in corso di pubblicazione.

PAOLO AMAT DI SAN FILIPPO (*)

**Unità protoindustriali della Sardegna Sabauda.
II - Produzione di piombo e argento a Villacidro
(1741-1798) (**)**

I Parte

**The early industrial unities in the sabaodian Sardinia. II - Production of Lead and Silver -
Part I**

Summary - Among the ideas of Carlo Emanuele III, second King of Sardinia, aimed to the "Riformimento" of the Island, the production of lead and silver seemed to be the most promising. To this aim a concession was given to a Company of foreign financiers for the mining and smelting of the lead glance of the territories of Arbus, Guajini, Iglesias, and Sarrabus in the Island. The leader of the Royal Mining Company of Sardinia was the mine engineer Charles Gustaf Mandell, at this time Consul of Sweden in Cagliari. A Foundry was built by this Company in the year 1741 near Villacidro. Pattern and technology of the Foundry came from Freyberg, as from Germany came the major part of the 150 workers: miners, founders, cindersmen, blacksmiths and specialists.

The production of the Foundry of Villacidro began in the year 1742, but the activity was hindered from some unfavourable circumstances. Together with the lack of financial support operated negatively: the reduction of the number of workers and the behavior of the Sabaodian Establishment itself. A lot of workers died by disease (Malaria) or by assassination, and others left the Sardinia. The hostility and the incomperision of the Establishment against the Concessioner led to the abolition of the Concession. Three years after the death of Mandell, that occurred in the 1759, the Foundry was managed by the Royal Intendence. The substitution of the german workers with hands from Piemonte and Sardinia led to a decay in quantity and quality of the production. The public management of the Foundry get on approximatively for the same time as that of Mandell, but the whole gain for the Royal Finances resulted smaller than previously.

In order to explain the failure, the vicissitudes of this undertaking are here presented.

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

(**) Relazione presentata al IV Convegno Nazionale di «Storia e Fondamenti della Chimica» (Venezia, 7-9 novembre 1991).

Introduzione

La Sardegna è sempre stata famosa per l'abbondanza di minerali, che da essa furono estratti fin dagli albori della sua storia. Differentemente, però, da altri Territori minerari come per esempio l'Erzgebirge Sassone-Boemo, la Sardegna non espresse mai una tradizione mineraria sua propria, ma fu tributaria di quella altrui. Lo sfruttamento razionale delle sue risorse minerarie, infatti, avvenne sempre e quasi esclusivamente ad opera di forestieri.

Divenuti Re di Sardegna, i Savoia, nell'ambito di una generale politica tesa al «Rifiorimento» dell'Isola si impegnarono a ripristinare nell'Isola quell'attività minero-metallurgica che, fiorente sotto la dominazione pisana, era scomparsa del tutto sotto la dominazione aragonese e spagnola. Nell'ambito di questo programma iniziato dal Ministro per gli Affari di Sardegna Giovanbattista Bogino di Migliandolo, si inserisce, pertanto, una concessione trentennale per la ricerca, l'escavazione, e lo sfruttamento metallurgico dei minerali dell'Isola, rilasciata il 30 Luglio 1740 ad una Società di Finanziere stranieri [1, 2], denominata Compagnia Reale delle Miniere di Sardegna.

Nel contesto della storia del fallimento di questa intrapresa si cercherà di evidenziarne le possibili cause.

La Compagnia delle Miniere di Sardegna

Tralasciando di citare tutte le concessioni minerarie del periodo spagnolo, verranno qui menzionate solamente quelle, che ebbero una qualche implicazione nel successivo periodo sabaudo.

Il 18 Agosto 1720 fu concessa, al ligure Juan Estevan Duranti (o Durante) ed al suo socio sardo Don Pietro Nieddu, la proroga del permesso per escavare minerali di qualsiasi specie rilasciato al Duranti già nel Luglio 1704 [1]. I due soci dovettero però transare col commerciante cagliaritano Giacomo Musu, subconcessionario di certo Don Gavino Olives, erede, a sua volta di un Antonio Michele Olives che nel 1691 era subentrato nella concessione già rilasciata, il 20 Dicembre 1642 a certo Nicolas de Nurra [1, 3].

Avendo il Barone di Saint Remy primo Viceré di Sardegna, al momento di prendere possesso del Regno a nome del Re Vittorio Amedeo II, nel 1720, giurato di mantenere e rispettare tutte le costituzioni, concessioni e franchigie feudali e non, rilasciate dai precedenti Re spagnoli in Sardegna, la concessione Olives era ancora valida e i diritti del Musu legittimi. Transata la questione, la concessione Nieddu-Durante fu ratificata il 13 Marzo 1721 [4].

Poiché già nel XVIII Secolo, l'Alta Finanza inglese e francese, della quale facevano parte molti Ebrei, era particolarmente interessata al commercio mondiale dei minerali, il 13 Maggio 1734 gli inglesi Christopher Schele e Nicolas Mandell ottennero il permesso di escavar minerali in Sardegna, ad eccezione di quelli d'oro e d'argento perché di esclusiva pertinenza regia [5].

La richiesta per la concessione che portò alla costruzione della Fonderia della Compagnia Reale delle Miniere di Sardegna, oggetto di questa relazione, fu presen-

tata, nel 1736, dal commerciante inglese Carlo Brander attraverso l'allora Console di Francia a Cagliari De Paget [2]. Prima ancora del Brander il francese Ardisson aveva presentato un progetto, mai realizzato, per lo sfruttamento minerario dei filoni dell'Arburese [1]. Il Brander era in società col tedesco Karl von Hölitzendorff residente a Londra, e con lo svedese Carlo Gustavo Mandell Console di Svezia a Cagliari. È probabile che Gustavo Mandell fosse parente di quel Nicolas che già nel 1734 si era occupato di ricerca mineraria nell'Isola.

A quel tempo stretti legami politici ed economici legavano il Regno di Sardegna e quello di Svezia. La Svezia, Stato Protettore del giovane Regno Sabauda, acquistava in Sardegna sale marino e vendeva Polvere Pirica e cannoni.

La Concessione richiesta dal Brander fu intestata al Mandell, il quale era anche ingegnere minerario. Poiché, al momento della presentazione dell'istanza del Brander, era ancora in vigore la concessione Nieddu-Durante [1, 4] di durata ventennale, la Concessione Mandell ebbe efficacia solo alla scadenza di questa.

Si opposero a questa concessione, all'inizio: il dottor Salvatore Durante, figlio del defunto precedente concessionario Gio Stefano, che pretendeva di aver diritto alla proroga della concessione paterna; e più tardi un ricercatore minerario di Iglesias, certo Pedro Deiana Loddo. Questi, forte di un permesso di ricerca rilasciatogli inespugnabilmente il 3 Settembre del 1740 dal Vicerè Conte d'Aprémont, appena quattro giorni dopo la stipula del contratto di Concessione tra l'Intendenza Generale ed il Mandell, accampava diritti di concessione identici a quelli del Mandell [1]. Il contratto assicurava, infatti, al Mandell il diritto esclusivo di estrazione, smercio e di trasformazione metallurgica della Galanza del Regno, a condizione che questi intraprendesse una valida ricerca mineraria nell'Isola e producesse annualmente 5000 «Cantara» di minerale, servendosi di personale esperto straniero. Il contratto prevedeva il pagamento, da parte del Concessionario all'Intendenza Generale, del 12% «... in materia cruda ...», o del 6% «... in materia depurata, raffinata e ridotta a perfezione, o pagando in contanti il valore della materia cruda da corrispondersi in ragione di lire quattro di questa moneta sarda per ciascun cantara, come si è sin qui praticato rispetto a detto genere d'argento dai signori Nieddu e Durante ...» [1, 3-5].

A quel tempo l'Establishment Sabauda non era edotto sulle mineralizzazioni dell'Isola, né aveva alcuna esperienza sulla ricerca e l'estrazione dei suoi minerali. Anche gli «esperti» sabaudi come Spirito Benedetto Nicolis di Robilant, fondatore delle Scuole Teoriche, ed i sottotenenti Gio Stefano Ponzio e Pietro Belly, che avevano frequentato dette Scuole, erano probabilmente erroneamente convinti, che le Galene della Sardegna contenessero elevati tenori d'argento e forse anche oro. Ciò poteva esser vero per i minerali dell'Herzgebirge Sassone-Boemo e dell'Ungheria che il di Robilant ed il Ponzio avevano avuto modo di studiare durante il loro soggiorno nelle regioni minerarie dell'Europa centrale, negli anni 1749-1752, soggiorno durante il quale avevano avuto modo di acquisire anche conoscenze sulla tecnica minero-metallurgica tedesca [6]. Le concessioni minerarie venivano infatti rilasciate: «... per cercar tesori; ... minerali d'oro e d'argento; ... minerali di qualsiasi metallo, e Galanza ...» [1, 2]. Il nome «Galanza», usato in Sardegna fin dal 1500 per indicare la Galena, derivava presumibilmente dal corrispondente termine tedesco Blei-Glanz, oppure dall'uso che veniva fatto di questo minerale, fin

dall'antichità, per l'ingobbio delle ceramiche: «Glanz» in tedesco significa appunto «Splendore, Lucentezza, e anche Ingobbio»; lo stesso di Robilant chiama la Galena «Splendente di Piombo» [7, 8].

Prima della Concessione Mandell la Galenza che veniva estratta in Sardegna era di due varietà: una espressamente adatta per l'ingobbio delle ceramiche, l'altra per la produzione di piombo. Entrambe le varietà venivano prevalentemente esportate ed esitate sui mercati di Marsiglia e di Livorno. Il limitato consumo interno di galena, era dovuto prevalentemente all'ingobbio delle terraglie; la produzione di piombo era di minor entità, in quanto il metallo serviva quasi esclusivamente per la preparazione di palle d'archibugio e di pallini da caccia.

Alla produzione di piombo si dedicavano pochi praticoni che operavano, con tecnologia arcaica e con rudimentali ed estemporanee fornaci fusorie. Della metallurgia pisana fiorentine e rinomata nel Mondo quando Villa di Chiesa (Iglesias) apparteneva ai Conti della Gherardesca, rimaneva solo qualche vaga memoria. La coltivazione dei filoni metalliferi da parte dei sardi era alternativa all'attività agropastorale; solo negli anni di carestia o di siccità infatti i contadini ed i pastori sardi si trasformavano in minatori per sopperire, col ricavato della vendita del minerale, al mancato introito della loro attività principale.

La Concessione Mandell iniziò l'estrazione della Galena nel 1742, ma non produsse piombo prima del 1744. Fin dal 1741, però Mandell, e von Hölzendorff, accompagnati dall'esperto metallurgista Christian Bösen, tedesco nativo di Hildesheim, nell'Ercinia (Hartz) [1-3, 5], avevano ispezionato tutte le zone minerarie dell'Isola, ed il Bösen aveva suggerito di coltivare per i primi sei mesi dell'anno i filoni della parte settentrionale, e per gli altri sei mesi quelli della parte meridionale dell'Isola. Con una oculata scelta dei luoghi si sarebbe potuto lavorare quasi tutto l'anno, senza essere troppo esposti all'Intemperie del Paese. Per mancanza di fondi si dovette ripiegare sulla sola realizzazione nel meridione della Sardegna.

La Fonderia fu costruita, pertanto, dal Mandell, nel 1742, probabilmente su progetto del Bösen, nominato ispettore della «Charls Hütte» (Fonderia di Carlo, dal nome dei componenti la Società), presso il villaggio di Villacidro, a circa 40 Km. da Cagliari. I minerali dei numerosi filoni piombiferi coltivati nell'Arburese, nell'Iglesiente, nel Fluminense, e nel Sarrabus, venivano trasportati alla Fonderia con carri a buoi da contadini improvvisatisi carradori, e così anche le scorie delle antiche attività fusorie romane e pisane, che provenivano da Domusnovas, nel Sulcis. La forza motrice per le macchine della Fonderia di Villacidro era fornita dall'acqua del vicino Rio Leni. Una canalotta, della quale tuttora esistono le tracce, convogliava l'acqua del Rio alle ruote che muovevano i mantici dei forni e i mulini a pioni. La tecnologia adottata a Villacidro ricalcava quella delle fonderie di Freyberg, ben nota al Bösen ed alle maestranze straniere.

Col Bösen era venuto in Sardegna, anche il figlio ultimogenito Karl, di professione «Assaggiatore». Un altro figlio del Bösen, rimasto in Patria, aveva il compito di arruolare lavoratori per la fabbrica diretta dal padre. Il Mandell fece arrivare dall'estero in Sardegna: 47 persone pratiche di fonderia, 92 minatori, ed altre 50 persone rispettivamente boscaioli, carbonai, fabbri ferrai, carpentieri, falegnami, e maniscalchi [1]. Forse oggi sembrerà strano, ma a quel tempo la Sardegna era carente di artigiani esperti anche nelle attività più elementari come queste. Per

colmare appunto questa lacuna i Savoia inviarono a più riprese dalla Terraferma nell'Isola muratori, falegnami, fabbri ferrai, magnai, frantoliani, innestatori, etc. [9].

L'inizio dell'attività della Fonderia fu difficile; la stessa scelta del luogo si rivelò errata. Il luogo, infatti, che era stato descritto come ricco d'acque e dal clima salubre, «esente cioè dall'Intemperie», come veniva chiamata allora la Malaria, si mostrò altamente malarico, ed il Rio Leni un torrente, per lo più in magra fino ad Autunno inoltrato. Il Mandell, sia per non correre il rischio di perdere le maestranze straniere falciate dall'inclemenza del clima isolano, rivelatosi per essi micidiale, sia per non sprecare la loro preziosa esperienza in attività che non richiedevano particolare abilità, affidò l'estrazione del minerale esclusivamente a minatori sardi, ed utilizzò gli stranieri in fonderia come maestri fonditori ed in miniera come istruttori e caporali (capi cantiere). Il minatore sardo, con la pomposa qualifica di «padrone di miniera» lavorava come subconcessionario. Creando la figura del subconcessionario il Mandell evitava le prevedibili rivendicazioni da parte di coloro che, avendo coltivato per proprio conto già prima del suo arrivo alcuni filoni metaliferi, avrebbero potuto accampare diritti a lui contrari. Il sistema funzionò; sotto la guida dei minatori tedeschi anche alcuni sardi in breve tempo impararono a usare le mine («i bottaroni» [5]), così come quelli addetti ai forni incominciarono a conoscere almeno gli aspetti più esteriori della metallurgia.

Avendo nel 1743 il Mandell associato all'impresa, forse per sopperire al ritiro del socio Brander, alcuni finanziatori ebrei all'insaputa del von Hölzendorff questi si ritirò dalla società. Pur vigendo nel Regno Sabauda alcuni ordinamenti che, improntati formalmente alla ortodossia cattolica, escludevano gli Ebrei da tutti gli Uffici ed Istituzioni, in vista dei vantaggi che sarebbero derivati alla Compagnia dall'apporto finanziario dei nuovi soci, questi furono accettati con qualche condizione restrittiva. Le restrizioni imponevano, infatti, a questi, l'inglese Isacco Net e suo nipote Isacco Lopez Pinchiero di Napoli, di rispettare le festività cattoliche, di celebrare in modo riservato quelle ebraiche, e di servirsi esclusivamente di domestici correligionari [1]. Questi, giunti espressamente da fuori, erano Jacob Meyer e Angelo Pisa.

Il Mandell venne accusato, dai subconcessionari, di pagare poco il minerale; infatti egli pagava la Galanza ad un prezzo variabile tra 6 e 16 reali la cantara (di 140 libbre), comprese le «Coffe» (i canestri contenitori), ed un reale la cantara per il trasporto, indipendentemente dalla distanza. Sul mercato interno la Galanza per le terraglie veniva pagata: a Oristano 22 reali e mezzo, a Decimo 30 reali, ed a San Gavino 32 reali la cantara (di 135 libbre). Nello stesso periodo, in vari porti d'Europa questa spuntava 35 reali la cantara (di 125 libbre) [1]. È da tener presente che in quel periodo, non essendo stato ancora introdotto il sistema decimale, le unità di misura differivano da paese a paese, e pertanto uno stesso termine poteva riferirsi a differenti quantità.

I guai del Concessionario incominciarono quasi subito; già nel 1743 egli stesso segnalò la morte, per l'Intemperie, di cinquanta suoi lavoratori stranieri [1]. I suoi soci ebrei presero addirittura accordi separati con l'Intendente Generale, all'insaputa dello stesso Concessionario Mandell, per la costruzione di una nuova Fonderia a Domusnovas, nei cui dintorni erano reperibili acqua, galena, e scorie di fonderia. Il socio finanziatore inglese Isacco Net, dal canto suo, si eclissò nel 1746, seguito dallo

stesso ispettore Bösen nel 1748 [2, 3]. Quest'ultimo, ormai direttore delle miniere del Landgravio d'Assia, a Schmalkalten, raccontò al di Robilant, il 28 Aprile 1751, in occasione del viaggio di questi in Germania, i motivi del suo rimpatrio [5]. A detta del Bösen, la vita in Fonderia era divenuta impossibile, sia per lo sfruttamento disumano da parte dei soci del Mandell, sia per la Malaria che aveva ucciso dieci fonderi tedeschi in una settimana; egli stesso, non potendo tollerare più oltre le angherie ed i ricatti degli Ebrei, era fuggito rocambolescamente senza passaporto, via Amsterdam, e senza a suo dire, aver potuto portare con sé neppure la retribuzione spettantegli per il lavoro compiuto [5]. In un documento non datato dello stesso fascicolo [5] si insinua, tuttavia, che il Bösen avesse invece portato con sé, dalla Fonderia, una certa quantità d'argento. Al Bösen subentrò, nella direzione della fonderia, il «sardo» Stefano Goudoumel [2, 5].

Dopo il ritorno del di Robilant dalla Germania, nel 1752, forse a seguito di qualche rivelazione del Bösen che probabilmente nutriva ancora dei rancori contro la Compagnia delle Miniere, all'Intendenza Generale sorse il dubbio che il Mandell esportasse piombo non disargentato, frodando di fatto il Fisco del diritto, che avrebbe dovuto pagare, sull'argento contenuto. Disponendo finalmente il Laboratorio chimico dell'Arsenale di Torino, istituito su suggerimento del di Robilant, della metodica per l'analisi dell'argento nel piombo, da lui portata dalla Germania [10, 11], analizzati alcuni pani di piombo d'opera prelevati, all'insaputa del Mandell, da una partita che dal porto di Cagliari stava per essere imbarcata per l'estero, si riscontrò in questi un tenore d'argento tale da suffragare i sospetti. Sulle valutazioni scaturite allora dai risultati delle analisi si può oggi obiettare che una cosa è l'operazione di estrazione dell'argento dal piombo d'opera, effettuata in laboratorio con la metodica del tempo, senza tener conto dei costi delle operazioni e dei reattivi, ed un'altra è l'operazione industriale di coppelazione effettuata in Fonderia, dove devono venir tenuti in considerazione tutti i costi: quelli per i combustibili consumati, e quelli relativi a tutte le operazioni di coppelazione, di ulteriore riduzione del litargirio, e di recupero del piombo assorbito dalle coppelle. Il Mandell, accusato di frode, si difese con esaurienti memoriali [5], ma forse per il suo comportamento autoritario, ma più probabilmente per ritorsione ad una sua precedente azione contro l'Intendenza Generale, per contestare, a nome del suo Governo, una partita di salmarino sardo spedita in Svezia, non fu ascoltato. In effetti tutto l'Establishment sabaudo, in buona od in mala fede, gli era ormai totalmente ostile. L'ostilità derivava anche probabilmente dalla profonda delusione dell'Establishment per il fatto che il Mandell non aveva trovato i minerali d'argento e d'oro che si diceva esistessero nell'Isola, ed ancora perché l'introito delle Finanze era risultato inferiore all'aspettativa. La quasi totale scomparsa del personale straniero esperto di fonderia, conseguente ai decessi od ai rimpatri, la scarsa produttività e la assoluta mancanza di professionalità dei subconcessionari sardi, e la totale imperizia metallurgica degli operatori locali, rendeva, infatti, obiettivamente non remunerativo, se non impossibile per il Mandell il recupero dell'argento dal piombo.

Alla scomparsa del personale straniero, contribuì anche il comportamento criminale di alcuni sardi, comportamento legato ad una mentalità che purtroppo sopravvive tutt'oggi in alcune plaghe dell'Isola, della quale non ci si vergognerà mai abbastanza. Gli stranieri che lavoravano alla Fonderia erano infatti frequentemente

vittima di grassazioni da parte di alcuni sardi che gli rapinavano quel po' di contante che costituiva la loro paga settimanale. Un Caposquadra, inoltre, fu fatto a pezzi [5]; e l'economista della Fonderia Delahaye fu sgozzato dai carradori perché, a loro avviso, pagava poco il minerale da loro trasportato alla Fonderia. Siccome il minerale veniva pagato a peso, non era infrequente che i minatori che lo estraevano, o i carradori che lo trasportavano dalle miniere alla Fonderia, lo miscelassero con dello sterile per farlo pesare di più. Ovviamente in questi casi, accertata la frode, il minerale veniva rifiutato o pagato a minor prezzo. Una intera squadra di lavoratori forestieri, ancora, fu dolosamente arsa viva nella baracca dove dormiva probabilmente in preda all'alcool [3, 5]. Forse quei poveracci, in un Paese straniero così inospitale e malsano, pensavano d'aver trovato, nel buon vino isolano, l'unico conforto. In questi frangenti il Mandell cercò di ovviare almeno alla carenza di personale assumendo manodopera sarda; e passò così a mansioni superiori quelle maestranze locali che, avendo lavorato nel corso degli anni alla Fonderia a contatto con i tedeschi, avevano acquisito una qualche esperienza di metallurgia. Pertanto quelli che per quattro anni avevano lavorato ai forni come «Levacracchia» (asportatori di scorie), furono elevati al rango di mastri fonditori. Solo grazie a queste immeritate promozioni che influenzarono negativamente però sia la quantità che la qualità del prodotto, e all'assunzione di altri 30 operai sardi, la Fonderia poté proseguire la sua attività.

I problemi del Mandell giunsero al culmine quando l'Intendenza Generale gli contestò: il mancato pagamento dei diritti fiscali sull'argento contenuto nel piombo d'opera non disargentato esportato e su una partita di metallina di rame esportata nel 1745, l'aver estratto e lavorato una quantità di galena inferiore alle 5000 cantara annue previste dal contratto, ed infine il mancato rendiconto dell'intera attività della Concessione. La maggior parte delle accuse era veramente pretestuosa, tuttavia alcune omissioni da parte del Mandell potevano dar motivo a questa, fortemente prevenuta nei suoi riguardi, per considerarle gravi inadempienze contrattuali. Respingendo, pertanto, le giustificazioni del Concessionario [5], l'Intendenza Generale si accinse a dichiarare decaduta la Concessione. Una decisione così grave, stante la importante carica diplomatica del Mandell, avrebbe senza dubbio influito negativamente sui rapporti politici e commerciali con la Svezia. L'essere Console di Svezia, infatti, dava ancora qualche vantaggio al Mandell.

Venne pertanto inviato a Cagliari, da Torino, il Sottotenente d'Artiglieria Giovanni Stefano Ponzio per controllare la Concessione [5, 12]. Questi, come si è già detto, ancora Cadetto aveva soggiornato a lungo, negli anni 1749-1752 insieme coi colleghi Bussolotti, Fontana e Vallino, e con lo stesso di Robilant a Freyberg per impraticarsi nella locale tecnica minero-metallurgica. Egli giunse in Sardegna il 18 Agosto 1757 con tutto l'occorrente per le analisi docimastiche: un fornello portatile da coppellazione, crogioli ed acidi, fornitogli dal Regio Laboratorio dell'Arsenale di Torino [5]. A lui fu formalmente raccomandato di operare «... col debito tanto onde non irritare il Concessionario ...» [12]. Il Ponzio impiantò il Laboratorio docimastico in un locale, in prossimità della Torre di San Pancrazio, «... che serviva per l'avanti di Laboratorio de' fuochi d'Artiglieria ...» [5]. Le attrezzature per il Laboratorio, comprendenti, tra l'altro, un forno «d'assaggio» ed uno «a vento», furono sbarcate il 18 Dicembre 1757 [5]. Il Ponzio dopo aver ispezionato tutti i

filoni metalliferi coltivati e non, il 23 Febbraio 1758 segnalò, al di Robilant, che l'escavazione del minerale era effettuata esclusivamente da sardi, ai quali veniva rilasciata una licenza di subconcessione del tenore: «... Diamo licenza di travagliare a tal sito, purché non sia tal Territorio conceduto ad altri...» [5]. Ai subconcessionari il Mandell anticipava la Polvere da Mina e gli attrezzi da lavoro, rivalendosi sul prodotto. A questi «subconcessionari» la Galanza compatta era pagata 6 reali (2,5 Lire) la cantara di 135 libbre, e «... la Minudiglia pulita...» 1 Lira e 16 soldi. Il trasporto veniva pagato 8 soldi, a prescindere dalla distanza. A seconda del filone coltivato i subconcessionari potevano correre anche il rischio di aver lavorato, infine, per niente.

Il 27 Febbraio 1758 l'Intendenza Generale dichiarò decaduta la concessione, e la Reale Udienza ratificò questa decisione il 24 di Ottobre dello stesso anno, con una solerzia, talmente insolita, che rivela l'armoniosità dell'Establishment nei riguardi del Concessionario [3]. Il Mandell convinto delle sue ragioni, e fiducioso nella Giustizia, ricorse al Supremo Reale Consiglio di Torino. In una lettera del 9 Aprile dello stesso anno, il Ponzio informò il di Robilant che i minatori lavoravano solo alla giornata, con estrema lentezza ed assoluto disordine; e che le gallerie non erano armate, e che inoltre, non essendovi educazione delle acque, erano spesso allagate [5]. Egli segnalò anche che; la Fonderia era gestita male, il minerale trattato non aveva composizione costante, le operazioni fusorie erano condotte ad arbitrio dei fonditori sardi i quali, privi dell'esperienza dei loro predecessori tedeschi ed in possesso esclusivamente di elementari rudimenti di metallurgia acquisiti durante la loro collaborazione con quelli, cappelavano il piombo argentifero del tutto digiuni della appropriata tecnica e mai con la stessa prassi [5]. La relazione del Ponzio, in pratica, confermava in molti punti le giustificazioni sul suo operato adottate dal Mandell per rispondere alle contestazioni dell'Intendenza Generale. Si deve probabilmente al Ponzio il disegno della fonderia di Villacidro che è contenuto nella relazione del di Robilant esistente all'Accademia della Scienze di Torino [13].

Mentre il Supremo Consiglio di Torino maturava il giudizio di conferma della sentenza della Reale Udienza, che emise il 10 Marzo 1759, l'Intendente Generale informò a Torino il Ministro Bogino che il Mandell «... è caduto ammalato con febbre lenta, la quale è sempre andata aumentando in maniera che trovasi attualmente, da quanto intendo, in così mal stato che fa dubitare della di lui vita. Queste circostanze non mi hanno lasciato luogo a poter trattare col Mandel e finire all'amichevole l'affare delle Miniere. Prevedo esser probabile che questo fra pochi giorni possa passare ad altra vita, e dubitando che siavi qualche convenzione, o disposizione, per cui la concessione delle Miniere passi al Console di Francia Le Grand, supplico V.E. a dirmi, se a vista degli inadempimenti seguiti per parte del Mandel, nella persona di cui si è contemplata, cred'io, la qualità di Console di Svezia per lo smerzo procurato di questi sali debba darsi qualche passo per parte del Fisco, ad impedire la continuazione della coltura delle Regie Miniere al Console di Francia, od altri, che avessero titolo dal mentovato signor Mandel...» [5].

È evidente la preoccupazione dell'Intendente Generale circa le possibili implicazioni internazionali della successione alla Concessione Mandell. In effetti il Mandell morì il 10 Maggio 1759, lasciando come erede universale il nipote Carlo Bank, residente a Londra, e nominando suo esecutore testamentario don Antonio

Vincenzo Mameli d'Olmedilla, bisnonno di Goffredo Mameli, del quale conosceva la capacità e integrità morale. Questi, per parecchi anni, aveva prestato servizio nella Amministrazione Regia come Avvocato Fiscale. Anche il sottotenente Ponzio morì in Sardegna nel Settembre dello stesso anno probabilmente di Malaria perniziosa.

Il Mameli, nominato dall'Intendenza Generale il 6 Giugno 1759 Economo Interinale dell'Amministrazione dello Stato, gestì la Fonderia, per conto dell'eredità Mandell con competenza ed onestà, contrastando giuridicamente in modo fermo ed onesto, lui solerte funzionario dello Stato, quelle decisioni dell'Intendenza Generale che ledevano gli interessi che tutelava [5].

A sostituire il Ponzio fu inviato il Sottotenente d'Artiglieria Pietro Belly. Questi aveva frequentato, nelle Scuole Teoriche, il Corso di Studi Metallurgici istituito dal di Robilant [14, 15, 16], e lo aveva avuto anche come docente. Già il 23 Settembre 1757 il di Robilant aveva previsto per il 1759, il suo trasferimento in Sardegna [5]. A lui sarebbero stati forniti, come al Ponzio, dal Laboratorio del Regio Arsenale di Torino, un fornello da coppelazione portatile, una dotazione di crogioli, e gli acidi necessari, insieme con gli strumenti « ... di geometria sotterranea ... », per le misure [5]. Il Belly, giunse in Sardegna fra il Settembre ed il Novembre 1759, con l'ordine di farsi consegnare, dall'Intendente Generale, le chiavi del Laboratorio di Docimastica allestito dal suo sfortunato predecessore [5]. Il 26 Novembre 1759 gli furono spediti, dal Laboratorio Metallurgico di Torino, 3 libbre d'Acqua Forte (HNO₃), 2 libbre di Spirito di Sale (HCl), 250 scorficatori, 25 libbre di cenere d'ossa per le coppelle, 25 libbre di Salmiro, 2 libbre di Sale Ammonico (NH₄Cl), 1 libbra di Borace (Na₂B₄O₇ · 10 H₂O), 50 libbre di piombo di Vilak (particolarmente adatto per la sua purezza per le coppelazioni), un assortimento di pesi, un assortimento di aghi di paragone, e 3 Storte di vetro Yena [5]. In attesa della sentenza del Supremo Consiglio di Torino, la gestione della Fonderia di Villacidro fu assicurata dal Mameli e dal Belly per le rispettive competenze, essendosi instaurata fra i due una collaborazione perfetta. Questa, proferta il 13 Maggio, confermando la precedente sentenza della Reale Udienza, condannava l'eredità Mandell: il Regio Fisco, pertanto, si appropriò di tutti i beni della Società, sequestrando anche i beni degli eredi. A seguito della sentenza decadde anche l'incarico al Mameli, che a quanto risulta dai documenti, non solo non ci guadagnò, ma ci rimise addirittura di tasca propria [17]. Circa duecento vent'anni dopo l'ingegner Giovanni Rolandi, esperto minerario e forbito scrittore, rendeva competentemente giustizia all'operato del Mandell e del Mameli [3].

Divenuta, giusta la sentenza del Supremo Consiglio, la Fonderia con tutte le sue pertinenze proprietà dello Stato, la sua gestione gravò completamente sul Luogotenente Belly che si trovò ad affrontare gli stessi problemi del Mandell, con la differenza che doveva rispondere soltanto all'Intendenza Generale. Questa, che precedentemente aveva considerato il basso prezzo pagato ai fornitori di galanza una colpa da imputare al Mandell, lo considerò ora una accorta strategia da lodare nel Belly. Nel 1760 il Belly inviò al di Robilant una particolareggiata descrizione della Fonderia con tutte le sue attrezzature [5]. Nella sua relazione segnalò che i forni, le cui dimensioni erano state indebitamente ridotte rispetto alle originali, non funzionando bene, disperdevano calore e provocavano perdite di piombo ed argento

nei fumi, e che inoltre le coppelle si spaccavano durante l'esercizio, lo stato delle ruote idrauliche era disastroso, i mantici fornivano poca aria e la stessa canaletta d'adduzione dell'acqua richiedeva modifiche ed urgenti riparazioni. In una altra lettera sempre indirizzata al di Robilant segnalava ancora che i minatori operavano in grande anarchia, e che sarebbe stato necessario l'invio di personale esperto dalla Terraferma, specificando che: «... il quantitativo di persone da impiegare si descriverà nel calcolo, avvertendo solo; che non è fattibile d'intraprendere questa impresa, se non si ha un numero di minatori arrollati per mescolarli con i minatori del paese per insegnarli, e pertence una buona disciplina, senza della quale sarà difficile il contenere questi terrazzani, ed il numero dei Minatori arrollati che si deve far venire di Piemonte, non deve essere meno di 50, con un Sargente, ed un caporale, in difetto si rinoveranno gli assassinamenti e rubbarizi, che si facevano nel tempo del mandel, che può essere una delle cause che ha impedito a chi faceva le veci di Direttore di far fiorire la miniera, mentre uno di questi fu sgorgiato, un caporale messo a pezzi, una squadra di Forastieri fu abbruciata nella Baracca ove loggiava, senza che preventivamente avessero avuto la minima rizza, non è parlando poi della galanza, ed utigli che giornalmente si rubbavano una squadra con l'altra, e quando si sarà dato freno a queste cattive azioni e riconosciuta la capacità ed onestà di alcuni, si dovranno assentare nella compagnia per poscia intraprendere quelle miniere che non è fattibile di travagliare con forastieri, massimamente nell'estate per cagione dell'intemperie, ed oltre di che l'augmentatione di questa compagnia sarà tanto più necessaria per somministrare alli concessionari, che si andranno stabilendo, che mediante questi soldati fatti capaci, si potrà eseguire quei travagli, che si prescriveranno...» [5]. Il Belly, da buon militare, era per un controllo militare sui minatori: in seguito propose anche di utilizzare come minatori i Forzati [18].

A Villacidro non vennero fatti più investimenti; i preventivi di spesa, per il ripristino delle attrezzature e dei forni, risultarono troppo elevati. La attività della Fonderia si protrasse ancora, in condizioni quasi precarie, con l'utilizzo fino al limite estremo delle installazioni e delle attrezzature già del Mandell, e pagando il minerale, la legna ed il carbone, al prezzo di vent'anni prima, finché non fu chiaro che non era più economicamente possibile. Al precario approvvigionamento di combustibili dovuto alla totale distruzione dei boschi nel territorio di Villacidro, si aggiunsero le lunghe magre del Rio Lenà, la rarefazione della manodopera, ed infine la scoperta di nuovi e più ricchi giacimenti di galena nel Sulcis, e l'esigenza sempre più pressante di realizzare la nuova Fonderia a Domusnovas.

Pietro Belly fece carriera; giunse infatti al grado di Luogotenente Colonnello di Fanteria [19], divenne membro della prestigiosa Accademia delle Scienze di Torino nel febbraio 1784 [28], e nel 1788 fu nominato ispettore Superiore delle Miniere d'Iglesias. Morì sessantenne a Torino nel Luglio 1791, era nato infatti nel 1731, «dopo 45 anni di zelante servizio» [19]. In considerazione dei suoi meriti e del fatto che lasciava la moglie Donna Cristina in condizioni disagiate, Vittorio Amedeo III assegnò alla vedova una pensione annua di 200 Lire di Piemonte [17].

La Fonderia di Villacidro cessò l'attività nel 1798. Come in molte reazioni biologiche è necessario un certo tempo prima che il processo vada a regime, così la Fonderia di Villacidro, con le vicissitudini dei Mandell, Ponzio, Mameli e Belly, può venir considerata come il «Periodo di Induzione» della attività minero-metal-

lurgica sarda che verso la metà del XIX Secolo, infine decollò, diventando di importanza mondiale.

E ciò per la durata di circa un secolo.

BIBLIOGRAFIA

- [1] Archivio di Stato di Torino (A.S.T.) Fondo Sardegna Economico. Categoria 13 (Miniere, Fonderie, e Lapidificini); Mazzo 1.
- [2] Archivio di Stato di Cagliari (A.S.C.) Fondo Segreteria di Stato e di Guerra II Serie; Cartella 1304.
- [3] G. ROLANDI, *La Metallurgia in Sardegna*. Edizioni «L'Industria Mineraria», Roma 1971.
- [4] A.S.T. Fondo Sardegna Economico, Categoria 13 (Miniere, Fonderie, e Lapidificini); Mazzo non inventariato.
- [6] S.B. NICODEM DI ROBLANT, *Scuola fatta in Freyberg dal Cav. di Roblant insieme ai Caletti d'Artigliaria Pozzo, Bassolati, Fontana e Villino*, Accademia delle Scienze di Torino (Acc. Sci. T.); Manoscritto 0383.
- [7] S.B. NICODEM DI ROBLANT, *Essai géographique suivi d'une topographie systématique, minéralogique, ...*, Acc. Sci. T.; Mazzo 118, Fascicolo 11.
- [8] S.B. NICODEM DI ROBLANT, *Essai géographique ...*, Atti Acc. Sci. T.; Vol. I, pag. 292-295, (1784-85).
- [9] A.S.C. - Fondo Regie Provvisioni; Vol. 7 (1768-1769), carta 58, e Vol. 9 (1773-1775), carta 9.
- [10] S.B. NICODEM DI ROBLANT, oppure P. BILLY (?), *Introduzione al Corso di Docimastica*. Biblioteca Universitaria di Cagliari (B.U.C.) Manoscritto 20.
- [11] S.B. NICODEM DI ROBLANT, *Trattato di Docimastica*, Acc. Sci. T.; Manoscritto 0591.
- [12] A.S.C. - Fondo Regie Provvisioni; Vol. 1 (1721-1759), carta 1.
- [13] S.B. NICODEM DI ROBLANT, *Raccolta di tutti li disegni relativi ai quattro tomi che precedono de' viaggi e Memorie relative alle Miniere, fra le quali si vedono quelli di Freyberg ...*, Acc. Sci. T.; Manoscritto 0307.
- [14] S.B. NICODEM DI ROBLANT, *Memorie riguardanti la Mineralogia, la Metallurgia, le Scienze naturali e altro*, Acc. Sci. T.; Manoscritto 0582, Fascicolo 8.
- [15] S.B. NICODEM DI ROBLANT, *Corso pratico degli Assaggi in Sassonia eseguito dalli Allievi di Artigliaria sotto il maestro Klotzner*, Acc. Sci. T.; Manoscritto 0388.
- [16] P. CAI, *Didattica e Sperimentazione nell'Arsenale di Torino, il Manoscritto del Corso di Esperimenti di Chimica Metallurgia e Docimastica (1752-1759)*, conservato presso la Biblioteca Universitaria di Sassari (B.U.S.), Atti del convegno: «Gli Archivi per la Storia della Scienza», Desenzano del Garda 4-9 Giugno 1991 (In corso di stampa).
- [17] A.S.C. - Fondo Segreteria di Stato e di Guerra, II Serie; Cartella 1305.
- [18] M.L. DI FELICE, *Forzati e Manovali a Monteponi*, Archivio Storico Sardo, Cagliari 1989, Vol. XXXVI, pag. 247-269.
- [19] A.S.C. - Fondo Regie Provvisioni; Vol. 19 (1791), carta 44.
- [20] Acc. Sci. T. - Annuario dell'Accademia. A.A. CXC, (1973).

PAOLO AMAT DI SAN FILIPPO (*)

**Unità protoindustriali della Sardegna Sabauda.
II - Produzione di piombo e argento a Villacidro
(1741-1798) (**)**

II Parte

The early industrial unities in the sabaudian Sardinia. II. Production of Lead and Silver - Part II

Summary - The pattern and the technology of the Foundry of Villacidro in Sardinia is here described. As previously pointed out, this industrial unity was realized by the Royal Mining Company of Sardinia in the year 1741, conform to the german well-known technology of Freyberg. The description of all apparatus arise from some original reports and drawings existing in the archives of the Academy of Sciences of Turin. Thus, it has been possible to reconstruct all operations of the smelting process from the original formulas, found in the same archives, that the workers, assigned to each specific operation sweated in the german Foundries of the XVIII Century.

It is made an attempt to explain the old metallurgical technology steps, with the today knowledge of chemical reactions involved.

Introduzione

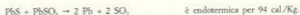
In base a dati d'archivio e di letteratura si cercherà di dare una descrizione, il più rigorosamente attinente alla realtà e contemporaneamente suffragata scientificamente, della attività della Fonderia di Villacidro. Questa, costruita intorno all'anno 1741 da una multinazionale del tempo, operò, per circa vent'anni sotto la gestione della Compagnia Reale delle Miniere di Sardegna, e per gli altri trentacinque a gestione statale.

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

(**) Relazione presentata al IV Convegno Nazionale di «Storia e Fondamenti della Chimica» (Venezia, 7-9 novembre 1991).

Fondamenti della metallurgia del piombo

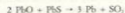
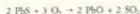
La metallurgia del piombo sfrutta da sempre la reazione riduzione dell'ossido di piombo con Carbone. Questo viene ottenuto, come è noto, per calcinazione ossidante (Arrostimento) della galena che è il più importante e diffuso minerale di Pb. Numerose sono tuttavia le reazioni che hanno luogo durante l'operazione di «arrostimento» della galena, e complesse sono le loro mutue interazioni. Esse, a loro volta eso- o endo-termiche, dipendono dalla temperatura e dalla pressione parziale dell'ossigeno, ovverossia dalle condizioni operative. Delle reazioni possibili [1, 2]:



La temperatura ottimale perchè avvengano le reazioni:



Prima dei 360 °C, «a basso fuoco», hanno luogo le reazioni:



Tra 360 e 460 °C si ha la formazione di PbSO₄ che si decompone a temperature superiori agli 800 °C.

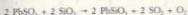
Se la galena contiene della ganga silicea, durante l'arrostimento si ha la reazione:



I silicati formati sono [3]: 6 PbO · SiO₂ (p.f. 794 °C), 5 PbO · SiO₂ (p.f. 796 °C), 4 PbO · SiO₂ (p.f. 726 °C), 3 PbO · SiO₂ (p.f. 772 °C), 2,5 PbO · SiO₂

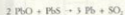
(p.f. 729 °C), 2 PbO · SiO₂ (p.r. 760 °C), 4 PbO · 3 SiO₂ (p.r. 750 °C), PbO · SiO₂ (p.r. 724; fuso a 940 °C).

A temperatura superiore a 1050 °C può reagire anche il solfato di piombo secondo la reazione:

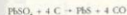
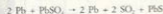


La solubilità del PbO nel silicato di piombo vetroso inizia a 700-750 °C e cresce con la temperatura. Questi silicati di piombo, a basso punto di ramollimento, variabile come si è visto in funzione della loro composizione, contribuiscono all'agglomerazione del minerale durante l'arrostimento. Se presenti però in quantità eccessiva possono formare, durante la successiva riduzione, croste vetrose che aderendo alle pareti impediscono la regolare marcia del forno.

Le reazioni che portano alla formazione del piombo possono essere:



Nel corso della reazione di riduzione possono aver luogo anche reazioni parassite [3]:



Tutte queste reazioni portano alla neoformazione di Solfuro di piombo che formando concrezioni sulle pareti del forno tendono ad intasarlo.

I solfuri di Cu, Fe, Sb, As, Ni, Sn, Co, e Zn, se presenti, formano dei solfuri misti eutettici, che costituiscono la cosiddetta matta o metallina.

Solfuri di ferro per esempio possono formarsi per le reazioni:



che raggiunge l'equilibrio tra 609 e 723 °C, e:



che ha luogo in presenza di scorie fortemente basiche.

La formazione di metallina, detta anche «Matte», può essere espressa dalla reazione [3]:



In presenza d'arsenico si possono formare altri composti complessi analoghi alle Matte denominati «Speiss», nei quali l'arsenico sostituisce lo zolfo.

La differenza può essere dedotta dalla tabella seguente [3]:

| | <i>Matte</i> | <i>Speiss</i> |
|------------------|--------------|---------------|
| Pb | 8,60 % | 1,88 % |
| As | — | 25,40 |
| Sb | 0,30 | 4,80 |
| Fe | 57,22 | 54,63 |
| Cu | 1,80 | 3,17 |
| Ni, Co | 0,30 | 2,26 |
| Zn | — | 2,88 |
| Ag (g/T) | 280 | 160 |
| S | 30,28 | 2,74 |
| SiO ₂ | 0,30 | — |

Il PbO può formare inoltre miscele più o meno fusibili con CuO, Cu₂O, FeO, Fe₂O₃, SnO₂, e anche ZnO. Un eutetico tra PbO e CuO col 32% di CuO, solidifica a 698 °C.

La Fonderia di Villacidro

Come si è detto altrove la tecnica seguita ricalcava quella tedesca di Freyberg. Il disegno della fonderia è riportato in figura 1 [4]: in esso sono facilmente riconoscibili, in piano orizzontale, i vari tipi di forni, i mulini a piloni, le ruote idrauliche che muovevano sia i mantici dei forni che i mulini a piloni e la canaletta d'adduzione dell'acqua. Alla sinistra del disegno in alto, contraddistinti dal n. 35, sono rappresentati i camini calcinatori, ovvero le cosiddette «piazze dei ricotti» il disegno delle quali è riportato nella figura 2 [5]. I forni indicati nella figura 1 non corrispondono purtroppo a quelli che, in funzione dopo la morte del Mandell furono descritti dal Belly nella sua relazione [6]. Dopo la partenza del Bösen infatti i questi erano stati arbitrariamente modificati senza alcun criterio scientifico, ma solo in base a considerazioni empiriche, col risultato di peggiorarne il funzionamento.

I forni contraddistinti nel disegno dal n. 19 corrispondono probabilmente a quello riprodotto nella figura 3 [7]. I forni contraddistinti dai numeri 17 e 20 sono dei forni di coppellazione del tipo riportato nelle figure 4 e 5 [8], e una visione

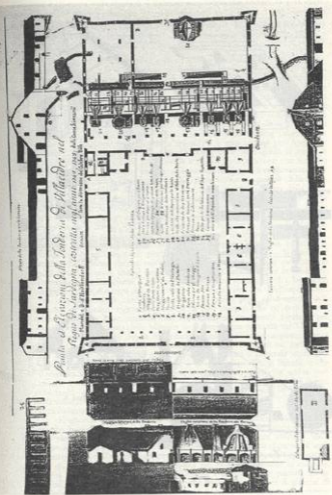


Figura 1

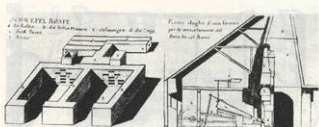


Figura 2

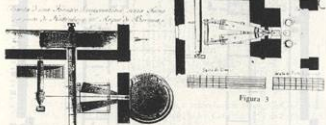


Figura 3

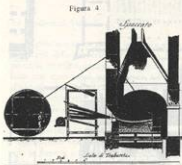


Figura 5



Figura 6

d'insieme è riportata nella figura 6. I forni contraddistinti dai numeri 15 e 16 corrispondono, con molta probabilità a quello riportato nella figura 7 [9], oppure a quello della figura 8 [10]. La fornace «di calcinazione» contraddistinta dal numero 32 è un forno a riverbero del tipo di quello riportato nelle figure 9 e 10 [11].

Dalla relazione del Belly [6] si apprende che:

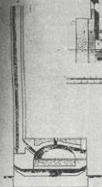
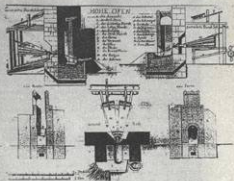
«... a man dritta si trova prima l'impiazzamento di un forno di evaporazione, la cui sola cappa esiste; sono poi tre forni a manica, che per la troppa vicinanza quel di mezzo non può agire in un istesso tempo con gli altri due... A mano sinistra si trovano due forni a manica, doppio di che ve n'è uno di evaporazione con il suo volto in massoneria, seguono due altri forni di traspirazione, ed al lato orientale della fonderia vi è una porta, che dà l'ingresso alla piazza de' Ricotti; qui pure verso settentrìo vi è una piccola camera che serve di laboratorio con una cappa, sotto la quale vi è un forno docimastico di ferro, con una forgia, che serve a far fondere l'argento per collario in lingotto, ed in fronte a questo vi è una camera per riporre le bilancie. Si va dietro ai forni per cinque porte, delle quali quella di mezzo è capace per passarvi i carri, qui sono le soffiarie, quali agiscono con soffiotto di legno, e ve ne sono due per forno, eccettuato il forno di evaporazione che va con due trombe idrauliche. Cinque sono le ruote, quattro delle quali servono al movimento dei soffiotti e l'altra per il moto della pesta della poussiera di quattro pistoni. A dritta delle già dette due gran porte ve n'è una altra simile per la quale si va ad una altra piazza dietro la fonderia, in cui vi è il canale che fa agir gli ordegni menzionati, vi sono pur anche due rampe, una a dritta, col'altra a sinistra, per le quali si discende al piano delle ruote; vi è pure in questa piazza un forno di riverbero con figura ovale, quale si è lasciato distruggere, non sendovi neppure il coperto, ed alla sua sinistra vi è un baraccone per ricovero della terra grassa... Si dice pur anche, che a mano sinistra ven'erano altri due, sicchè in tutto compongono n. 5 forni a manica, che si caricano per davanti fatti tutti con le medesime dimensioni. La lunghezza d'ognuno di questi forni è di piedi 1.1 lunghezza di piedi 1.10 e d'altezza dal piano della poussiera piedi 2.6. Nell'esposizione, che si va fare della cattiva proporzione di questi forni relativamente alla maniera di piombo, niente deve toccar al bon disegno, che ne avrà dato il signor direttore Böse, quando nel 1743 fece eseguir questa fonderia per conto della Compagnia delle Miniere; fu dopo la sua partenza nel 1746 che si ha luogo a credere che le dimensioni di queste si sono cangiate, mentre buona parte di dette fornaci si caricavano di dietro, e questi tali forni sono per lo più alti due volte dei primi, e per conseguenza il minerale avanti che sia disceso alla portata del vento, che è in quel luogo, che si liquefa, e che il metallo si separa dalla sua matrice, e riducendosi questa in scoria, con questo il minerale ha tempo di ricevere gradatamente un tal grado di fuoco, che molto gli giova, quando non è ben calcinato, come pure se fosse dalla calcinazione interamente distrutto, o sia vetrificato, allora i carboni gli somministrano il suo felogista per la sua revivificazione...»

Esigendo quindi il mineral di piombo un fuoco sostenuto, si dirà esser troppo bassi li forni a manica in questa fonderia, che non hanno di altezza che piedi 2.6; e che il minerale più sottile viene ad essere innalzato dalla fiamma, oltre di che questo minerale contenendo una grande quantità di ammonio, questi nell'esalare traduce via non solo una notabil parte del piombo ma etiandio d'argento, come si riconosce dal fumo, che contiene la calugine, che si accolla alle pareti interne della cappa, che contiene in piombo libbre 38 ed in argento 2/8 sicchè questi forni non sono propri per il mineral di piombo per essere come si è detto troppo bassi. Questi peraltro potrebbero

servire con sommo vantaggio per il realismo della matra se avessero la sua cima più rinserrata ed il ventre più aperto, mentre la matra non richiede un fuoco tanto forte, si può per conseguenza evitare l'esalazione della fiamma, e con la costruzione additata si fa uno sparmio notabile di carbone senza perdita di metallo. [il tener bassa la fiamma; questo non si è mai praticato in questa fonderia, nemmeno quando si fonde il ceneraccio, o litargio]. ... I forni a manica esistenti in questa fonderia sono di dimensione totalmente diversa di quella, che richiede il trattamento di questa miniera, e per conseguenza non si è ormai fatto fondita che con una somma perdita di metallo e consumo di carbone. Riguardo poi alle soffiarie con i soffiotti di legno non è da stabilire che questi producano un minor grado di vento, che quelle soffiarie fatte con trombe idrauliche, oltre di che queste prime non hanno un vento seguito, e per conseguenza non si stabiliscono tali soffiarie che in quelle fonderie, ove non è fattibile di aver quel dato corso d'acqua necessario, o che l'impiazzamento della fonderia non possa esigere un salto, o sia caduta d'acqua, che esige la altezza delle trombe suddette, allora si preferiscono li soffiotti mossi dalle ruote, ma il corso d'acqua, che si ha oggidì, che è in larghezza once 27 ed in altezza once 7; la caduta dal piano del canale all'orizzonte dal piano detto delle ruote è piedi 8.6, ed un buon idraulico si sarebbe procurato un corso d'acqua più grande e d una maggior caduta, mentre il fiume Santo Sisto, che somministra acqua a questo canale è capace da novembre a tutto maggio a procurarne una volta tanto, e maneggiandosi la caduta dal suo imbocco fino al piano delle ruote si ha la caduta di piedi 11.3 proprio a stabilir le trombe, sicchè per mancanza di capacità, si è sempre seguito in opre contrarie ad un buon stabilimento...

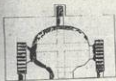
A riguardo poi del forno di evaporazione con il suo volto in massoneria, quale dal piano della coppella alla sua maggior monta è di piedi 3.8 ed il diametro della coppella è di piedi 6.4, si parlerà soltanto del disvantaggio di questo all'occasione del volto in massoneria. Primo per esser questo volto alto esige un tempo considerabile per esser messo in fuoco e siccome la fiamma ha campo a dilatarsi, più difficile n'è la regolazione del fuoco pendente l'operazione, si è perciò osservato che l'operazione dura due volte di più di quello che durerebbe se invece del volto in massoneria si adattasse un cappello di ferro, il far osservar il tempo lungo, che dura l'operazione non solo è in pregiudizio alla maggior quantità di legna, fascine, che si consuma, oppure il doppio di giornate, che si fanno corrispondere agli operai, ma eziando alla consumazione d'una gran parte di piombo che si esala, come pure una notevole quantità di argento che si concentra nella coppella, come ne risulta dall'assaggio del ceneraccio, che contiene in argento 2/8 per cantara, e poi ancora questo dilungamento d'operazione suol'essere la cagione che nella maggior parte delle evaporazioni le coppelle saltano, e questo sempre succede sulla fine della operazione, mentre le più corte operazioni non più cariche di più di cantara 70 di piombo non durano meno di ore 43 [qualora l'evaporazione ben regolata in forni di costruzione ben fatta passa cento cantara di piombo in meno di 24 ore] senza poi parlare della difficoltà che vi è a battere la coppella, e non sendosi che uno forno, come accade in questa fonderia, non si suol fare che una sola evaporazione per settimana, qualora nei forni con cappello di ferro se ne fa fino a cinque. ... vi erano a canto di questo forno due forni di traspirazione, quali servono per la depurazione del piombo, ed a mio parere questi sono stati costrutti per la separazione dell'argento dal rame, mentre al tempo, che si diede principio a questa fonderia, la compagnia faceva travagliare una miniera di rame, che il signor Mandel ne inviò un bastimento carico in Inghilterra, di poi se n'è introdotto in questa fonderia cantara 2066, ma dopo la partenza del direttore Böse non se n'è mai potuto tirar

Figura 7



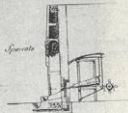
Pivote Traslucido.

Figura 9



Pivota della fornice di Calatrava.

Figura 10



*Pivota di alcuni Manelli
di Barcellona nel 1760.*

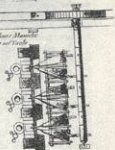


Figura 8

partino, per esser questo minerale piuttosto di ferro che di rame, e per non aver la compagnia persone capaci alla separazione del rame, e non avendo per questo la compagnia saputo cosa fare di questo forno, l'ha impiegato al raffinamento del piombo, qual operazione prova la cattiva qualità dei piombi che si producono dalle fonderie, mentre a quelle ben fatte non si ha di bisogno di questa preparazione ... Il forno a riverbero esistente non dovrebbe tener luogo in questa mia relazione, sendo il medesimo buona parte disfatto senza coperto, come pure l'uso di questo non è mai stato in pratica in questa fonderia: egli è per altro bene che si spieghi il perchè non ha mai servito; al mio parere questo viene dalla sua figura ovale con la griglia in liscamento del diametro minore, ove restava impossibile di far percorrere la fiamma sul materiale introdotto alla calcinazione, sendo questa distribuzione di griglia totalmente opposta alla buona costruzione di questi tali forni quali non si usano fatti nella maniera di sopra, che in quei paesi ove vi è la scarsità della legna o fascina, che per supplirvi si ha il carbone di pietra, ma questo non vuol fare a nostro proposito, mentre questa fonderia è circondata di cespugli propri a far fascine, motivo per cui sarei in senso di far costruire un paio di questi forni di riverbero per calcinar tutto il minerale, per non distrarre le selve già scarse di legna ... Seguono le 18 piazze del ricotto, senza coperto, lunghe piedi 6 e larghe piedi 4, dimensione assai propria, ma li muri sono privi di quel numero necessario di spiragli, come pure le piazze sono senza spiragli, nè preparazione di leppa ricoperta con terra grassa per deviare l'umidità, e le piazze mal sterrate obbligano di mescolare la terra con la miniera nell'estrarla, questo non traslascia di pregiudicare le fonderie ...»

Le trombe idrauliche citate nella relazione del Belly potrebbero essere probabilmente analoghe a quella rappresentata nella figura 11 [12], mentre la coppella a volta può essere del tipo riportato nella figura 12 [13].

Prassi fusoria

Per descrivere le varie operazioni fusorie che presumibilmente venivano eseguite nella fonderia di Villacidro, oltre che della già citata relazione del Belly [6], ci si è serviti anche delle descrizioni delle varie fonderie visitate e delle formule di giuramento degli addetti alle singole operazioni che venivano lì eseguite, che il di Robilant riportò nella sua esauriente relazione [14].

La galena (Splendente di piombo, Bleiglianz, Galanza) con tenori medi: dell'86,6 % in Pb, e compreso tra 100 ed oltre 300 g/T in Ag, veniva arrostita per 8-10 giorni all'aria, nelle già citate «piazze dei ricotti» (Figura 2). La carica costituita da una miscela opportuna di minerale in pezzatura media e fine, ed eventualmente di scoria, veniva disposta a strati con fascine su un letto di fascine e di legna al quale si appiccava il fuoco. A seconda della pezzatura e della composizione del minerale l'arrostitimento veniva ripetuto anche 4 volte, riunendo nella stessa «piazza dei ricotti» il materiale arrostito proveniente da due o più «piazze». L'operazione richiedeva una grande esperienza da parte dell'operatore il quale, per preparare la miscela da sottoporre all'arrostitimento, doveva conoscere il comportamento termico dei singoli minerali costituenti la carica, infatti i minerali contenenti As ed Sb, e la «Pseudogalena» come veniva allora denominata la Blenda, richiedevano un arrostitimento «a morte», conseguito però ad una temperatura relativamente bassa onde



Figura 11



Figura 12

evitare la formazione di arseniti ed arsenati di difficile scorificazione. Per una più agevole separazione della metallina (Matta) inoltre, nel caso di minerali cupriferi, era necessario che nel materiale arrostito restasse una piccola quantità di galena non ossidata, altrimenti sarebbe stata necessaria l'aggiunta di pirite.

Durante l'arrostitimento l'operatore doveva periodicamente smuovere il minerale sul letto d'arrostitimento, sia per agevolare l'ossidazione sia per evitare la formazione di grosse masse agglomerate che avrebbero reso necessaria una macinazione, la marcia ottimale del forno a manica esige infatti una carica a pezzatura media. Il forno veniva caricato disponendo a strati alternati il minerale ossidato, eventualmente miscelato con la scoria e con la matta arrostita, ed il carbone. Nella parte inferiore del forno veniva posto uno strato di una miscela di polvere di carbone e argilla, la cosiddetta «composizione focale». Acceso il forno, una volta a regime, venivano aggiunti alternativamente il combustibile ed il minerale ossidato, man mano che il

livello della carica si abbassava. Quando, a giudizio dell'operatore, nel forno vi era una certa quantità di metallo fuso, attraverso opportune aperture venivano asportate la Matta e la scoria stratificate sul piombo; il metallo veniva colato, lasciando nel cregiolo le eventuali fasi pesanti. Tutte queste operazioni richiedevano una grande esperienza ed attenzione da parte dell'operatore, che doveva accorgersi, dall'aspetto della massa in riduzione, quando doveva intervenire. Una oculata liquazione del piombo poteva far risparmiare qualche successiva operazione di purificazione.

Dopo la partenza del Bösen non furono più prodotte metalline di rame, la cui formazione e separazione richiedeva una abilità e competenza non acquisibile in pochi anni di lavoro, ed in particolare dalle maestranze locali.

Le Matte ulteriormente arrostiti miscelate con la galena venivano rialimentate al forno. Nel caso di galene ricche in As e Sb, il piombo d'opera veniva sottoposto alla «traspirazione», procedimento col quale l'As e l'Sb venivano sublimati come solfuri o come ossidi, oppure scorificati come sali, per aggiunta di calce e/o cenere.

La produzione dell'argento, obiettivo primario della fonderia, avveniva per coppelazione del piombo argentifero. Sottoponendo il piombo argentifero (una lega Pb-Ag) ad una prolungata ossidazione a temperature intorno ai 1000 °C, il piombo si trasformava in PbO che in parte volatilizzava, in parte veniva asportato sotto forma di Litargirio ed in parte veniva adsorbito dal particolare materiale poroso del fondo della coppella. L'ossido di piombo rombico di color giallo raccolto al di sopra del suo punto di fusione (906 °C), viene ancor oggi denominato Litargirio; quello invece tetragonale di color rosso, raccolto al di sotto di questa temperatura viene denominato Massicot. La coppelazione terminava quando sulla superficie dell'argento liquefatto, non più coperta dall'ossido di piombo fuso, per un riflesso della luce, si produceva quel fenomeno luminoso caratteristico denominato «Baleno». Con una oculata coppelazione si poteva produrre argento anche a titolo 99-99,7%, e col rendimento del 75%. Pur essendo la coppelazione la meno complessa di tutte le operazioni di una fonderia, la preparazione delle cospelle richiedeva una grande abilità ed esperienza.

Non esistendo all'epoca strumenti per il controllo della temperatura, l'identificazione del punto ottimale per l'effettuazione di una qualsiasi separazione di fase (scorificazione, liquazione, od altro) durante la marcia del forno, era affidata alle doti peculiari dell'operatore.

I Litargirii provenienti dalla coppelazione, soprattutto quelli ricchi in Ag, venivano ripassati al forno di riduzione. I sottoprodotti della fonderia erano i «Ceneracci», come venivano denominati i fondi delle cospelle usate, gli «Speiss» già citati, detti anche «Schlicker o Craccie» e le scorie propriamente dette. Essi venivano riutilizzati, in quantità più o meno significativa, nella fonderia, per la formulazione della carica del forno a manca.

La produzione della Fonderia di Villacidro, fino alla morte del Mandell, fu [6]:

| <i>Periodo</i> | <i>Galanza</i> cantara libbre | <i>Piombo</i> cantara libbre | <i>Argento</i> marchi |
|---------------------|----------------------------------|---------------------------------|--------------------------|
| 1/1-31/12/1742 | 2357.090 | — | — |
| 1/1-31/12/1743 | 6668.028 | — | — |
| 1/1-31/12/1744 | 6403.007 | 849.115 | 110.1 |
| 1/1-31/12/1745 | 2844.101 | 801.022 | 231.0 |
| 1/6/1745-31/12/1746 | 6727.044 | 431.128 | 237.7 |
| 1/11747-31/12/1748 | 6777.000 | 1835.042 | 328.1 |
| 1/1-31/12/1749 | 4291.120 | 2302.045 | — |
| 1/1-31/12/1750 | 5054.072 | 1681.054 | — |
| 1/1/1751-31/5/1752 | 7782.105 | 2227.000 | — |
| 1/6/1752-31/5/1753 | 3476.070 | 2096.125 | 56.2 |
| 1/6/1753-31/5/1754 | 2851.020 | 1620.120 | — |
| 1/6/1754-31/5/1755 | 3722.085 | 1545.111 | — |
| 1/6/1755-31/5/1756 | 4873.084 | 2317.091 | — |
| 1/6/1756-31/5/1757 | 5407.014 | 1685.085 | 157.0 |
| 1/6/1757-31/5/1758 | 8132.051 | 1699.089 | 135.0 |
| 1/6/1758-31/5/1759 | 5579.111 | 2079.069 | 28.7 |
| 1/6/1759-31/5/1760 | 6540.130 | 1786.035 | 228.3 |

La produzione della Fonderia, durante il triennio della gestione Mameli/Belly, fu mediamente di 17103 cantara di Galanza, 854 cantara di Pb e 198 marchi di Argento all'anno. È da tener presente che la cantara indicata qui di 135 libbre corrispondeva a 54,89 Kg, e che il marco (di Cagliari) corrispondeva a 244,48 g., tuttavia alcuni rendiconti riportano cantara di 100 e di 120 libbre.

Prospettiva della Machina del Fuoco ed' Aria

apiana e costrutta alle Carte di Domenico dal Dottore delle Matematiche ed. Sc. di Toros. Sig.
 & Martino Amadori.

- | | | |
|---------------------------|----------------------------|---------------------------------|
| A. Spingitore del Fuoco | K. 1. B. Cuneo per l'acqua | R. Soleno in cui scorre l'acqua |
| B. Cuneo di spingimento | L. Spingitore per l'acqua | S. Soleno in cui scorre l'acqua |
| C. Cuneo di spingimento | M. Cuneo di spingimento | T. Cuneo di spingimento |
| D. Cuneo di spingimento | N. Cuneo di spingimento | U. Cuneo di spingimento |
| E. Cuneo di spingimento | O. Cuneo di spingimento | V. Cuneo di spingimento |
| F. Cuneo di spingimento | P. Cuneo di spingimento | W. Cuneo di spingimento |
| G. Cuneo di spingimento | Q. Cuneo di spingimento | X. Cuneo di spingimento |
| H. Cuneo di spingimento | R. Cuneo di spingimento | Y. Cuneo di spingimento |
| I. Cuneo di spingimento | S. Cuneo di spingimento | Z. Cuneo di spingimento |
| J. Cuneo di spingimento | T. Cuneo di spingimento | AA. Cuneo di spingimento |
| K. Cuneo di spingimento | U. Cuneo di spingimento | BB. Cuneo di spingimento |
| L. Cuneo di spingimento | V. Cuneo di spingimento | CC. Cuneo di spingimento |
| M. Cuneo di spingimento | W. Cuneo di spingimento | DD. Cuneo di spingimento |
| N. Cuneo di spingimento | X. Cuneo di spingimento | EE. Cuneo di spingimento |
| O. Cuneo di spingimento | Y. Cuneo di spingimento | FF. Cuneo di spingimento |
| P. Cuneo di spingimento | Z. Cuneo di spingimento | GG. Cuneo di spingimento |
| Q. Cuneo di spingimento | AA. Cuneo di spingimento | HH. Cuneo di spingimento |
| R. Cuneo di spingimento | BB. Cuneo di spingimento | II. Cuneo di spingimento |
| S. Cuneo di spingimento | CC. Cuneo di spingimento | JJ. Cuneo di spingimento |
| T. Cuneo di spingimento | DD. Cuneo di spingimento | KK. Cuneo di spingimento |
| U. Cuneo di spingimento | EE. Cuneo di spingimento | LL. Cuneo di spingimento |
| V. Cuneo di spingimento | FF. Cuneo di spingimento | MM. Cuneo di spingimento |
| W. Cuneo di spingimento | GG. Cuneo di spingimento | NN. Cuneo di spingimento |
| X. Cuneo di spingimento | HH. Cuneo di spingimento | OO. Cuneo di spingimento |
| Y. Cuneo di spingimento | II. Cuneo di spingimento | PP. Cuneo di spingimento |
| Z. Cuneo di spingimento | JJ. Cuneo di spingimento | QQ. Cuneo di spingimento |
| AA. Cuneo di spingimento | KK. Cuneo di spingimento | RR. Cuneo di spingimento |
| BB. Cuneo di spingimento | LL. Cuneo di spingimento | SS. Cuneo di spingimento |
| CC. Cuneo di spingimento | MM. Cuneo di spingimento | TT. Cuneo di spingimento |
| DD. Cuneo di spingimento | NN. Cuneo di spingimento | UU. Cuneo di spingimento |
| EE. Cuneo di spingimento | OO. Cuneo di spingimento | VV. Cuneo di spingimento |
| FF. Cuneo di spingimento | PP. Cuneo di spingimento | WW. Cuneo di spingimento |
| GG. Cuneo di spingimento | QQ. Cuneo di spingimento | XX. Cuneo di spingimento |
| HH. Cuneo di spingimento | RR. Cuneo di spingimento | YY. Cuneo di spingimento |
| II. Cuneo di spingimento | SS. Cuneo di spingimento | ZZ. Cuneo di spingimento |
| JJ. Cuneo di spingimento | TT. Cuneo di spingimento | AAA. Cuneo di spingimento |
| KK. Cuneo di spingimento | UU. Cuneo di spingimento | BBB. Cuneo di spingimento |
| LL. Cuneo di spingimento | VV. Cuneo di spingimento | CCC. Cuneo di spingimento |
| MM. Cuneo di spingimento | WW. Cuneo di spingimento | DDD. Cuneo di spingimento |
| NN. Cuneo di spingimento | XX. Cuneo di spingimento | EEE. Cuneo di spingimento |
| OO. Cuneo di spingimento | YY. Cuneo di spingimento | FFF. Cuneo di spingimento |
| PP. Cuneo di spingimento | ZZ. Cuneo di spingimento | GGG. Cuneo di spingimento |
| QQ. Cuneo di spingimento | AAA. Cuneo di spingimento | HHH. Cuneo di spingimento |
| RR. Cuneo di spingimento | BBB. Cuneo di spingimento | III. Cuneo di spingimento |
| SS. Cuneo di spingimento | CCC. Cuneo di spingimento | LLL. Cuneo di spingimento |
| TT. Cuneo di spingimento | DDD. Cuneo di spingimento | MMM. Cuneo di spingimento |
| UU. Cuneo di spingimento | EEE. Cuneo di spingimento | NNN. Cuneo di spingimento |
| VV. Cuneo di spingimento | FFF. Cuneo di spingimento | OOO. Cuneo di spingimento |
| WW. Cuneo di spingimento | GGG. Cuneo di spingimento | PPP. Cuneo di spingimento |
| XX. Cuneo di spingimento | HHH. Cuneo di spingimento | QQQ. Cuneo di spingimento |
| YY. Cuneo di spingimento | III. Cuneo di spingimento | RRR. Cuneo di spingimento |
| ZZ. Cuneo di spingimento | LLL. Cuneo di spingimento | SSS. Cuneo di spingimento |
| AAA. Cuneo di spingimento | MMM. Cuneo di spingimento | TTT. Cuneo di spingimento |
| BBB. Cuneo di spingimento | NNN. Cuneo di spingimento | UUU. Cuneo di spingimento |
| CCC. Cuneo di spingimento | OOO. Cuneo di spingimento | VVV. Cuneo di spingimento |
| DDD. Cuneo di spingimento | PPP. Cuneo di spingimento | WWW. Cuneo di spingimento |
| EEE. Cuneo di spingimento | QQQ. Cuneo di spingimento | XXX. Cuneo di spingimento |
| FFF. Cuneo di spingimento | RRR. Cuneo di spingimento | YYY. Cuneo di spingimento |
| GGG. Cuneo di spingimento | SSS. Cuneo di spingimento | ZZZ. Cuneo di spingimento |
| HHH. Cuneo di spingimento | TTT. Cuneo di spingimento | AAA. Cuneo di spingimento |
| III. Cuneo di spingimento | UUU. Cuneo di spingimento | BBB. Cuneo di spingimento |
| LLL. Cuneo di spingimento | VVV. Cuneo di spingimento | CCC. Cuneo di spingimento |
| MMM. Cuneo di spingimento | WWW. Cuneo di spingimento | DDD. Cuneo di spingimento |
| NNN. Cuneo di spingimento | XXX. Cuneo di spingimento | EEE. Cuneo di spingimento |
| OOO. Cuneo di spingimento | YYY. Cuneo di spingimento | FFF. Cuneo di spingimento |
| PPP. Cuneo di spingimento | ZZZ. Cuneo di spingimento | GGG. Cuneo di spingimento |
| QQQ. Cuneo di spingimento | AAA. Cuneo di spingimento | HHH. Cuneo di spingimento |
| RRR. Cuneo di spingimento | BBB. Cuneo di spingimento | III. Cuneo di spingimento |
| SSS. Cuneo di spingimento | CCC. Cuneo di spingimento | LLL. Cuneo di spingimento |
| TTT. Cuneo di spingimento | DDD. Cuneo di spingimento | MMM. Cuneo di spingimento |
| UUU. Cuneo di spingimento | EEE. Cuneo di spingimento | NNN. Cuneo di spingimento |
| VVV. Cuneo di spingimento | FFF. Cuneo di spingimento | OOO. Cuneo di spingimento |
| WWW. Cuneo di spingimento | GGG. Cuneo di spingimento | PPP. Cuneo di spingimento |
| XXX. Cuneo di spingimento | HHH. Cuneo di spingimento | QQQ. Cuneo di spingimento |
| YYY. Cuneo di spingimento | III. Cuneo di spingimento | RRR. Cuneo di spingimento |
| ZZZ. Cuneo di spingimento | LLL. Cuneo di spingimento | SSS. Cuneo di spingimento |

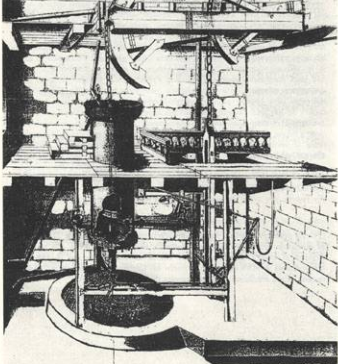


Figura 18

La produzione, dopo il passaggio della fonderia allo Stato fu [15]:

| <i>Periodo</i> | <i>Galanza</i> cantara libbre | <i>Piombo</i> cantara libbre | <i>Argento</i> marchi |
|----------------|----------------------------------|---------------------------------|--------------------------|
| 1762 | 4875.017 | 1902.039 | 176.6 |
| 1763 | 4870.017 | 1973.095 | 274.6 |
| 1764 | 4418.055 | 1640.090 | 252.5 |
| 1765 | 5769.040 | 1930.006 | 444.6 |
| 1766 | 5769.040 | 728.060 | 278.0 |
| 1767 | 4271.000 | 1606.087 | 233.0 |
| 1768 | 4024.000 | 1427.085 | 328.2 |

Il 18 novembre 1767 il sottotenente d'artiglieria De Buttet, in un suo progetto per migliorare la Fonderia, suggerì: «... de se servir de la machine a feu de Mr Saveri pour donner le mouvement aux soufflets de la même façon que l'on a la coutume de lui faire mouvoir des pompes...» [6].

La macchina proposta è la macchina a vapore già largamente usata a quel tempo nelle miniere inglesi, tedesche, e svedesi. La figura 13 [16] riporta il disegno di una di queste macchine, che il di Robilant vide in funzione in Svezia, e della quale descrisse in modo particolareggiato il principio e il funzionamento [17].

BIBLIOGRAFIA

- [1] V. TATEL, *Lehrbuch der Metallhüttenkunde*, Bd. II, Blei, S. Hirzel Verlag, Leipzig 1953.
- [2] G. RULANDI, *Il Piombo*, *Industria Mineraria*, Gennaio 1955, pag. 16 e 17.
- [3] E. PRONT, *Métallurgie des Métaux autres que le Fer, Plomb*, XII Ed., Librairie Polytechnique Ch. Beranger, Paris 1924.
- [4] S.B. NICOLIS DE ROBLANT, *Raccolta di tutti li disegni relativi ai quattro nomi che precedono de' viaggi e Memorie relative alle Miniere, fra i quali si vedono quelli di Freyberg...*, Accademia delle Scienze di Torino, Manoscritto 0907, Tavola CCXXXII.
- [5] S.B. NICOLIS DE ROBLANT, *Proc. cit.*, Tavola XXXVII.
- [6] Archivio di Stato di Torino, Fondo Sardegna Economico, Categoria 13 (Miniere, Fonderie, Lapidario); Mazzo non inventariato.
- [7] S.B. NICOLIS DE ROBLANT, *Ibidem*, Tavola XXXVIII.
- [8] S.B. NICOLIS DE ROBLANT, *Ibidem*, Tavola CLXVII.
- [9] S.B. NICOLIS DE ROBLANT, *Ibidem*, Tavola XXXVI.
- [10] S.B. NICOLIS DE ROBLANT, *Ibidem*, Tavola CCXVIII.
- [11] S.B. NICOLIS DE ROBLANT, *Ibidem*, Tavola CXC.
- [12] S.B. NICOLIS DE ROBLANT, *Ibidem*, Tavola CVII.
- [13] D. DIDEROT, J.B. D'ALEMBERT, *Encyclopédie ou dictionnaire raisonné des Sciences, des Arts, et des Métiers*, (Edizione: Le Tavole della Encyclopédie 1762-1777, Mondadori, Milano, 1977), Planche 802.
- [14] S.B. NICOLIS DE ROBLANT, Accademia delle Scienze di Torino, Manoscritto 0386.
- [15] Archivio di Stato di Cagliari, Segreteria di Stato II Serie, Volume 1305.
- [16] S.B. NICOLIS DE ROBLANT, *Id. n. 4*, Tavola CLXXX.
- [17] S.B. NICOLIS DE ROBLANT, Accademia delle Scienze di Torino, Manoscritto 0385.

PAOLO BENSI (*)

Icilio Guareschi tra storia della chimica e storia dell'arte (**)

Summary - Icilio Guareschi (1847-1918), who has carried out important researches into various fields of chemistry, is presented in his capacity as a historian of chemistry, particularly as a scholar of the art techniques of the past.

Also owing to the restoring he effected on the texts damaged by the fire of the Biblioteca Nazionale of Turin in 1904, Guareschi took an interest in miniature, painting and dyeing from antiquity to the 19th century, examining nearly all the handbooks and treatises then known.

He first edited *De Arte Illuminandi* (a treatise on 14th century miniature) with a technical comment and *Plichto*, a treatise on 16th century cloth dyeing.

La memoria di Icilio Guareschi rimane oggi legata ad alcune reazioni di sintesi di composti a catena etero-ciclica (piridinici e piperidinici) e ad un metodo di riconoscimento dei bromuri: occorre però ricordare anche la sua tenace e appassionata opera di studioso di storia della chimica. In particolare vogliamo ora occuparci del suo contributo alle ricerche sulle materie coloranti usate in antico nella pittura e nella tintura dei tessuti, nel corso delle quali egli operò uno sconfinamento nel campo della storia dell'arte del tutto insolito per uno scienziato italiano dell'inizio del nostro secolo.

Icilio Guareschi (fig. 1) era nato nel 1847 a San Secondo Parmense; il suo destino era in qualche modo legato alle vicende artistiche sin dall'infanzia: il cugino della madre era il pittore Francesco Scaramuzza che nel dipinto *Scena di balletto* (Parma, Pinacoteca Nazionale) avrebbe raffigurato Icilio all'età di quattro anni.¹

(*) Accademia Ligistica di Belle Arti di Genova.

(**) Relazione presentata al IV Convegno Nazionale di «Storia e Fondamenti della Chimica» (Venezia, 7-9 novembre 1991).

¹ Conosciamo le vicende biografiche di Guareschi soprattutto attraverso il profilo tracciato dal genitore Felice Garelli (marito dell'amatissima figlia Maria): cfr. F. GARELLI, *Icilio Guareschi*, in «Nuova Enciclopedia di Chimica Scientifica, Tecnologica e Industriale», vol. XIII, parte 2^a, Torino 1927, pp. XIII-XXXVI. Cfr. inoltre R. NAZZI, *Icilio Guareschi come storico della chimica*, in «Atti

Dopo il diploma in farmacia a Bologna studia con Schiff e Selmi (di quest'ultimo diverrà amico e collaboratore) e si laurea in scienze naturali a Pisa. Entra nella carriera universitaria a Siena e dal 1879 è professore di chimica farmaceutica a Torino (dal 1897 direttore dell'Istituto di Chimica Farmaceutica): vi insegnerà per quasi quarant'anni sino alla vigilia della morte avvenuta nel 1918. Compie importanti ricerche nel campo della chimica analitica, organica e bromatologica rivelando gli aspetti peculiari del suo carattere: grande vocazione alla didattica, amore per la divulgazione scientifica, passione per gli studi storici.

La palestra principale delle ricerche di Guareschi è il «Supplemento Annuale della Enciclopedia di Chimica scientifica ed Industriale» da lui fondato nel 1884 come continuazione della *Enciclopedia* del Selmi. Tocca alla figura di Amedeo Avogadro inaugurare nel 1901 una serie di ritratti di scienziati del passato; Guareschi dichiarava nell'introduzione: «Verranno da me pubblicate memorie originali classiche, antiche e moderne (...) riguardanti la chimica, principalmente nei secoli XVIII e XIX». Si trattava, come rilevava il Nasini nella commemorazione dello studioso, di una vera e propria fondazione della storia della chimica in Italia.

Per giungere al tema di nostro interesse bisogna però attendere l'annata 1903-1904 del «Supplemento», dove Guareschi pubblica lo studio *Vannoccio Biringuccio e la chimica tecnica*, dedicato all'esame del trattato *De la Pirrotechnia* dell'architetto e scienziato senese Vannoccio Biringuccio, edito a Venezia nel 1540. Vengono raccolte preziose notizie biografiche, esaminate le varie edizioni dell'opera — il più antico testo a stampa riguardante la metallurgia — e riassunti i contenuti: la descrizione della fusione dei metalli, dei caratteri tipografici, delle materie coloranti di origine minerale riguardano sia la storia della tecnologia sia la storia delle tecniche artistiche. Lo studioso tende a sottolineare i meriti di Biringuccio, sino ad allora poco noto, rispetto a quelli di sperimentatori e scrittori più considerati quali Giorgio Agricola e Bernard Palissy.

Si evidenziano già da questo articolo gli aspetti più rilevanti del metodo di Guareschi: profonda erudizione storica e letteraria, una ampia conoscenza delle precedenti ricerche straniere di storia della chimica, il ricorso a fonti di storia dell'arte senza alcun pregiudizio. Come scrive il Nasini, Guareschi voleva personalmente «tutto vedere, tutto compulsare, tutto confrontare, sempre ricorrendo alle fonti». Particolare attenzione veniva dedicata alla riscoperta di opere di scienziati italiani, talvolta esagerandone i meriti (come ammetterà il Nasini), per dimostrare come essi non sfigurassero affatto rispetto ai più noti studiosi stranieri: attaglia-

della Riunione della Società Italiana per il Progresso delle Scienze», Pisa 1919, pp. 478-488 (con un elenco degli *Scritti di carattere storico di Italo Guareschi* a cura di A. MELI, L. MARGARELLA, Italo Guareschi (commemorazione), in «Annuario della R. Università di Torino», a XLIV, 1919-1920, pp. 279-285; A. QUARATROLLI, voce *Guareschi Italo*, in «Enciclopedia Italiana di Scienze, Lettere ed Arti», vol. XVIII, Roma 1933, p. 24 (con la data di morte errata, 1928 anziché 1918).

³ Cfr. I. GUARESCHI, *Amedeo Avogadro e la storia molecolare*, in «Supplemento Annuale all'Enciclopedia di Chimica Scientifica ed Industriale», vol. XVII, 1900-1904, pp. 445-490. Sulle ricerche di storia della chimica del Guareschi oltre ai testi citati nella nota 1 si veda: A. VITTOLO, *Italo Guareschi, storico della chimica*, in «Il Farmacista», 2, 1948; A. TURCHI, *Note sulle vicende dell'Istituto Italiano di Storia della Chimica*, in «Atti del I Convegno di Storia della Chimica», Torino 1985, a cura di P. ANTONIOTTI e L. CERCHI, Torino 1986, pp. 62-67 (in particolare p. 63).



Fig. 1 - Icilio Guareschi (S. Secondo Parmense 1847 - Torino 1918).

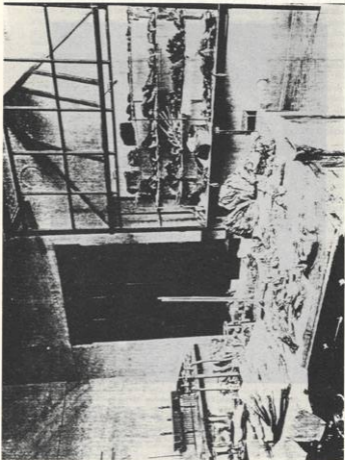


Fig. 2 - Il Laboratorio dell'Istituto di Chimica Farmaceutica della Università di Torino nel corso dei restauri dei codici della Biblioteca Nazionale (da «Suppl. Ann. Enc. Chim.», 1994-1995, tav. VI).

mento d'altronde comune a gran parte della cultura dell'Italia da poco unificata. Lo stile della scrittura è fluido, chiaro, preciso senza essere pedante, vibrante di una autentica passione.¹

Un fatto casuale quanto drammatico contribuirà nel 1904 ad orientare le sue ricerche verso il settore storico-artistico. Nella notte del 25 gennaio un incendio devastò la Biblioteca Nazionale di Torino, causando danni gravissimi alle collezioni di codici pergamenei. Pochi giorni dopo Guareschi fu incaricato dal Ministero della Pubblica Istruzione, assieme ad altri colleghi dell'Università di Torino, di tentare il recupero con metodi scientifici dei testi danneggiati. Inizia così una avventura fuori del comune per lo studioso ed il personale del suo istituto, trasformato in laboratorio di restauro (fig. 2).

In quattro mesi più di 3000 fogli furono asciugati, ripianati e disinfestati con una serie di procedimenti del tutto all'avanguardia per l'epoca (figg. 3-4). Guareschi presentò un resoconto degli interventi in una memoria dell'Accademia delle Scienze di Torino, ampliato nell'articolo *Della Pergamena* apparso nel «Supplemento annuale» del 1905.² In quest'ultimo possiamo cogliere dei cenni ad incomprensioni ed attriti con esponenti della burocrazia: lo studioso si augurava ad esempio che del personale si formasse facendo pratica nel suo laboratorio per poi proseguire presso la Biblioteca il restauro dei codici, ma ciò non era avvenuto; in sostanza vi erano stati grandi elogi ma gli esperimenti iniziati non avevano avuto un seguito.³

Purtroppo anche successivamente è stato disseminato di incomprensioni il difficile rapporto tra ricercatori scientifici, pubblica amministrazione ed esponenti della cultura storico-artistica nel campo della conservazione dei beni culturali. È comunque importante che Guareschi sia stato stimolato da questa esperienza ad occuparsi degli inchiostri antichi, dei colori per miniature e per estensione dei materiali della pittura e della tintura, incoraggiato, per sua ammissione, dagli studi compiuti da Humphry Davy all'inizio dell'Ottocento sui papiri di Ercolano e sui colori della pittura pompeiana. Infatti nello stesso «Supplemento» del 1905

¹ Cfr. I. GUARESCHI, *Vannuccio Biringuccio e la chimica tecnica*, in «Suppl. Ann. Enc. Chia.», vol. XX, 1903-1904, pp. 419-446. Cfr. anche E. BRINELLO, *Vannuccio Biringuccio e il trattato «De la Pirotechnica»*, in AA.VV., *Trattati scientifici nel Veneto fra il XV e il XVI secolo*, introduzione di E. RONDATO, Venezia 1985, pp. 29-37 (in particolare p. 31).

² Cfr. I. GUARESCHI, *Osservazioni ed esperienze sul recupero e sul restauro dei codici danneggiati dall'incendio della Biblioteca Nazionale di Torino*, in «Memorie della Reale Accademia delle Scienze di Torino», serie 2^a, t. LIV, 1904, pp. 423-458; I. GUARESCHI, *Della pergamena*, in «Suppl. Ann. Enc. Chia.», vol. XXI, 1904-1905, pp. 1-43. Per il contributo di altri istituti universitari si veda P. GIACCIA, *Relazione dei lavori intrapresi al Laboratorio di Materia Medica per il recupero e restauro dei codici appartenenti alla Biblioteca di Torino*, in «Atti della R. Accademia delle Scienze di Torino», XXXIX, 1903-1904, pp. 3-11.

³ A causa delle enormi difficoltà tecniche e pratiche il restauro dei manoscritti torinesi è ancora lontano dall'essere completato: si veda, anche per un inquadramento dell'opera di Guareschi nella storia del restauro, C. FEDERICO, L. ROSSI, *Manuale di conservazione e restauro del libro*, Roma 1983, pp. 27-28; A. GIACCIA (a cura di), *Manoscritti danneggiati nell'incendio del 1904. Mostra di recupero e restauri*, Biblioteca Nazionale Universitaria di Torino, Torino 1986, pp. 6 e 11; F. ISMAN, *Cetti e sepolti. I codici bruciati della Biblioteca Nazionale di Torino*, in «Art e Dossier», a. VII, n. 64, 1992, pp. 38-41.



Fig. 5 - Codice Francese n. 20, Roman de Florimoot (Biblioteca Nazionale di Torino), danneggiato dall'incendio del 1904.



Fig. 4 - Lo stesso codice dopo il trattamento effettuato da Guareschi e dai suoi collaboratori.

troviamo uno dei più importanti scritti del nostro studioso in questo campo: *Sui colori degli antichi. Parte prima*.⁶

Si tratta di un testo di enorme erudizione e di brillante divulgazione che ha tutt'oggi pochi rivali. Vengono passati in rassegna tutti i ricettari e i trattati, dall'antichità al Medioevo, relativi alle caratteristiche e all'uso delle materie coloranti, con un adeguato commento storico e tecnico. Tra i più importanti citiamo il *De coloribus et artibus Romanorum* del cosiddetto Eraclius (probabilmente dell'XI secolo) e il *Diversarum artium schedula* di Theophilus (XII secolo); Guareschi è il primo in Italia ad esaminare questi testi fondamentali da un punto di vista scientifico; di essi mancava, e manca tuttora, una edizione critica nella nostra lingua.

Il nucleo fondamentale dello studio è un trattato anonimo di tecnica della miniatura noto come *De arte illuminandi* (Biblioteca Nazionale di Napoli), pubblicato nel 1877 dal Salazar. Guareschi redige un approfondito apparato di annotazioni tecniche al testo, fatto tradurre dal latino per l'occasione: lo studio era stato preceduto da una nota comparsa negli Atti della Accademia delle Scienze di Torino nel 1905.⁷ Va detto tuttavia che lo scrupolo della ricerca e l'intelligente uso delle fonti non sono accompagnate dall'abituale limpidezza di giudizio. Nell'Ottocento il trattato era ritenuto del Trecento e tale è anche l'opinione della critica moderna; Guareschi invece lo datava al XVI secolo anche in base al fatto che vi venivano citati dei materiali a suo parere non noti in Italia prima del Cinquecento; Franco Brunello nella sua esemplare edizione del manoscritto del 1975 ha però dimostrato che il nostro studioso si sbagliava.⁸

Tutto ciò non toglie meriti sostanziali al complesso delle ricerche di Guareschi, esposte con il consueto stile incisivo «tutto pensiero non senza una certa poesia», come fu detto di una sua conferenza. Il suo impegno sfocia in alcuni casi in polemica, mai comunque dettata da odio di parte: Nasini aveva in parte ragione quando affermava che «a lui, come storico della scienza, mancavano le principali prerogative (...) l'imparzialità e la serenità», ma non poteva essere altrimenti dato che per Guareschi il giudizio storico era sempre accompagnato da un giudizio morale. Lo stesso Nasini sottolineava come dai suoi scritti emerge il «carattere passionale, generoso» e la sua «simpatia rudezza»: inevitabilmente il pensiero corre ai sanguigni eroi padani del suo omonimo e conterraneo, lo scrittore Giovanni Guareschi.

Ad esempio nello studio in questione si stupisce della scarsa considerazione della cultura italiana nei confronti della studiosa inglese Philadelphia Merrifield, che aveva scoperto negli archivi italiani numerosi trattati pittorici inediti dal XIII al

⁶ Cfr. I. GUARESCHI, *Sui colori degli antichi. Parte I*, in «Suppl. Ann. Enc. Chim.» vol. XXI, 1904-1905, pp. 287-399.

⁷ Cfr. D. SALAZAR, *Tratto della miniatura nel secolo XIV. Codice della Biblioteca Nazionale di Napoli*, Napoli 1877; I. GUARESCHI, *Osservazioni sul De Arte Illuminandi*, in «Atti R. Acc. Scienze Torino», XL, 1904-1905.

⁸ Cfr. F. BRUNELLO, *De Arte Illuminandi e altri trattati sulla tecnica della miniatura medievale*, Vicenza 1975, pp. 28-30. Si veda anche G. GUERRELLI, *Il facsimile del De Arte Illuminandi, in La miniatura italiana in età romanica e gotica*, Atti del I Congresso di Storia della Miniatura Italiana, Cortona 1978, Firenze 1979, pp. 577-617 (in particolare pp. 578-580, con ulteriori critiche di carattere paleografico e storico alle conclusioni di Guareschi).

XVII secolo, pubblicati a Londra nel 1849 in un testo ancora fondamentale. Con un atteggiamento tutt'altro che nazionalista Guareschi segnala come Guerrini e Ricci avessero dato alle stampe come inedito nel 1887 un trattato sui colori (il *Manoscritto Bolognese*) in realtà già fatto conoscere dalla Merrifield; purtroppo da allora in Italia nessuno studio serio è stato compiuto sull'opera di questa donna geniale a cui tanto deve la nostra cultura.⁹

In un altro punto egli fa notare come Gaetano e Carlo Milanese, curatori dell'edizione del 1859 del trattato di pittura di Cennino Cennini (*Il libro dell'arte, della fine del Trecento*), rimproverino il Tambroni, curatore dell'edizione del 1821 della stessa opera, di scarse conoscenze chimiche e di inesattezze tecniche. Guareschi ribalta facilmente le accuse verso i due studiosi, di matrice letteraria-archivistica: è curioso che la loro *Tavola delle voci attinenti all'arte* sia stata riprodotta senza modifiche nell'edizione del 1975 del testo di Cennini, pur colma di inesattezze anche rispetto alla cultura scientifica ottocentesca, a dispetto delle giuste critiche di Guareschi.¹⁰

Alla fine del 1905 lo studioso pronuncia il discorso inaugurale dell'anno accademico dell'Università di Torino dal significativo titolo *«La chimica e le arti»*. Vengono affrontati i temi consueti con un'enfasi forse più pronunciata del solito, priva comunque di retorica, dovuta probabilmente alla necessità di far presa su un pubblico di giovani e non di soli specialisti. Particolarmente interessanti sono le affermazioni di principio, più nette del solito, che investono direttamente il campo artistico. Dopo aver affermato che *«l'ideale della scienza e dell'arte deve essere la verità e l'amore fraterno»*, critica l'arte asservita al fanatismo religioso e la formula *«sfonesta dell'arte per l'arte»*, ossia di un'arte rivolta esclusivamente ai valori formali che era uno degli ideali estetici del XIX secolo; essa deve avere invece *«un alto ideale morale, patriottico, storico o scientifico»*. Un giudizio morale dunque, di stampo laico, positivista, utopico.¹¹

Nel «Supplemento» del 1907 viene pubblicata la seconda parte dello studio *Sui colori degli antichi. Dal secolo XV al XIX*.¹² Il livello di erudizione e di divulgazione è ancora altissimo, vengono esaminati ricettari e manuali noti e meno noti, con particolare attenzione per la felice congiuntura della metà del Cinquecento che vede la pubblicazione della *Protechnia* di Biringuccio, del *Plicchio* di Giovanventura Rosetti e dei *Tre libri dell'arte del Vasario* del Piccolpasso. Grande rilievo viene dato al trattato di tintura delle stoffe del Rosetti, il *Plicchio de l'arte de tentori*, dove per la prima volta i «segreti di bottega» veneziani diventano precise ricette divulgate al

⁹ Cfr. M.P. MERRIFIELD, *Original Treatises dating from the XIIIth-XVIIIth centuries on the Arts of Painting*, London 1849, 2 voll.; O. GUERRINI, C. RICCI, *Il libro dei colori, segreti del XV secolo*, Bologna 1887.

¹⁰ Cfr. rispettivamente C. CENNINO, *Trattato della pittura*, messo in luce per la prima volta con annotazioni del Cavaliere Giuseppe Tambroni, Roma 1821; C. CENNINO, *Il libro dell'arte o Trattato della pittura*, a cura di G. e C. MILANESI, Firenze 1859; C. CENNINO, *Il libro dell'arte*, a cura di F. TEMPIERI, Milano, 1975.

¹¹ Cfr. I. GUARESCHI, *La chimica e le arti*, in «Annuario R. Univ. Torino», XXX, 1906, pp. 13-54.

¹² Cfr. I. GUARESCHI, *Sui colori degli antichi. Parte II*, in «Suppl. Ann. Enc. Chim.», vol. XXIII, 1906-1907, pp. 331-461.

pubblico, Guareschi è il primo a dare una edizione moderna in facsimile dell'opera corredata da note tecniche.¹⁷

Nella seconda parte dell'articolo viene delineato un quadro delle ricerche di chimici italiani del Settecento e della prima metà dell'Ottocento, tratte da un oblio quasi totale: scopriamo così che Giuseppe Branchi nel 1809 aveva già analizzato dipinti su tavola del Duecento e gli affreschi del Camposanto di Pisa e che Antonio Fabbroni nel 1811 compiva indagini chimiche su miniature, precedendo le ricerche di Davy e di Chaptal.¹⁸

Negli anni successivi il contributo di Guareschi al settore di studi di nostro interesse si limiterà alla partecipazione ad alcuni congressi, come il 3° Convegno Internazionale dei Chimici Coloristi a Torino nel 1911, dove nella prefazione ricorda il Rosetti ed altri trattatisti della tintura.¹⁹ Sempre nel 1911 a Torino si svolge il 2° Congresso Nazionale di Chimica Applicata dove pronuncia, in qualità di presidente del comitato organizzatore, un ispirato discorso inaugurale di storia della chimica ripiegando le proprie convinzioni. Afferma che il progresso della scienza e del pensiero è inscindibile dal progresso della ragione e della libertà; auspica che l'insegnamento della chimica nelle università abbia solide basi storico-biografiche; come augurio ai congressisti cita alcune frasi, di stampo carducciano, della figlia Maria, la cui brillante carriera scientifica era stata stroncata dalla morte due anni prima. Si noti come nella stessa occasione Quirino Sestini avesse letto alcune poesie sul tema *La chimica e l'arte*, un ulteriore segno del clima culturale del momento, su cui calerà bruscamente il sipario della 1° Guerra Mondiale, che dovette recare non poca amarezza a chi nel 1901 aveva citato con entusiasmo le parole di Berthelot: «oggi i popoli illuminati mettono al primo rango gli scienziati, i pensatori e non gli uomini di guerra».²⁰

Le ricerche di Icilio Guareschi sono ancora oggi un invito a superare le barriere che dividono i campi del sapere, a instaurare un dialogo tra gli specialisti di tutte le discipline interessati alla conoscenza e alla conservazione del nostro patrimonio culturale, per realizzare «il connubio ideale di due tra le più alte manifestazioni dell'umana intelligenza, l'arte e la scienza» che lo studioso auspicava.²¹

Desidero ringraziare per la loro gentilissima collaborazione il dott. Angelo Giacaria della Biblioteca Nazionale Universitaria di Torino e la dot.ssa Giovanna Lazzi della Biblioteca Nazionale Centrale di Firenze.

¹⁷ Cf. G.V. ROSETTI, *Piombo da arte da Torino*, Venezia 1548; C. PICCOLPASSO, *I tre libri dell'arte del vasaio* (1556), ediz. a cura di G. VANTOLINI, Pesaro 1879.

¹⁸ Su questo settore di studi si veda anche P. BIANI, *L'approccio tecnico-scientifico allo studio dei procedimenti pittorici in Federico Alizeri e nella cultura italiana contemporanea*, in *Federigo Alizeri (Genova 1817-1882), un «consuetore» in Liguria*, Atti del Convegno, Genova 1985, a cura di M. DALIÀ EMBLONI, Genova 1988, pp. 213-233.

¹⁹ Cf. il resoconto del Convegno in «L'Industria Chimica», n. XL 1911, 10 giugno, n. 11, p. 176.

²⁰ Cf. la relazione sul Congresso in «L'Industria Chimica», n. XL 1911, 10 ottobre, n. 19, p. 295 e il *Discorso inaugurale*, in *Atti del II Congresso Nazionale di Chimica Applicata*, Torino 1912. Il brano di Berthelot è citato in I. GUARESCHI, *Arnolfo Avergado ... etc.*, pp. 448-449.

²¹ Cf. I. GUARESCHI, *La chimica e le arti ... etc.*, p. 46.

PATRIZIO SEVERINO (*)

Analogie teoriche e differenze teoretiche tra il modello VB e quello LCAO-SCF-MO (**)

Riassunto - Il primo calcolo quantomeccanico di un'energia di legame fu eseguito da Heitler e London nel 1927 sulla molecola di idrogeno. La trattazione matematica eseguita è stata poi chiamata metodo di Heitler-London o del legame di valenza (in inglese «Valence-Bond», da cui il nome del modello).

Questo metodo è stato successivamente ripreso ed esteso a molecole più complesse da Slater e Pauling, che hanno sviluppato il cosiddetto «metodo del legame di valenza generalizzato».

Contemporaneamente al metodo di Heitler e London, nel 1927 fu sviluppato da Burrau un metodo di calcolo che, applicato alla molecola ione di idrogeno H_2^+ , permise di risolvere esattamente il moto elettronico. Questo metodo, che oggi è noto come metodo dell'orbitale molecolare (in inglese «Molecular Orbital», da cui la dicitura «MO» del modello), fu successivamente sviluppato da Hund, Mulliken e Lennard-Jones ed oggi è il più usato in virtù della sua maggiore semplicità di calcolo rispetto al metodo VB.

I modelli relativi ai due metodi, pur facendo capo entrambi alla stessa teoria fisica (la Meccanica Quantistica), differiscono dal punto di vista epistemologico in quanto il modello VB attinge a piene mani concetti e simbolismi della teoria della Valenza Orientata (in inglese «Directed Valence») di Lewis, mentre il modello MO non fa uso che dei principi della Meccanica Quantistica e considera la Chimica un «problema di matematica applicata».

Theoretical Analogies and Ontological Differences between VB and LCAO-SCF-MO Models.

Summary - The Valence-Bond (VB) model was based on the Heitler-London method, developed in 1927 at the same time of Burrau method, which is at the basic of Molecular-Orbital (MO) model.

Both models use mathematical formalism of Quantum Mechanics, and Coulson in 1938 has showed their theoretical analogies, which are relative to numerical reproducibility of experimental results.

However, the models differ each other in ontological point of view because:

a) VB model considers atoms and molecules as physical objects with characteristic properties like valence orbitals (atoms) and chemical bonds (molecules), which permit the joint between microscopic and macroscopic reality. Therefore it has incorporated the

(*) Istituto Superiore di Ricerca per l'Innovazione dei Materiali (I.S.R.I.M.), Terni.

(**) Relazione presentata al IV Congresso Nazionale di «Scienza e Fondamenti della Chimica» (Venezia, 7-9 novembre 1991).

chemical concepts of Lewis' Directed Valence Theory (completed in 1923) and it tries to build a chemical theory based on strong-ontological thought;

b) MO model follows only quantum-mechanical reality interpretation, so it considers atoms and molecules as dummy concepts in the "many-bodies" formalism, fully accordance with Dirac who in 1929 affirmed: "Chemistry is applied Mathematics".

1. DEFINIZIONI PRELIMINARI

Nello studio dei fenomeni naturali si chiede sempre all'approccio teorico di fare una doppia parte: da un lato esso deve fornire la *spiegazione* del fenomeno osservato facendo uso di uno schema logico-formale adeguato (o paradigma, secondo l'accezione introdotta da Kuhn [1]) e fondato su principi derivati direttamente dall'esperienza (nel caso dei sistemi molecolari, lo schema che dovrebbe assolvere a tale compito è la Meccanica Quantistica), dall'altro deve proporre dei «suggerimenti» (o ipotesi ad hoc) fisicamente accettabili sugli aspetti particolari del fenomeno in maniera così da ottenere dei *valori numerici* da confrontare o correlare con quelli ricavati sperimentalmente.

Per soddisfare queste esigenze si deve innanzitutto costruire un *modello* del sistema in esame: bisogna cioè sostituire al sistema reale, sul quale sono stati effettuati gli esperimenti, un *sistema semplificato* che sia equivalente al primo ai fini dell'interpretazione teorica. È possibile costruire modelli di questo tipo sia «idealizzando» il sistema dato (ad esempio, considerando una molecola isolata o una superficie senza difetti), sia trattando «casi limite» (come i nuclei atomici fissi nelle loro posizioni di equilibrio e il cristallo infinito), sia infine attribuendo al sistema (o ai suoi costituenti) proprietà o corrispettivi matematici che, pur non essendo rigorosamente corretti, conducono a speciali forme delle equazioni che ne descrivono il comportamento (è il caso del modello a sfere rigide, del modello monoelettronico e dei modelli esattamente risolubili [2]).

Ogni modello di un sistema materiale è caratterizzato da *metodi ed approssimazioni* propri, che spesso vengono confusi con il modello stesso. Per esempio, è un modello quello che tratta le interazioni tra gli ioni costituenti le sostanze saline come interazioni elettrostatiche di opportune cariche puntiformi, mentre è un'approssimazione quella che trascura *all'interno dello stesso modello* le interazioni di uno ione con ioni che distano più di un certo valore fissato. In particolare, questo tipo di approssimazione, tra cui quella ben nota del «vicino più vicino» (in inglese «nearest-neighbor approximation»), può dar luogo ad un comportamento non fisico delle soluzioni dell'equazione agli autovalori del sistema in questione (anche se si tratta di un solido o di una superficie) e questo appunto dimostra che non si tratta di un modello.

Per ciò che concerne la distinzione fra modello e metodo, questa è spesso difficile a causa del fatto che si trovano in letteratura espressioni apparentemente equivalenti che mettono in gioco i due termini: ad esempio si dice indifferentemente «metodo» di Huckel e «modello» di Huckel, nonché metodo e modello VB o LCAO-SCF-MO (dei quali si parla più avanti).

In questo contesto, si deve intendere *Metodo* un particolare procedimento

matematico di risoluzione dell'equazione di Schrödinger del sistema considerato. Essendo uno schema matematico di un sistema molto complesso, un metodo deve basarsi giocoforza su delle approssimazioni che possono o no essere interpretabili dal punto di vista chimico-fisico. Ad esempio ammettere che gli integrali bieletttronici coulombiani tra due orbitali atomici non dipendono dai numeri quantici azimutali l ed m degli orbitali stessi è un'approssimazione che non ha un'interpretazione fisica o chimica corrispondente; mentre l'approssimazione «vicino più vicino» può facilmente essere ricondotta all'osservazione sperimentale che corpi carichi situati a grande distanza fra loro interagiscono poco a causa della dipendenza da $1/r^2$ dell'interazione considerata.

La confusione fra i termini «modello» e «metodo» si ingenera proprio quando le approssimazioni caratteristiche di certi metodi sono suscettibili di interpretazione chimico-fisica, perché si perde di vista il fatto che *un metodo viene sempre utilizzato all'interno di un modello e non viceversa*. È infatti la scelta del modello che permette di ottenere certe caratteristiche dai metodi matematici in esso utilizzati e di definire conseguentemente certe quantità che sono poi correlate o confrontate a grandezze ricavabili sperimentalmente.

2. IL MODELLO VB

2a. Linee generali del modello VB

Una molecola è, secondo la Meccanica Quantistica, un sistema simile a quello atomico in cui ogni elettrone si muove nel campo di più nuclei e sente l'influenza degli altri elettroni. L'impostazione e la risoluzione dell'equazione di Schrödinger indipendente dal tempo:

$$HY = EY \quad (1)$$

dove H è l'Hamiltoniano del sistema, E è l'energia e Y la funzione d'onda molecolare, è la via precisa (anche se estremamente complessa) di ottenere le autofunzioni stazionarie molecolari e i relativi livelli energetici permessi.

Il primo calcolo quantomeccanico di un'energia di legame fu eseguito da Heitler e London nel 1927 [3] sulla molecola di idrogeno. La trattazione matematica eseguita è stata poi chiamata metodo di Heitler-London o del legame di valenza (in inglese «Valence Bond», da cui il nome del modello), o anche di «accoppiamento di elettroni» (in inglese «electron-pairing»).

Questo metodo è stato successivamente ripreso ed esteso a molecole più complesse da Slater [4] e Pauling [5], che hanno sviluppato il cosiddetto «metodo del legame di valenza generalizzato».

In questi metodi si assume di avvicinare gli atomi fino alla distanza in cui incominciano ad interagire e si accoppiano a due a due gli elettroni spaiati degli atomi separati. Tale trattazione può essere confinata a diversi stadi di approssimazione, in ciascuno dei quali si introducono nuove varianti per il problema. Queste varianti corrispondono ad aspetti particolari delle proprietà molecolari, suggeriti

dall'esperienza. Ciò è inevitabile in quanto, non essendo possibile una soluzione esatta dell'equazione di Schrodinger per le molecole, ogni variante nuova (ipotesi ad hoc) che si introduce deve riflettere fatti sperimentali e condurre a risultati non in contrasto con questi ultimi.

I metodi associati al modello del legame di valenza non sono molto usati per calcolare proprietà molecolari in quanto richiedono raffinamenti notevoli per portare a buoni risultati. Infatti, quando la molecola è formata da atomi con molti elettroni, molti di questi non prendono parte direttamente al legame, ma esercitano influenze notevoli sugli elettroni di legame e devono quindi essere considerati nel calcolo. Inoltre, devono essere considerate tutte le possibilità di accoppiamento fra elettroni, anche quelle con minore probabilità. In questo calcolo delle possibilità di accoppiamenti fra elettroni si fa uso dei diagrammi di Rumer [6], che permettono di ricavare le funzioni di legame di valenza necessarie a formare un adeguato insieme di base. A tale fine, si dispongono i simboli per gli orbitali ai vertici di un poligono opportuno e si congiungono le coppie di orbitali, individuando così simbolicamente i legami possibili.

In fig. 1 è riportato un diagramma di Rumer per i legami fra quattro atomi; in esso i segmenti orizzontali rappresentano (a meno di una costante di normalizzazione) i legami descritti dalla seguente somma di 4 funzioni in forma di determinante:

$$A_1^+ A_2^+ B_1 B_2 + B_1^+ A_1^+ A_2 B_2 + A_1^+ B_1^+ B_2 A_2 + B_1^+ B_2^+ A_1 A_2 \quad (2)$$

I segmenti verticali rappresentano i legami descritti dalla seguente funzione:

$$A_1^+ B_1^+ A_2 B_2 + A_2^+ B_1^+ A_1 B_2 + A_1^+ B_2^+ A_2 B_1 + A_2^+ B_2^+ A_1 B_1 \quad (3)$$

e quelli diagonali i legami descritti dall'equazione:

$$A_1^+ A_2^+ B_2 B_1 + B_2^+ A_1^+ A_2 B_1 + A_1^+ B_1^+ B_2 A_2 + B_2^+ B_1^+ A_2 A_1 \quad (4)$$

dove l'indice + o - indica lo spin associato all'orbitale in questione.

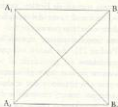


Fig. 1 - Diagramma di Rumer per i legami fra quattro atomi.

È stato dimostrato dallo stesso Rumer che, se si omettono le funzioni corrispondenti a segmenti che si intersecano (in questo caso, omettendo le funzioni corrispondenti alle diagonali), i rimanenti segmenti descrivono funzioni VB in numero sufficiente per fornire una base non ortogonale.

2b. I principi su cui si fonda il modello VB

I principi su cui è stato fondato il modello VB sono i seguenti:

1) gli atomi che compongono una molecola tendono a conservare le loro caratteristiche (orbitali del guscio di valenza) anche quando sono chimicamente legati. Ad esempio, applicando questo principio, vengono utilizzati per l'atomo di carbonio sempre gli orbitali $2s$ e $2p$, tutt'al più «mescolati» opportunamente per rendere conto degli angoli di legame sperimentali;

2) il legame covalente fra due atomi si forma solo usando elettroni che non siano già «accoppiati» negli atomi di partenza (principio di Pauli);

3) il legame tende a formarsi fra orbitali atomici che si sovrappongono maggiormente (principio della massima sovrapposizione di Pauling). Questo principio, introdotto da Linus Pauling nel 1931, permette di accoppiare gli elettroni spaiati di un atomo con i corrispondenti elettroni di un altro atomo per ottenere legami singoli e multipli. Gli orbitali derivati dalla sovrapposizione dei singoli orbitali atomici sono *localizzati* fra gli atomi impegnati nel legame;

4) ogni struttura molecolare è descritta da una serie di stati limite, ciascuno corrispondente ad uno dei possibili modi in cui possono essere posizionati gli elettroni di valenza degli atomi costituenti la molecola. Si parla in questo caso di «risonanza» fra strutture limite intendendo che la molecola può accomodare gli elettroni in qualunque modo che sia compreso fra quelli descritti dagli stati limite;

5) gli stati limite devono mantenere la geometria della molecola (cioè le posizioni di equilibrio dei nuclei devono essere mantenute in tutte le strutture limite considerate);

6) in ogni struttura limite deve essere rispettato il bilancio delle cariche e degli elettroni spaiati nella molecola considerata. Quindi, se si descrive una specie radicalica il numero di elettroni spaiati deve essere sempre lo stesso, e se si descrive uno ione od una molecola neutra la carica totale deve essere uguale rispettivamente alla carica dello ione o uguale a zero;

7) stati limite ad energia vicina hanno una probabilità massima di risonare. Infatti, nella funzione d'onda totale stati limite ad energia più alta hanno coefficienti proporzionalmente più piccoli.

In fig. 2 è rappresentato uno schema energetico per un sistema molecolare descritto dal modello VB. L'insieme degli stati limite è descritto dalla funzione somma dei contributi da parte degli stati limite descriventi strutture covalenti e ioniche rispettivamente:

$$Y = Y_{\text{cov}} + c Y_{\text{ion}} \quad (5)$$

a cui corrisponde un'energia E tanto più vicina a quella sperimentale quanto più sarà grande il numero di strutture limite considerato. Il coefficiente c deve ovviamente essere minore di 1 perché si tratta di una molecola e non di un aggregato di ioni.

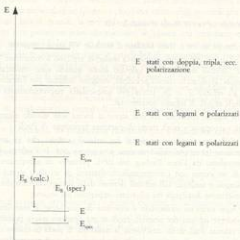


Fig. 2 - Energia di risonanza sperimentale e calcolata per un sistema descritto dal modello VB.

A tal proposito va notato che ogni stato limite deve essere preso in considerazione, purché sia basato su ipotesi chimicamente ragionevoli (e ciò non implica necessariamente un'identificazione della molecola nel tempo con una delle strutture limite proposte).

Il termine $E_0(\text{calc.})$ rappresenta l'energia guadagnata descrivendo il sistema con l'insieme delle strutture limite considerato, rispetto alla descrizione basata sul solo stato covalente. E_0 rappresenta sostanzialmente la stabilizzazione del sistema per effetto della possibilità di risonare fra un numero definito di strutture limite. La quantità $E_0(\text{sper.})$ rappresenta invece l'energia di stabilizzazione della molecola rispetto allo stato limite a più bassa energia.

Se per la molecola sono possibili molti stati limite ad energia bassa e molto prossimi fra di loro, ciò corrisponde alla possibilità per gli elettroni di disporsi in stati ugualmente probabili e l'energia di questo insieme di strutture deve, per il 7° principio, essere sostanzialmente più bassa dell'energia di ciascuna di esse, in quanto solo l'insieme delle strutture limite e non la singola struttura può rappresentare la realtà elettronica di un sistema molecolare.

Aggiungendo anche stati limite a maggiore energia e quindi meno probabili, si descrive la molecola anche nei dettagli minori e ciò porta come conseguenza che l'energia dell'insieme di strutture si avvicini ulteriormente all'energia «vera» della molecola.

In definitiva, si può affermare (e, del resto, è proprio ciò che si fa in pratica) che una scelta opportuna di un certo numero di strutture limite appropriate permette nella maggior parte dei casi una descrizione soddisfacente (in genere con un errore del 10%) della molecola.

3. IL MODELLO LCAO-SCF-MO

3a. Linee generali del modello LCAO-SCF-MO

Contemporaneamente al metodo di Heitler e London, nel 1927 fu sviluppato da Burrau [7] un metodo di calcolo che, applicato alla molecola-ione di idrogeno H_2^+ , permise di risolverne esattamente il moto elettronico. Questo metodo, che oggi è noto come metodo dell'orbitale molecolare (in inglese «molecular orbital», da cui la dicitura «MO» del modello), fu successivamente sviluppato da Hund [8a, 8b], Mulliken [9] e Lennard-Jones [10], i quali, per trattare molecole più complicate, vi introdussero:

a) l'approssimazione LCAO (dall'inglese «Linear Combination of Atomic Orbitals», cioè «somma algebrica di orbitali atomici»), che per descrivere il moto di un elettrone nella molecola fa uso di una funzione monoelettronica del tipo

$$jY(r) = \sum_{i=1}^N c_i Y_i(r) \quad (6)$$

dove N è il numero di orbitali atomici Y_i , considerati (funzioni delle sole coordinate dell'elettrone j -esimo) e c_i sono dei coefficienti da determinare (normalmente si fa uso del metodo variazionale nel formalismo dell'algebra delle matrici). $jY(r)$ è detta orbitale molecolare perché riceve, attraverso i c_i , contributi orbitalici da parte di tutti gli atomi della molecola. In altre parole, gli MO costruiti con l'approssimazione LCAO sono «delocalizzati» ed hanno una forma del tutto diversa dagli AO («Atomic Orbitals», cioè orbitali atomici) che li costituiscono. Comunque va notato che, quando l'elettrone descritto da un dato MO si trova nella regione di un nucleo A della molecola rappresentato nell'MO da un solo AO, si può ragionevolmente supporre (e ciò, secondo Coulson [11], costituirebbe il significato chimico della approssimazione LCAO) che le parti più significative dell'Hamiltoniano H siano proprio quei termini descrittivi l'elettrone nell'atomo A isolato. Di conseguenza dovrà risultare che la soluzione dell'equazione d'onda, cioè l'orbitale molecolare in questione, «assomigli» all'orbitale atomico di A .

b) il metodo SCF (dall'inglese «Self-Consistent Field», ossia «campo di forza autocorrente»), in cui l'espressione dell'energia potenziale è ottenuta considerando ogni elettrone soggetto all'azione dei nuclei e ad un'azione media da parte del resto degli elettroni visti come un insieme e non singolarmente. La funzione totale Y

viene scritta o come prodotto di funzioni monoelettroniche (e allora si parla di «metodo di Hartree» [12]) o come determinante di Slater (e allora si parla di «metodo di Hartree-Fock» [13a, 13b]), cioè

$$Y = P_{i,1N} \psi(r_j) \quad (7)$$

c) L'approssimazione di Born-Oppenheimer [14], che consiste nell'assegnare una successione di stati elettronici ad ogni configurazione geometrica dei nuclei (trattati come *semplici sorgenti fisse* del campo elettrostatico) e costruendo così una superficie di energia potenziale in base alla quale poter calcolare i moti nucleari. In genere si calcolano solo gli stati elettronici standard riferiti alla configurazione di «equilibrio» della molecola studiata, mentre i moti nucleari non vengono considerati o si trattano con un'approssimazione armonica. Inoltre, all'energia elettronica si aggiunge comunque quella di repulsione fra i nuclei.

La trattazione matematica della struttura elettronica molecolare con i metodi del modello LCAO-SCF-MO considera i nuclei fissi nelle loro posizioni di equilibrio e vi «costruisce» intorno gli orbitali molecolari collocando in ciascuno di essi non più di due elettroni (e a spin antiparalleli). Questo viene fatto moltiplicando la funzione $\psi(r_j)$ per le funzioni di spin α e β rispettivamente.

Questo modello, nato dalla fusione del metodo MO con l'approssimazione LCAO, il metodo SCF e l'approssimazione di Born-Oppenheimer, è attualmente il più usato in virtù della sua maggiore semplicità di calcolo rispetto al metodo VB.

3b. I principi su cui si fonda il modello LCAO-SCF-MO

I principi del modello LCAO-SCF-MO sono:

1) una molecola è un sistema assimilabile, almeno dal punto di vista matematico, ad un «atomo polinucleare» avente tanti nuclei quanti sono gli atomi contenuti nella molecola e tanti elettroni quanti ne risultano facendo la somma dei numeri atomici degli atomi suddetti. Non c'è quindi nessun motivo per cui nella trattazione matematica occorra far uso di determinati orbitali e, in particolare, soltanto degli AO dei gusci di valenza degli atomi considerati;

2) ogni j -esimo elettrone di una molecola è rappresentato da una funzione monoelettronica $\psi(r_j)$, detta orbitale molecolare, definita da certi numeri quantici che ne determinano l'energia e la forma. Essendo ogni elettrone libero di disporsi intorno ad uno qualunque dei nuclei della molecola, ciascuna funzione monoelettronica deve contenere le coordinate di tutti i nuclei. Funzioni di questo tipo possono essere ottenute nel modo più semplice come somma delle funzioni d'onda che descrivono sia gli elettroni nei singoli atomi (spinorbitali occupati dei gusci interni e di valenza) sia gli «stati di promozione» (spinorbitali non occupati dei gusci di valenza ed esterni);

3) per ogni funzione monoelettronica vi è un valore definito dell'energia, che indica l'energia necessaria per ionizzare la molecola allontanando l'elettrone in questione. È evidente che l'energia totale della molecola è la somma delle energie

degli MO occupati, corretta per la mutua interazione tra gli elettroni. Per analisi approssimate questa correzione viene spesso trascurata, ma l'omissione non è giustificata perché, nel calcolare l'energia di ogni MO, si tiene conto della repulsione tra l'elettrone interessato e tutti gli altri elettroni. Quindi, sommando le energie dei vari MO, si conta due volte ogni termine di repulsione elettronica. Questi termini sono a volte uguali o anche maggiori dell'energia totale di legame. In Tabella 1 sono riportati, a titolo di esempio, i valori energetici della molecola di H_2 , calcolati alla distanza di equilibrio. Nell'ultima riga della tabella la repulsione elettronica di 17,8 eV deve essere addizionata e non sottratta perché, come è stato detto sopra, questa repulsione è stata contata due volte.

TABELLA 1 - Valori energetici di H_2 calcolati alla distanza di equilibrio.

| | |
|--|---------|
| Energia di ogni singolo orbitale molecolare | 16,2 eV |
| Repulsione elettronica fra orbitali | 17,8 eV |
| Repulsione coulombiana dei nuclei | 19,3 eV |
| Energia di due atomi H | 27,2 eV |
| Energia di dissociazione D calcolata (2·16,2+17,8-19,3-27,2) | 3,6 eV |

4) gli elettroni di una molecola tendono a disporsi negli MO ad energia più bassa (principio di aufbau) e a spin antiparalleli (principio di Pauli). La configurazione elettronica di una molecola viene descritta con la notazione della teoria dei gruppi, che classifica gli MO della molecola secondo le rappresentazioni irriducibili del gruppo di punto (in inglese «point group») della molecola. Così, sapendo che queste rappresentazioni irriducibili possono essere mono, bi e tridimensionali, avremo molecole con coppie o terne di MO aventi la stessa energia (i cosiddetti «sottolivelli p e d »);

5) ogni stato di una molecola è descritto da un'appropriata combinazione lineare di configurazioni elettroniche. Questa descrizione di uno stato molecolare è la cosiddetta «interazione di configurazioni» (CI); ovviamente, solo configurazioni che appartengono alla stessa rappresentazione irriducibile possono, per ragioni di simmetria, essere combinate fra loro. Quindi, nel modello LCAO-SCF-MO la funzione d'onda totale Y_{2a} è scritta come combinazione lineare di configurazioni antisimmetrizzate ottenute dai singoli MO, i quali a loro volta sono combinazioni lineari di AO. Perciò, quando si vogliono prendere in considerazione K configurazioni, la funzione d'onda totale è:

$$Y_{2a} = \sum_{j=0,0,1} A_j Y_j \quad (8)$$

dove i coefficienti A_j dei vari orbitali atomici Y_j sono determinati con il metodo variazionale (cioè, in maniera tale da minimizzare l'energia). Qualunque metodo si usi per determinare gli MO, questi sono in numero N , che è il numero di AO

utilizzati. Nello stato fondamentale, metà di questi N orbitali molecolari contiene gli N elettroni della molecola e dà luogo alla configurazione elettronica descritta dalla funzione Ψ_0 , dove lo 0 sta ad indicare lo stato fondamentale;

6) configurazioni con energia vicina o descriventi stati aventi la stessa eccitazione hanno una probabilità massima di interagire. Infatti, le configurazioni aventi un'energia vicina a quella della configurazione considerata hanno pesi più grandi di quelli corrispondenti alle altre configurazioni. Similmente, stati corrispondenti ad una certa eccitazione verranno descritti meglio da combinazioni lineari di stati eccitati dello stesso tipo.

4. ANALOGIE TEORICHE

Coulson ha dimostrato [15] che i metodi matematici su cui si basano i due modelli diventano equivalenti (e in questo caso si parla di metodo multi-configurazionale, in sigla MC) quando vi si introduce la correlazione elettronica, la quale prende il nome di «risonanza ionico-covalente» nel modello VB e di «interazione di configurazioni» nel modello LCAO-SCF-MO, in quanto solo l'introduzione della correlazione elettronica permette un affinamento tale della funzione d'onda da fornire risultati quantitativi (o al più semiquantitativi) confrontabili con i valori sperimentali dei momenti dipolari, delle densità di spin in EPR, delle costanti di Hammett, delle energie di transizione UV, IR e visibile. Di conseguenza i due metodi devono giocoforza «convergere» ai valori numerici di queste osservabili se vogliono conferire *potere euristico* (cioè predittivo) ai rispettivi modelli.

Possiamo perciò affermare che *due modelli di uno stesso sistema molto complesso che fanno capo ad una stessa teoria* (in questo caso la Meccanica Quantistica) *possono tutt'al più differire dal punto di vista qualitativo (concettuale, si veda lo schema I), ma non da quello quantitativo (numerico) perché il modello che non fornisce risultati confrontabili (o correlabili) con grandezze ricavate sperimentalmente non ha potere euristico e viene immediatamente scartato.*

5. DIFFERENZE TEORICHE

Le differenti concezioni filosofiche che stanno alla base dei due modelli si evincono confrontando il 1° principio del modello VB («gli atomi che compongono una molecola tendono a conservare le loro caratteristiche anche quando sono chimicamente legati») con quello del modello LCAO-SCF-MO («una molecola è assimilabile ad un atomo polinucleare») giacché:

a) il modello VB si rifa' ad una concezione filosofica che può essere definita «ontologico-forte», in quanto postula l'esistenza di *enti* (gli atomi) dotati di *proprietà peculiari* (orbitali del guscio di valenza) che ne permettono la *reciproca interazione* (legame chimico) e la conseguente formazione di un altro ente (la molecola, lo ione o il gruppo funzionale) avente come proprietà peculiari proprio le interazioni (i legami chimici) suddette, che ne determinano in modo *unico* la struttura tridimensionale. Ovviamente questa è una visione riduzionista della realtà fisica,

SCHEMA I: Principi del modello VB e del modello LCAO-SCF-MO.

| MODELLO VB (ORTOLOGICO-FORTE) | MODELLO LCAO-SCF-MO (ORTOLOGICO-DEBOL) |
|--|--|
| 1) Gli atomi che compongono una molecola tendono a conservare le loro caratteristiche anche quando sono chimicamente legati. | 1) Una molecola è un sistema assimilabile ad un atomo poliatomico avente tanti nuclei quanti sono gli atomi contenuti nella molecola e tanti elettroni quanti ne risultano facendo la somma dei numeri atomici degli atomi suddetti. |
| 2) Il legame tra due atomi si forma solo se gli spin degli elettroni sono antiparalleli (principio di Pauli). | 2) Ogni elettrone di una molecola è rappresentato da una funzione monoelettronica, detta orbitale molecolare, definita da certi numeri quantici che ne determinano l'energia e la forma. |
| 3) Il legame tende a formarsi fra orbitali che si sovrappongono maggiormente (principio della massima sovrapposizione). | 3) Per ogni funzione monoelettronica vi è un valore definito dell'energia, che indica l'energia necessaria per ionizzare la molecola allontanando l'elettrone in questione. |
| 4) Ogni struttura molecolare è descritta da una serie di stati limite ciascuno corrispondente ad uno dei possibili modi in cui possono essere posizionati gli elettroni di valenza degli atomi della molecola. | 4) Gli elettroni di una molecola tendono a disporsi negli MO ad energia più bassa (principio di Aufbau) e a spin antiparalleli (principio di Pauli). |
| 5) Gli stati limite devono mantenere la geometria della molecola. | 5) Ogni stato di una molecola è descritto da un'appropriata combinazione lineare di configurazioni elettroniche. |
| 6) In ogni struttura limite deve essere rispettato il bilancio delle cariche e degli elettroni spaiati nella molecola considerata. | 6) Configurazioni ad energia vicina o descrittivi stati aventi la stessa eccitazione hanno una probabilità massima di interagire. |

dato che il discorso è applicabile sia agli atomi che ai quark, così come alle molecole, le quali con le loro interazioni (legame dipolo-dipolo, di Van der Waals e coordinativo) portano alla formazione di enti macroscopici (le cosiddette «sostanze chimiche»):

b) il modello LCAO-SCF-MO riflette un pensiero definibile come «ontologico-debole» perché, pur assurgendo le molecole ad oggetto della propria indagine del mondo, le considera soltanto dei concetti di comodo nel formalismo matematico del noto «problema a molti corpi», invece che enti fisici dotati di struttura propria. Questa visione è dunque in pieno accordo con quella di Dirac che, com'è noto, nel 1929 ha definito la Chimica «un problema di matematica applicata» [16]. Quindi non ha più un significato particolare in questo modello che la funzione d'onda elettronica venga espressa come combinazione lineare degli opportuni AO di valenza, anzi si è preferito subito utilizzare altre funzioni di base per accelerare i tempi di calcolo.

Inoltre, mentre il modello VB attinge a piene mani concetti e simbolismi dalla teoria della Valenza Orientata di Lewis [17] (lo stesso concetto di risonanza non viene introdotto solo per affinare i calcoli, ma anche per rendere conto dell'esistenza degli intermedi di reazione), il modello LCAO-SCF-MO non fa uso che dei principi della Meccanica Quantistica e, nonostante i molti tentativi fatti di introdurvi il concetto di legame mediante metodi di localizzazione degli MO [18], resta concettualmente legato dal «corpus teorico» della Chimica Classica.

6. CONCLUSIONI

Il modello VB, nonostante presenti grosse difficoltà di calcolo nelle sue applicazioni, è quello che meglio risponde alla necessità epistemologica di sussumere in forma di veri e propri principi i concetti della chimica (come la valenza, il legame chimico, gli intermedi di reazione ed il meccanismo di reazione) all'interno dell'apparato fisico-matematico della teoria dei quanti.

Infatti, grazie alla visione del mondo microscopico molecolare che si trova alla base dei principi VB, è possibile perseguire non tanto ciò che l'epistemologo Mario Bunge [19] ha chiamato il «fine autonomista» della Chimica, quanto l'obiettivo di far sì che il pensiero chimico, inteso come approccio prevalentemente ontologico allo studio della natura (cioè come individuazione degli enti responsabili del fenomeno considerato), venga accettato come struttura concettuale complementare alla visione quantomeccanicista, in accordo con quanto proposto nel 1952 da von Weizsäcker [20] e, in tempi più recenti, da chi scrive [21-24].

Si può pertanto concludere che, se è vero quanto affermato da Heisenberg [25] secondo il quale la nascita del sistema chiuso di concetti proprio della Meccanica Quantistica è da attribuirsi all'introduzione del concetto chimico di atomo nel formalismo matematico dell'elettrodinamica, è altrettanto vero e necessario prendere seriamente in considerazione la possibilità di introdurre il concetto chimico di molecola (nel senso esposto prima, cioè come gruppo di atomi dotato di una stereochimica peculiare che lo identifica anche all'interno di un composto avente una strut-

tura molecolare di dimensioni maggiori, come una macromolecola o un composto di coordinazione) nel formalismo matematico della Meccanica Quantistica, creando così un sistema chiuso di concetti che comprenda al suo interno sia la teoria della Valenza Orientata di Lewis sia la teoria quantistica dei sistemi molecolari.

Ringraziamenti - È usanza consolidata di porgere i propri «grazie» al termine della fatica scritta o orale, mentre sarebbe sicuramente più giusto ed opportuno farlo all'inizio, così che chi legge (o ascolta) sappia quanto è importante ricevere consigli ed aiuto dalle persone con cui si interagisce ogni giorno.

In questo caso tali persone rispondono al nome di Signora Francesca Viglia (Dipartimento di Ingegneria Meccanica dell'Università di Padova) a cui va un grazie di cuore per il paziente aiuto nell'impaginazione computerizzata del testo, e di Antonio Licciulli (CNISM di Brindisi), per gli utili consigli nella preparazione dell'esposizione orale. Un grazie anche a tutto il personale della Sezione Materiali del Dipartimento suddetto ed ai colleghi dell'ISIRIM di Terni, che vi lavorano.

BIBLIOGRAFIA

- [1] T.S. Kuhn, *La struttura delle rivoluzioni scientifiche*, Einaudi, Torino (1970).
- [2] C. TREMPER, «*Giornale Chimica Acta*», 57 (6), 1231 (1984).
- [3] W. HEITLER and F. LONDON, «*Z. Physik*», 44, 455 (1927).
- [4] J.C. SLATER, «*Phys. Rev.*», 37, 481 (1931).
- [5] L. PAULING, «*Phys. Rev.*», 37, 1183 (1931).
- [6] G. RUSNER, «*Nachr. Akad. Wiss. Goettingen, Math. Physik Kl.*», 357 (1932).
- [7] O. BORN, «*Kgl. Danske Videnskab. Selskab, Mat.-Fys. Medd.*», 7, 14 (1927).
- [8a] F. HUND, «*Z. Physik*», 40, 742 (1927).
- [8b] *Idem*, 42, 95 (1927).
- [9] R.S. MILLERIN, «*Phys. Rev.*», 32, 186 (1928).
- [10] J.E. LENNARD-JONES, «*Trans. Farad. Soc.*», 23, 668 (1929).
- [11] C.A. COULSON, *Le Valenze*, pag.73-76, Zanichelli, Bologna (1955).
- [12] D.R. HARTREY, «*Proc. Cambridge Phil. Soc.*», 24, 89, (1928).
- [13a] V. FOCK, «*Z. Physik*», 61, 126 (1930).
- [13b] *Idem*, 62, 795 (1930).
- [14] M. BORN and J.R. OPPENHEIMER, «*Ann. Phys.*», 84, 457 (1927).
- [15] C.A. COULSON, «*Proc. Cambridge Phil. Soc.*», 34, 204 (1938).
- [16] P.A.M. DIRAC, «*Proc. Royal Soc. London*», A123, 713 (1929).
- [17] G.N. LEWIS, «*J. Am. Soc.*», 38, 4, 762 (1916).
- [18] Ph. MILIE, B. LEVY and G. BERTHOUD, *Localization and delocalization in Quantum Chemistry*, Vol. 1 and 2, Eds. O. Chabot et al., Reidel Dordrecht-Holland (1975).
- [19] M. BUNGE, «*Zeit. Allgem. Wiss.*», XII/2 (1982).
- [20] C.F. VON WEIZSACKER, *The world view of physics*, University of Chicago Press (1952).
- [21] G. DEL RE, P. SEVERINO, G. VILLANI, *On the specificity of chemical explanation*, Atti del Convegno della Società Italiana di Logica e Filosofia della Scienza (SILFS), San Gimignano 7-11 Dicembre 1983.
- [22] G. DEL RE, P. SEVERINO, G. VILLANI, *Modelli di spiegazione scientifica e specificità della chimica*, Quaderni della Cooperativa Laboratorio Anno 1984, Ed. Cooperativa Laboratorio, Stracore (1985).
- [23] G. DEL RE, P. SEVERINO, *Meccanismi di reazione e spiegazione chimica*, 1° Congresso di Scienza della Chimica, Torino 2-4 Febbraio 1985.
- [24] P. SEVERINO, *Calcoli quantistici ab-initio e concetti elementari della Teoria della Valenza*, Tesi di Laurea in Chimica, Università di Napoli 21 Marzo 1986.
- [25] W. HEISENBERG, *Fisica e Filosofia*, p. 121, Ed. Il Saggiatore, Milano (1961).

ANTONINO DRAGO (*)

La riqualificazione della termodinamica a partire dalla teoria chimica (**)

The qualification of thermodynamics by chemical theory.

Summary - Chemistry is commonly considered a "non-mature" theory because it makes use of a naive mathematics and moreover because quantum mechanics would reduce it to be a particular case of its theory. In previous works I supported the opposite thesis because chemistry started a new relationship between science and mathematics in order to confine the latter one to be strictly constructive; and moreover because chemistry offered a new way for organizing a theory — no more by means of principles-axioms — but by stating a crucial problem. One may list several historical cases in which chemical theory addressed scientific research both in physics and mathematics. In particular it is examined a very relevant case, the third law of thermodynamics.

Although today such a law is included in physics, it has been discovered by a chemical-minded physicist, Nernst, by means of chemical experiences. Then, physicists were not able to agree on its meaning; there exist a lot of versions of it, till to the negation of its validity. Really, its content — the limit-point ($S=0$) does not belong to the series approaching it — can be captured neither by classical rigorous mathematics nor by non-standard analysis. Instead it is captured by constructive mathematics only, which rejects actual infinity, as classical theoretical chemistry does.

As a consequence, the very meaning of the third law is the choice of the kind of mathematics. As a methodological principle it ought to be placed as the first one. When one re-orders thermodynamics in such a way, many interesting changes result. In particular the definition of reversible process is derived without any ambiguity, and moreover the theory approaches to the original formulation of S. Carnot.

1. La storia della chimica riassunta con le due opzioni fondamentali

Usualmente si considera la chimica una teoria «non matura», perché la sua matematica è semplice e perché la meccanica quantistica l'avrebbe inglobata come caso particolare. In precedenti comunicazioni¹ ho sostenuto la tesi opposta, in quanto la chimica ha proposto un nuovo rapporto con la matematica, tale da

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

(**) Relazione presentata al IV Convegno Nazionale di «Storia e Fondamenti della Chimica» (Venezia, 7-9 novembre 1991).

¹ A. DRAGO, *Aspetti del rapporto chimica-matematica*, in P. Antonietti e L. Cerutti (eds.), *Atti*

mantenersi strettamente operativa; inoltre ha proposto una nuova maniera di organizzare una teoria, non per principi ma mediante un problema cruciale.

Questa caratterizzazione della chimica è molto significativa anche per illustrare la sua evoluzione storica. Infatti possiamo registrare la data dell'introduzione nella teoria chimica delle varie scelte fondamentali, avvenuta ogni volta per mezzo di una particolare nuova teoria. Otteniamo così la tabella seguente:

Evoluzione delle scelte fondamentali nella chimica (storia effettiva della chimica)

| | Newton 1687 | Lavoisier 1789 | chimica fisica 1878 | chimica quantitativa 1925 |
|----------------------|----------------|----------------------|------------------------|------------------------------|
| Scelte fondamentali | IA OA | IP OP | IA? OA IP? OP | IA OA |
| Teoria surrogatoria | Meccanica | — | Termodinamica | Meccanica Quantistica |
| Concetti surrogatori | Forza Atomo | Principi Elementi | Entropia Energia | Ampiezza di probabilità |

Legenda: IA = infinito in atto, IP = infinito potenziale, OA = organizzazione aristotelica, OP = organizzazione problematica, ? = incertezza.

La tabella manifesta visivamente che la chimica è iniziata, con Newton, non solo secondo idee errate (forza gravitazionale come causa della affinità chimica), ma anche secondo scelte fondamentali completamente opposte a quelle della effettiva nascita, avvenuta con Lavoisier, Dalton e Proust; scelte che sono state mantenute, lungo un secolo, fino al completamento di tutto il suo quadro teorico, mediante la tabella di Mendelejeff. Si noti che il contrasto deve essere pensato in tutta la sua durezza, per essere le due scelte newtoniane un modello di teoria scientifica (MTS) dominante (cioè un paradigma), al punto da aver monopolizzato tutta la teoria scientifica del tempo (in quanto includeva ogni altra teoria come suo caso particolare).

Il periodo 1789-1878 ha rappresentato anche il periodo di massimo distacco tra fisica e chimica. Alla sua fine la chimica si è trovata ricollegata alla fisica (oltre che per concetti, tecniche e problemi comuni) attraverso quella teoria fisica, la termodinamica, le cui scelte fondamentali originarie (IP e OP) erano consone a quelle della chimica; mentre quelle della sua versione finale (IP e OA) sono

I Coni Naz. Storia Chimica, Torino, 1985, 200-210; A. DRAGO, *La chimica classica come esempio di teoria organizzata su un problema centrale*, in F. Calosciotta e E. Tortorella (eds.), *Atti II Congr. Naz. Storia e Fond. della Chimica*, Acc. Naz. Sc., XL, V, 12, Roma, 1987, 315-326.

comunque diverse da quelle newtoniane. Tutto il periodo dunque rappresenta un grande contrasto culturale con la teoria fisica dominante.

In un mio precedente lavoro² ho notato la intrinseca ambiguità della successiva chimica-fisica, non solo nella sua definizione e campo di ricerca, ma anche nelle sue scelte fondamentali (ad es. le sue equazioni differenziali, interpretabili come appartenenti sia alla matematica costruttiva (IP) che alla matematica «rigorosa» (IA)). Dopo alcune decadi, la meccanica quantistica ha preteso di aver incluso tutta la chimica nel suo schema teorico; con ciò è sembrato finito del tutto il periodo di indipendenza (o alternativa) della chimica dalla fisica dominante.

Se questa è stata la storia effettiva, la coscienza soggettiva dei chimici è evoluta secondo i contenuti delle due righe in basso. Ambedue registrano ciò che i chimici hanno riconosciuto come fondamenti della chimica; ignorando le scelte fondamentali, essi le hanno surrogate o pensando una teoria come basilare, o pensando un concetto come fondamentale per tutta la teoria chimica.

Si nota che per un ampio periodo (1789-1878) i chimici hanno fatto a meno di porre una teoria a fondamento della loro scienza. Forse questo è un segno di primordialità regressiva, rispetto al precedente periodo di sudditanza dalla meccanica newtoniana; ma sicuramente è anche un segno di autonomia e di indipendenza culturale; si ricordi ad es. che per Lavoisier era fondamentale non tanto una teoria scientifica ma una «lingua ben fatta», secondo l'insegnamento di Condillac.³

L'ultima riga indica come i chimici hanno pensato i fondamenti della loro scienza riducendoli ad un solo concetto basilare. Si noti la grande differenza tra i concetti che si sono succeduti: dalla forza-causa newtoniana di natura metafisica, agli indivisibili della materia bruta, alla difficile conquista del concetto di molecola che doveva essere distinto da quello di atomo, al concetto di energia (Ostwald) totalmente immateriale e staccato da una concezione atomica (mentre in realtà il concetto base era più propriamente quello dell'entropia; un concetto poco considerato dai fisici). Per finire poi, senza nessuna continuità, nel concetto di ampiezza di probabilità, totalmente estraneo alla esperienza chimica. Qui si nota la grande sofferenza intellettuale dei chimici che hanno attraversato questi cambiamenti drastici, come pure la trasfigurazione che ha subito la intuizione chimica.

2. La rivendicazione del ruolo culturale della chimica rispetto alla fisica

Purtroppo la disciplina della storia della chimica si è sviluppata soprattutto alla fine del secolo scorso (Ostwald) e nel nostro secolo, cioè quando già l'autonomia della chimica era stata largamente perduta. Nulla di strano allora che il senno di poi abbia oscurato le novità fondamentali della chimica classica, novità che erano diverse da quelle della teoria fisica in generale.

² A. DRAGO, *Le scelte fondamentali della chimica-fisica*, in F. Abbri, F. Crispini (eds.), *Atti III Conv. Naz. Storia Fondamenti Chimica*, Brenner, Cosenza, 1991, 291-298.

³ Le opere di Lavoisier lo dichiarano più volte. Sul legame Condillac-Lavoisier si veda W.R. ALBURY, *The Order of Ideas*, in J.A. Schuster and R.R. Yeo (eds.), *The Politics and Rhetoric of Scientific Method*, Reidel, 1986, 203-225.

Credo, assieme a vari altri, che sia giunto il tempo di rivendicare una specificità della chimica nella storia della scienza: fino al punto di ribaltare il rapporto di subordinazione culturale che gli storici le assegnano rispetto alla fisica. Un programma di questo genere non è affatto nuovo in chimica. Anzi fu proprio il programma con cui nacque la chimica di Lavoisier.

A pochi è noto che la «rivoluzione scientifica» (sic) realizzata da Lavoisier era stata preannunciata da decenni e attraverso un'opera che ha avuto così tanta influenza culturale da essere una concausa principale della rivoluzione politica francese. Venel ha scritto delle pagine che, pur antiche di due secoli e mezzo, meritano di essere ripetute, perché sono attuali ancor oggi.

«[...] I chimici, tra altre false apparenze, sono ritenuti semplici manovali, o tutt'al più sperimentatori; e [...] non si suppone neppure che esista o possa esistere una chimica veramente filosofica, una chimica ragionata, profonda, trascendente; [...] essi non sono curiosi dell'infinito né dei romanzi fisici [mentre invece la chimica] penetra fino nell'intimo di certi corpi, dei quali la fisica conosce appena la superficie e la forma estrinseca [...] Nella maggior parte delle questioni designate dalle parole «risale fino alle origini prime», la fisica non ha fatto altro, finora, che confondere nozioni astratte con verità di fatto, e di conseguenza ha frainteso la natura [...]. I chimici ribelli oseranno anche pretendere che la chimica ha in se stessa di che rispondere, in modo assai più soddisfacente, a tutti i quesiti di questo genere, benché si debba riconoscere che non l'ha fatto in maniera abbastanza chiara, e che ha rinunciato ad esibire tutti i suoi vantaggi [...]. È chiaro che la rivoluzione capace di porre la chimica al posto che le compete, che la ponesse almeno a fianco della fisica matematica; che tale rivoluzione, dico, non può essere opera che di un chimico capace, entusiasta, ardito, [...] nuovo Paracelso [che] si faccia coraggiosamente innanzi a dire che "tutti gli errori che hanno sfigurato la fisica sono scaturiti da un'unica fonte, cioè dal fatto che gli ignari di chimica si sono vantati di filosofare e di render ragione delle cose naturali, che soltanto la chimica, unico fondamento di tutta la fisica, avrebbe potuto spiegare, ecc."»⁴

3. La riqualificazione che la chimica ha originato nella scienza.

Si possono indicare molti casi in cui la teoria chimica, nonostante il perdurante dominio culturale della meccanica newtoniana, ha indirizzato la ricerca scientifica, giunto quell'obiettivo del «programma giacobino» di rifondare tutta la scienza sulla chimica, invece che l'analisi.

Non starò a ricordare la biologia, che dalla chimica ha ricevuto la prima fondazione scientifica mediante la chimica organica. E nemmeno la medicina, che con la chimica è diventata una scienza basata su dei processi sperimentali. Troppo grande e troppo chiara è stata l'importanza culturale della chimica in questi casi per riassumerla qui. Anche perché (secondo un diffuso pregiudizio) anche quelle scienze, biologia e medicina, potrebbero essere considerate come poco indicative, perché immature, cioè non ancora matematizzate.

⁴ G.E. VENEL, *Chémie*, in D. Diderot e J. Le Rond d'Alembert (eds.): «Encyclopédie Française», 17, 51-80 (trad. it., Laterza 1968, 290-293).

Allora consideriamo quanto la chimica ha influito su fisica e su matematica, le scienze «mature». Citerò i casi di mia conoscenza, ma credo che ce ne siano altri:

1) Nel 1797 l'italiano Mascheroni concepì una rivoluzione stupefacente nella millenaria geometria euclidea, cioè nella scienza che era l'espressione stessa della Verità. I suoi strumenti base, quelli che sono capaci di ricavare ogni concetto geometrico (mediante il disegno) e ogni teorema (mediante le costruzioni con riga e compasso), in realtà potevano essere scomposti ed isolati (solo compasso, da cui il titolo dell'opera), giusto così come aveva fatto Lavoisier con l'Elemento che da millenni si riteneva primordiale, l'acqua. È nella prefazione che Mascheroni dichiarò di aver ricevuto la ispirazione dalla chimica.⁷ La novità fu così grande che Mascheroni fu chiamato a Parigi per illustrarla. Da qui iniziò la crisi della geometria euclidea, cioè dalla perdita di aderenza con quella realtà operativa che da millenni era stata considerata il fondamento, anche metafisico, assolutamente certo.⁸

2) Nel 1797 Lazare Carnot pubblicò un libro famosissimo, tradotto in quasi tutte le principali lingue, compreso il russo e l'inglese, la lingua che allora era dei nemici per eccellenza delle rivoluzioni scientifiche.⁹ Il problema cruciale di quel tempo era di comprendere gli infinitesimi (numeri diversi da zero ma nello stesso tempo diversi da ogni numero conosciuto) perché erano pensati in maniera metafisica, Carnot ricondusse l'analisi a un calcolo operativo perché concepì gli infinitesimi allo stesso modo con cui i chimici concepivano gli indivisibili della materia: variabili ausiliarie della teoria su cui operare efficacemente.¹⁰ Che il legame sia sostanzioso viene provato dalla volontà di Carnot di fondare l'analisi su una lingua ben fatta, proprio come Lavoisier; il motto all'inizio del suo primo manoscritto lo dichiara apertamente.¹¹

3) Lo stesso Lazare Carnot rifondò tutta la geometria con un metodo originale. Esso era basato sulla compilazione di una tavola delle correlazioni tra gli elementi di una figura e quelli di tutte le figure ottenute dalla originale mediante spostamenti infinitesimi.¹² Qui la tavola di Lavoisier appare un chiaro precedente; anche perché in generale il metodo delle tavole è legato alla tradizione chimica.¹³

⁷ L. MASCHERONI, *Geometria del compasso*, Padova, 1797.

⁸ SEIDENBERG, *The Ritual Origin of Geometry*, «Arch. Hist. Ex. Sci.», 1 (1962) 488-527.

⁹ L. CARNOT, *Riflessioni sui la métaphysique du calcul infinitesimal*, Daprat, 1797. Per le varie traduzioni ed edizioni v. C.C. GILLINPE, *Lazare Carnot Savant*, Princeton U.P., 1971, p. 348.

¹⁰ A. DRAGO, *Verso la conoscenza dei fondamenti della matematica: l'analisi infinitesimale di Lazare Carnot*, in L. Magnani (ed.), *Conoscenza e matematica*, Marzoni y Marzoni, Milano, 1991, 427-442, 441, nota 36.

¹¹ *Ibidem*, nota 35: «Solo colui che sa evitare l'abuso delle parole può giudicare sanamente le cose». Si noti in più che nella prima edizione, in nota a pag. 18, Carnot cita proprio il problema della divisibilità della materia in atomi, sia pure per distinguere il suo lavoro da questo tipo di questioni.

¹² L. CARNOT, *Géométrie de position*, Daprat 1803. Si vedano anche S. CLEGG e A. DRAGO, *Conoscenza ponendo un problema: evidenza di una filiazione scientifica di Lobachevski da L. Carnot*, in L. Magnani op. cit. e L. BORANIS e A. DRAGO, *La realizzazione del metodo sintetico in L. Carnot* (inviato a Epistemologia).

¹³ F. D'AGOSTINI, *Il linguaggio della chimica*, Theoria, Napoli 1988. Si ricordi che le fortune della tabella di Mendeleev sono legate in gran parte all'idea proziana di un'unica forma elemen-

4) Troppo lungo sarebbe discutere della interazione mutua tra chimica e fisica a proposito delle leggi dei gas. Basteranno alcune note. Oggi non si ricorda che fino al 1820 circa era dominante la schematizzazione di Newton della materia come composta da atomi perfettamente duri; cioè, non solo rigidi staticamente ma anche indeformabili ad un urto comunque violento. È chiaro che con questo tipo di corpo ideale i gas erano quanto di meno rigoroso ed interessante potesse studiare un fisico. Per questo i fenomeni dei gas erano stati lasciati ai chimici come argomento di second'ordine. Si aggiunga inoltre che i fisici che comunque se ne occuparono (v. ad es. Laplace, Poisson) concepivano, sempre per seguire Newton, le molecole collegate tra loro da forze (magari variabili in funzioni del raggio); il che costituiva un presupposto di tipo metafisico sulla realtà. Infine le molecole erano concepite come ferme, solo verso la metà del secolo prevalse l'idea di molecole elastiche, urtanti tra loro e con le pareti del contenitore.¹² In definitiva si può ben dire che la teoria dei gas, iniziata tanto tempo prima con il chimico Boyle e il biologo Mariotte, è stata ritardata e deviata dai pregiudizi dei fisici, giusto l'accusa di Venedi ai fisici di non capire la realtà. (Chi ha dato per primo la equazione di stato è stato un fisico, S. Carnot,¹³ molto vicino alla chimica sia per le amicizie scientifiche (Clément e Désormes), sia per aver cambiato all'ultimo momento nel titolo del suo libro la parola «chaleur» con «feu», tipica dei chimici).¹⁴

5) La teoria dei fenomeni termici era comune a fisici e chimici. Lavoisier e Laplace, lavorarono assieme.¹⁵ Un fisico che ebbe grandi successi matematici in questo campo, Fourier, nella prefazione del suo libro concludeva quindici anni di studi dichiarando che i fenomeni termici erano irriducibili alla meccanica, cioè alla teoria che in quel tempo monopolizzava tutta la fisica.¹⁶ S. Carnot, che poi ne produsse gran parte, non aveva ben chiari i confini tra chimica e fisica; quando infatti cerca di calcolare nella pratica il rendimento di una macchina termica, egli include il processo di combustione nel ciclo.¹⁷ Di fatto la distinzione avvenne solo quando si chiari la termodinamica come teoria (ca. 1851) e la sperimentazione sui gas fu capace di distinguere i gas reali dai gas ideali (ca. 1858). La termodinamica in effetti nacque come teoria quando si rinunciò definitivamente all'atteggiamento dei fisici dominanti (descrizione delle traiettorie, punto di vista analitico, equazioni differenziali) e si seguì l'atteggiamento dei chimici (descrizione dei processi, punto di vista globalistico sul fenomeno, matematica elementare). Il che costituì un contributo concettuale enorme della chimica alla fisica teorica.

sare di materia, della quale la serie degli elementi era il risultato della successiva accumulazione di materia (v. ad es. F. Calosciotta, questo volume).

¹² Si veda ad es. W.L. SCOTT, *The Conflict between Atomism and Conservation Laws, 1644-1860*, Elsevier, 1970.

¹³ A. DESORMES, O. VITTELLO, *S. Carnot e le leggi dei gas*, in E. Bevilacqua (ed.), *Atti VIII Cong. Naz. Sc. Fisica*, Padova, 1986, 167-173.

¹⁴ S. CARNOT, *Reflexions sur la puissance motrice du feu*, Bachelier, 1824 (ed. critica a cura di R. Fox, Vind, 1978, v. nota al testo originale del titolo). Sui rapporti tra S. Carnot e la chimica si veda P. LEVIG, *Saint Carnot and the Steam Engine*, «Brit. J. Phil. Sci.», 28 (1983) 147-196.

¹⁵ A.L. LAVOISIER, P.S. LAPLACE, *Mémoire sur la chaleur*, Paris, 1780.

¹⁶ C. FOURIER, *Théorie analytique de la chaleur*, Paris, 1822, Discorso preliminare.

¹⁷ S. CARNOT, *op. cit.*, 114 ss.

6) La chimica, attraverso la cristallografia, ha anticipato l'uso del metodo della simmetria sia rispetto alla matematica (Galois, 1834) che alla fisica (Jacobi, 1873).¹⁸ La stessa chimica organica nacque (1865) sull'idea di simmetria.¹⁹ Questo concetto è oggi alla base delle teorie fisiche più avanzate (supersimmetrie) e viene proposto come base per un metodo che è visto come alternativo a quello dinamico newtoniano.²⁰

7) Come dice il più autorevole studioso di Faraday, Percy Williams, «Faraday fu un chimico e [...] non applicò la sua teoria del campo all'elettrochimica»; ma, all'inverso, fu la sua scoperta dell'inefficacia dell'azione a distanza in elettrochimica a farlo decidere per le sue linee di forza elettrostatiche.²¹

8) È ben noto che la descrizione degli elementi data dalla chimica, e in particolare dalla tabella di Mendelejeff (1868), è stata confermata in ogni punto dall'avvento successivo delle tecniche fisiche di indagine sulle molecole e sugli atomi; questo è un chiaro segno che la chimica aveva una vera padronanza teorica di quel campo di fenomeni. Inoltre bisognerebbe ricordare anche la radiochimica, nata in chimica e poi inglobata dalla fisica.

9) La nascita della chimica-fisica (1878) ha offerto alla giovane teoria termodinamica la possibilità di affermarsi come potente alternativa teorica alla teoria meccanica tradizionale. E su quella base che molti fisici hanno potuto contrastare la falsa egemonia del meccanicismo e così anticipare la sua crisi del 1900.

10) Per un secolo la teoria chimica è stata il migliore esempio di teoria basata non su affermazioni di principio ma su un problema (quali sono gli indivisibili della materia?). Questo modo di organizzare una teoria era alternativo alla tradizione millenaria, iniziata da Euclide e da Aristotele, di organizzare una teoria deduttivamente da principi astratti.²² Assieme a e dopo la chimica, anche le geometrie di Monge e di L. Carnot, le analisi di Lagrange e di L. Carnot, le meccaniche di L. Carnot e di Lagrange, la termodinamica di S. Carnot sono state formulate in questo modo alternativo.²³

11) La chimica è stata la teoria esemplare per aver utilizzato poco più della matematica delle quattro operazioni. Anche la termodinamica, poi dopo, è nata senza equazioni differenziali con S. Carnot (1824), e così è stata formulata definitivamente (1851) da Clausius e da Kelvin (i quali purtroppo cambiarono la iniziale organizzazione, basata su un problema, in una organizzazione deduttiva da principi astratti). Solo nel 1909 Carathéodory è riuscito a riformulare la termodinamica in

¹⁸ F.M. JAEGER, *Lectures on the Principle of Symmetry*, Elsevier 1917.

¹⁹ A. KÉCULE, *Sur la constitution des substances aromatiques*, «Bull. Soc. chim.», Paris, 1865.

²⁰ A.O. BARUT, *Geometry and Physics*, Bibliopolis, Naples, 1989, app. B, 49-72.

²¹ P. WILLIAMS, *Should Philosophers be allowed to write History?* «Brit. J. Phil. Sci.», 26 1 (1975) 241-251, p. 251.

²² A. DRAGO, *La chimica...*, op. cit.

²³ Le ripercussioni della critica spietata di Lavoisier contro la maniera «razionale» di organizzare una teoria scientifica si manifestano anche tra i fisici con L. Carnot, il quale alla fine della sua prima opera di meccanica (*Essai sur les machines en général*, Delaf, Dijon, 1782) e all'inizio della seconda (*Principes généraux de l'équilibre et du mouvement*, Craplet, 1803) distingue nettamente due maniere di organizzare una teoria, delle quali la seconda è detta «sperimentale».

modo simile alla meccanica; sia introducendo le equazioni differenziali, sia organizzandola deduttivamente da alcuni principi astratti; anzi la sua formulazione è stata la prima assiomatica della teoria fisica.²⁴ I fisici hanno a lungo considerato questa formulazione come il definitivo superamento della «immatura» (o «ingegneristica» o «fenomenologica») termodinamica ottocentesca.²⁵ In realtà oggi questo atteggiamento non è più sostenibile.²⁶ Piuttosto deve essere considerata una efficace risposta a questo tentativo, la nuova formulazione del chimico Broensted, che è ripartito da un concetto cruciale originario di S. Carnot (poi sottolineato da Ostwald, ma senza essere ascoltato dai fisici) — e con ciò Broensted ha messo in luce una struttura concettuale di S. Carnot che i fisici successivi avevano oscurato. La matematica dei suoi fondamenti è di nuovo quella elementare. Concludiamo da tutto questo che aveva ragione Venel a dire che i chimici fanno bene a «non essere dei curiosi dell'infinito».

12) La teoria fisica è nata e si è sviluppata basandosi sul concetto di spazio (e di tempo) anche per potersi ricollegare (attraverso la geometria analitica) alla millenaria esperienza scientifica della geometria. In realtà la geometria dà una «transituizione» della realtà, facendoci includere l'infinito in atto nei nostri concetti.²⁷ Tra le varie teorie che hanno rifiutato la geometria (ad es.: chimica, meccanica di Lagrange, termodinamica, teoria della computabilità, teoria dell'informazione, matrice S, ecc.) la chimica è stata la prima a farlo, attraverso la rivoluzione di Lavoisier. (La stessa cosa si può dire per il concetto di tempo). In questo aveva ragione Venel ad aggiungere che i chimici «non sono curiosi [...] dei romani fisici».

13) Nel 1980 un logico matematico ha dimostrato che ogni teoria scientifica può essere riformulata senza matematica.²⁸ Sotto questa luce la «rivoluzione» di Lavoisier, compiuta senza matematica, assume una grande rilevanza e nel passato appare la migliore approssimazione di questa possibilità. Oggi Venel avrebbe altri motivi per indicare in Lavoisier il novello Paracelso.

4. Un caso particolarmente importante: il terzo principio della termodinamica.

Abbiamo visto che anche la scienza altamente matematizzata ha dovuto imparare dalla chimica; la quale ha fornito apporti non laterali, ma fondazionali tra i più importanti.

²⁴ Per una esposizione (chiosa si veda I.N. SARDON, *Elements of Partial Differential Equations*, McGraw-Hill, 1957, 1-42. Per la storia si può vedere A. DRAGO e O. VITIELLO, *Storia dell'introduzione della matematica costruttiva nella termodinamica classica*, in M. Galuzzi (ed.): *Giornate di storia della matematica*, Editel, Cosenza 1991, 77-105.

²⁵ P.E. LANDAUER, *Born's Centenary*, «Am. J. Phys.», 51 (1983), 842-845.

²⁶ A. DRAGO e O. VITIELLO, *The cycle method vs. the analytical method in thermodynamics*, in A. DIAZ, J. Echeverría, A. Barra (eds.): *Structures in Mathematical Theories*, S. Sebastian, 1990, 349-356.

²⁷ L. BRUNSCHVIG, *Les étapes de la philosophie mathématique*, Gaubier-Villars, 1913, 326; A. DRAGO, *How the mathematical concept of infinity matters to theoretical physics?*, in A. DIAZ, J. Echeverría, A. Barra (eds.): *op. cit.*, 141-146.

²⁸ H.H. FIELD, *Science Without Numbers*, Princeton U. P., 1980.

A riprova di ciò esaminerò un ultimo caso, ma particolarmente significativo, sia perché è una parte importante di una teoria fisica, sia perché racchiude in sé tutta la problematica dei fondamenti di una teoria scientifica: il terzo principio della termodinamica.

Iniziamo notando che quel principio fu suggerito dallo studio di fenomeni chimici e da uno scienziato che lavorò sia in chimica che in termodinamica, Nernst. In seguito invece il principio è diventato una affermazione della sola teoria fisica, mentre il suo uso in chimica è visto come un'applicazione. In questo senso esso è un caso esemplare di interazione-separazione tra storia della chimica e storia della fisica. A causa di ciò, nonostante sia nato diverse decadi fa, la sua storia è ancora tutta da fare, a parere di uno dei massimi storici.¹⁰

Inoltre notiamo che tuttora questo principio ha diverse versioni, fino alla negazione del suo status di principio. Truesdell infatti non lo include mai nei suoi testi sulla termodinamica.¹¹ Da parte loro, Fowler e Steen hanno scritto: «Perciò raggiungiamo la cruda conclusione che il teorema del calore di Nernst applicato rigorosamente può essere vero o no, ma è sempre irrilevante ed inutile».¹²

Tra le varie versioni ricordiamo le seguenti:

«L'entropia di un materiale condensato, chimicamente omogeneo, è nulla allo zero della temperatura assoluta».¹³

« $\Delta S = 0$ per reazioni di fase solida e a $T = 0$ ».¹⁴

«It is impossible to reach $T = 0$ by a finite number of processes».¹⁵

«By no finite processes is the absolute zero attainable».¹⁶

«As the temperature tends to zero, the magnitude of the entropy change in any reversible process tends to zero».¹⁷

Quella che si ripete di più è l'ultima « $\lim_{T \rightarrow 0} S = 0$ »¹⁸ piuttosto che la prima delle precedenti affermazioni, $S(T = 0) = 0$; perché quest'ultima è chiaramente un nonsenso dal punto di vista operativo: $S = 0$ può essere solo approssimato, ma mai raggiunto.

Però quest'idea non è traducibile nella matematica che si insegna all'università. Infatti questa matematica «rigorosa» è stata rifondata da Cauchy, Dedekind e Weierstrass (1820-1870) sulla ben nota tecnica dell' ϵ - δ , la quale viene definita in modo tale che ogni serie convergente deve raggiungere il suo limite (con assoluta precisione); non c'è modo di definire una serie che non raggiunga il limite. Perciò la matematica «rigorosa» non può esprimere la irraggiungibilità termodinamica

¹⁰ E.N. HERBER, *Reflections on the origin and verification of the Third Law of Thermodynamics*, in K. MARTINUS et alii (eds.), *Thermodynamics: History and Philosophy. Facts, Trends, Debates*, World Scientific, Singapore, 1991, 90-138.

¹¹ C. TRUESDELL, *Rational Thermodynamics*, McGraw Hill, 1976; C. TRUESDELL and S. BARRIAT, *Classical Thermodynamics as a Theory of Heat Engines*, Springer, 1977.

¹² R.H. FOWLER and T.E. STEEN, *Statistical Mechanics*, «Rev. Mod. Phys.», 4 (1932), 635-722.

¹³ M. PLANCK, *Leçons de Thermodynamique*, Hermann, 1913, 289-308.

¹⁴ W.H. GREENE, *Walter Nernst and the Last Law*, «J. Chem. Ed.», 64 (1987) 3-8, p. 6.

¹⁵ J. WILAN, *The Third Law of Thermodynamics*, Oxford, 1981, p. 119.

¹⁶ PIVARD, *The Elements of Classical Thermodynamics*, Cambridge, 1966, p. 51.

¹⁷ J. WILAN, *op. cit.*, p. 32.

dello zero assoluto di S. La formula precedente in realtà non è che una regola mnemonica per il terzo principio, e non una vera formula della fisica teorica.

Dal 1967 è stata ottenuta una matematica ben sviluppata (fino ai concetti più avanzati) che però usa solo l'infinito potenziale, cioè solo il principio di induzione completa (e non l'assioma di Zermelo o simili).¹⁷ In essa un punto è ottenuto in generale approssimandolo tramite intervalli, in un processo di approssimazione che può essere sempre migliorato ma che non arriverà mai ad un punto limite (se non in casi particolari). Allora questa matematica è ben adeguata a rappresentare il terzo principio. Inoltre, in matematica costruttiva è indecidibile con un algoritmo finito se una variabile è esattamente uguale a zero; per cui $S=0$ rientra nei problemi indecidibili con mezzi matematici, proprio così come è irraggiungibile con mezzi operativi; giusto quello che dicono la terza e la quarta delle precedenti versioni del principio.

D'altra parte la recente analisi nonstandard, con la quale si sono rivalutati pienamente gli antichi infinitesimi,¹⁸ manca del concetto di limite; essa considera i singoli punti con assoluta precisione e accetta anche i numeri che tendono a zero (= gli infinitesimi); anch'essa, come la matematica rigorosa, non ha modo di rappresentare una irraggiungibilità.

Solo questo fatto basterebbe per segnare un divario incolmabile tra la semplice matematica di questa legge con la teoria meccanica che ha sempre dominato la fisica teorica; la quale teoria usa in modo essenziale equazioni differenziali per rappresentare fenomeni che non sono più universali di quelli chimico-fisici.

Una volta che questo fatto sia acquisito, appare chiaro che il terzo principio è essenzialmente una richiesta fondamentale sul rapporto fisica-matematica (tutte le variabili fondamentali sono positive e diverse da zero). Ma allora esso non dovrebbe essere posto come terzo, ma come primo principio, perché preconstituisce la matematica di tutta la teoria formale. E infatti si può vedere che, se in termodinamica si sceglie la matematica costruttiva, allora molti concetti si chiariscono; per primo quello di processo reversibile, oggi definito in svariate maniere dai vari testi;¹⁹ e si chiarisce anche il contributo di S. Carnot, che sostanzialmente è stato quello di integrare non dQ , ma dQ/T .

Inoltre, di solito il terzo principio è formulato con negazioni e impossibilità. Si può dimostrare che questo fatto è connesso con la logica non classica, usata in tutte le teorie che sono basate su un problema fondamentale.²⁰ Se definiamo l'entropia come non ordine, allora possiamo ben dire che una versione intuitiva, ma essenziale, del terzo principio è «il disordine non può essere mai annullato», una frase doppiamente negata che non può essere dimostrata equivalente alla corri-

¹⁷ E. BESSIS, *Foundations of Constructive Mathematics*, McGraw-Hill 1967. Per una introduzione si veda A. DRAGO e G. GERLA, *Le implicazioni dialettiche del costruttivismo tra matematica classica e matematica costruttiva*, «Per Mat.», 37 (1981) 76-95.

¹⁸ A. ROBINSON, *Non-Standard Analysis*, North-Holland, 1960.

¹⁹ A. DRAGO e O. VITELLO, *Storia...*, op. cit.; A. DRAGO, *Thermodynamics as an Alternative Theory*, in K. MARTINUS et alii (eds.) *op. cit.*, 329-345.

²⁰ A. DRAGO, *A History of Relationships Chemistry-Mathematics*, «Tres. J. Anal. Chem.», 337 (1990), 220-224; *estatum* 340 (1991) 787.

spondente positiva: «l'ordine è perfetto»; quindi una frase che segue la logica non classica, dove $-A \neq A$ mentre in logica classica $-A = A$.

In conclusione, noi vediamo che la chimica (attraverso Nernst, un fisico con atteggiamento chimico), ha fornito alla fisica un principio molto importante, sfuggito a ben 80 anni di ricerca dei fisici sui fondamenti della termodinamica. Per di più notiamo che questo principio è stato sempre una spina nel fianco della teoria fisica, nella misura in cui ha mantenuto quelle scelte fondamentali, matematica costruttiva e organizzazione problematica, con le quali S. Carnot aveva fatto nascere la termodinamica, ma che erano state oscurate dal dominio culturale del meccanicismo dei fisici. E anche in questo Venet aveva ragione ad accusare la fisica «di confondere nozioni astratte con verità di fatto e, di conseguenza, di aver frainteso la natura». Per questi motivi era giusto allora pensare che la sua frase, apparentemente roboante, «esiste una chimica veramente filosofica, una chimica ragionata, profonda, trascendente», era valida.

LEONELLO PAOLONI (*)

La scuola di Cannizzaro a Palermo: gli anni di avviamento (1861-1865) (**)

Summary - Stanislao Cannizzaro, living as an exile in the Piedmontese Kingdom, had been appointed as professor of chemistry at the university of Genoa in 1855. When the success of the Garibaldi expedition brought freedom in Sicily, Cannizzaro went back to his homeland at about the end of September 1860 and took an active part in the liberal reform of the educational institutions carried out by the Sicilian government led by Antonio Mordini and his education Minister Gregorio Ugdulena. On 20th of October Cannizzaro was appointed as professor of chemistry at the university of Palermo, but the political situation remained rather unstable and he preferred to keep his position in Genoa where remained until November 1861. Cannizzaro moved to the university of Palermo after the Sicilian and Italian political authorities had promised their joint support for establishing there a modern chemistry school. The conditions, quite difficult at the beginning, improved in the successive years, when Cannizzaro succeeded in having Adolf Lieben appointed as vice-Director of the university Laboratory in 1862 and as a professor in 1863, and Alfred Naquet as chemistry professor at the Istituto Tecnico of Palermo in 1863. The university Laboratory and its School of Practical Chemistry, formally established by the 1861 decree, came actually into existence late in 1865. Only a few of the many hopes held by Cannizzaro became true in the successive years.

1. I progetti per il ritorno a Palermo

Il primo ritorno di Cannizzaro a Palermo, da dove era partito per l'esilio nel maggio 1849, avvenne nella seconda metà del giugno 1860, circa tre settimane dopo che in città si era insediato il governo di Garibaldi. Anche se la principale motivazione del viaggio fu di rivedere la famiglia e di ristabilire una cura diretta dei propri interessi patrimoniali, Cannizzaro ebbe contatti, documentati dalla corrispondenza del luglio successivo, con Vincenzo Errante e Michele Amari (Segretari di Stato per il Culto e l'Istruzione Pubblica nel governo del Pro-dittatore Agostino Depretis) con i quali certamente discusse l'eventualità di un ritorno definitivo.

(*) Gruppo di Chimica Teorica, Università di Palermo.

(**) Relazione presentata al IV Convegno Nazionale di «Società e Fondamenti della Chimica» (Venezia, 7-9 novembre 1991).

Si deve tuttavia considerare che già dal novembre del 1859 Cannizzaro era stato interpellato da Francesco Selmi, che gli offriva una cattedra nell'università di Modena, e da esponenti del governo toscano che intendevano chiamarlo come professore di chimica organica a Pisa o a Firenze. La risposta a Selmi fu certamente negativa, perché non vi è traccia documentata di alcun seguito, mentre furono notevoli gli sviluppi dell'offerta toscana. Questa fu fatta per tramite di Carlo Matteucci, professore di fisica a Pisa e figura di notevole rilievo politico e scientifico a livello nazionale e internazionale, che aveva stabilito con Cannizzaro un solido rapporto personale di stima e di amicizia. Cardine dell'offerta era la fondazione di un laboratorio di chimica organica: ciò poteva avvenire nell'università di Pisa, dove era già professore di chimica Salvatore De Luca, oppure nell'Istituto di Studi Superiori Pratici e di Perfezionamento di Firenze. Questo era sorto da pochi mesi ad iniziativa di Cosimo Ridolfi, ministro della Istruzione Pubblica nel governo toscano presieduto da Bettino Ricasoli, con l'intento di dotare la città (priva di università) di una struttura di notevole prestigio culturale dove far specializzare i laureati delle due università toscane, Pisa e Siena.

Il progetto toscano era stato concretizzato il 9 marzo 1860 con un decreto che istituiva la cattedra di chimica organica nell'università di Pisa e ne nominava titolare Cannizzaro a partire dal 1 novembre successivo. Tale decreto era stato emanato con una certa fretta poiché era chiaro a Ricasoli ed a Ridolfi che dopo il plebiscito, indetto per il giorno 11 e 12 marzo, l'ammissione al regno sabaudo avrebbe ridotto l'autonomia decisionale del governo della Toscana qualunque fosse stata la forma scelta per esso dal governo centrale di Torino. Infatti una decina di giorni dopo Eugenio di Savoia-Carignano, designato Luogotenente del re per le province toscane, nominò Ricasoli Governatore Generale e ridusse i ministri al rango di Direttori di Dicastero. Ridolfi si ritirò ed al suo posto fu nominato, in posizione interinale, Marco Tabarrini al quale Cannizzaro fece conoscere le condizioni che poneva per accettare il trasferimento. La risposta gli venne data in una lettera che Tabarrini inviò il 2 maggio a Matteucci affinché la facesse avere a Cannizzaro, dove si dice:

«... ho parlato col Barone [Ricasoli]. Egli mi autorizza a spendere quanto occorre, perché una volta istituita la cattedra e nominato il Professore, il resto è necessità. Ma io non ho nulla di previsto nel bilancio a questo titolo, e conviene che ricorra a Torino. Vedi dunque in che imbroglio mi trovo! Se vedi Cannizzaro a Genova digli che le tue domande non sembrano eccessive, ma che ci vuol tempo a soddisfarle. Abbia un po' di pazienza... So che a lui l'indugio non pregiudica, e però lo sopporti in pace, facendo ragione d'uno stato transitorio e di poteri limitatissimi».

Questo messaggio giunse a Cannizzaro in una fase di incertezza sull'esito della spedizione garibaldina in Sicilia. Lo svolgimento favorevole degli avvenimenti lo pose nella vantaggiosa condizione di trattare il suo trasferimento a Palermo avendo alle spalle un'offerta di prestigio e la lusinghiera disponibilità dell'ambiente culturale toscano.

2. *Le condizioni politiche del ritorno a Palermo*

Rientrato a Genova all'inizio di luglio, ne ripartì per recarsi a Milano il 22 agosto, da dove raggiunse Carlsruhe per partecipare al Congresso dei chimici (3-6 settembre) secondo un itinerario concordato con Angelo Pavesi, amico e collega di Pavia. Nel settembre del 1860 la situazione politica italiana cambiò in modo notevole. Il 7 Garibaldi entrava a Napoli, mentre il governo siciliano era in piena crisi. Una settimana dopo, per risolvere questa crisi Garibaldi si imbarcò per Palermo ed il giorno 17, accettate le dimissioni di Depretis, nominò Pro-dittatore Antonio Mordini. Questa svolta in senso liberale, intesa a preparare il plebiscito di annessione con un governo che desse ai siciliani sufficienti garanzie di autonomia, ebbe una influenza determinante sulle decisioni di Cannizzaro. Egli giunse a Palermo negli ultimi giorni di settembre conducendo con sé la moglie Enrichetta ed il figlio Mariano di appena quattro mesi (mentre la figlia Anna, di due anni, rimase a Genova affidata alla zia materna, Matilde) e vi restò fino alla fine dell'anno.

Il governo Mordini, nel quale era ministro per l'Istruzione Pubblica Gregorio Ughulena, emanò dall'ottobre 1860 una serie di decreti che innovarono profondamente le strutture educative della Sicilia a tutti i livelli, dagli asili infantili alle università, comprendendovi l'Osservatorio Astronomico, l'Orto Botanico, le biblioteche ed i musei. La legge Casati venne promulgata con alcune modificazioni per adattarla alle condizioni della Sicilia. I mezzi finanziari per il funzionamento vennero reperiti assegnando in proprietà alla Pubblica Istruzione «tutte le rendite e i beni degli espulsi Gesuiti e Liguorini». Per l'armodernamento delle università siciliane fu invece stanziato «un fondo straordinario di lire sei milioni» da distribuire su tre esercizi finanziari, di cui «tre milioni per l'università di Palermo, un milione e cinquecentomilalire per Catania ed altrettanto per Messina». L'assetto delle cattedre della università di Palermo venne modificato istituendone quattordici nuove e altre cinque per sdoppiamento e cambiamento di nome di cattedre già esistenti; tra queste la Chimica filosofica e farmaceutica, fu sdoppiata in Chimica inorganica e Chimica organica. Con un decreto del 20 ottobre la prima fu affidata al titolare precedente Filippo Casoria, mentre alla seconda fu nominato Cannizzaro.

Il governo Mordini creò poi un «Consiglio Superiore di Pubblica Istruzione per la Sicilia», ne affidò la presidenza a Emerico Amari e nominò tra i consiglieri anche Cannizzaro. L'università di Palermo venne infine liberata dagli oneri religiosi che erano stati imposti sin dalla sua fondazione (3 settembre 1805) e per la prima volta il Rettore fu un laico scelto tra i professori ordinari, il chimico Filippo Casoria. Delle innovazioni introdotte dal governo Mordini nell'ordinamento della Istruzione Pubblica Cannizzaro scrisse con molto entusiasmo al suo amico e collega genovese Michele Lessona che tuttavia espresse riserve e opinioni critiche sull'argomento.

La situazione siciliana cambiò dopo il successo del plebiscito del 21 ottobre e l'evoluzione del quadro politico generale in tutte le province meridionali. Il 27 novembre Garibaldi informò Mordini di aver «deposto i poteri di dittatore nelle mani del Re» il quale, giunto a Palermo il 1 dicembre, nominò luogotenente il marchese Massimo Cordero di Montezemolo. Con lui tornarono al governo i moderati. La situazione finanziaria delle province siciliane rimase precaria: gli impiegati

del governo, compresi i professori, ricevevano oramai da molti mesi solo acconti sui loro stipendi, anche nei casi in cui l'importo era stato nominalmente accresciuto. Solo a fine gennaio 1861 il governo siciliano fu in grado di promettere di pagare ogni mese i due terzi dello stipendio, impegnandosi al saldo appena possibile. È ovvio che in queste condizioni Cannizzaro preferisse tornare a Genova, in attesa di vedere come si sarebbe evoluta la situazione siciliana e quella nazionale.

Un primo cambiamento favorevole avvenne nel governo di Torino, dove dal 23 marzo 1861 Francesco De Sanctis prese il posto di Terenzio Mamiani alla Istruzione Pubblica. A ciò si aggiunse una circostanza imprevista, la morte di Filippo Casoria avvenuta il 17 maggio, che imponeva al governo siciliano di nominare un professore di chimica prima dell'inizio del nuovo anno scolastico. In questo senso si mosse Federico Napoli, professore di matematica nella facoltà di scienze di Palermo ed anche membro del governo siciliano, prima ai Lavori pubblici e poi alla Istruzione, sicché il 6 giugno egli poteva informare così Cannizzaro:

«De Sanctis mi scrive approvando la mia idea di farvi venire a Palermo e che da parte sua farà del tutto per contentarvi. Autorizzatemi dunque a proporre, che voi già eletto per la cattedra di Chimica organica, siate intanto destinato alla chimica inorganica. Scriverò intanto per fondi del laboratorio, e se voi ci metterete un poco di buona volontà parlando a Torino, potrete far cosa utile al nostro paese».

Nella stessa data di questa lettera Cavour moriva a Torino e nel nuovo governo, presieduto da Ricasoli, entrava come ministro dell'Agricoltura, Industria e Commercio Filippo Cordova, amico personale e compagno di esilio di Cannizzaro. Le trattative successive furono laboriose e si svolsero formalmente tra Federico Napoli, responsabile della Istruzione nel governo siciliano ed il Ministro De Sanctis rappresentato dai Segretari generali Quintino Sella e Francesco Brioschi. Cannizzaro fu nominato professore di Chimica organica e inorganica nell'università di Palermo e direttore del Laboratorio annesso alla cattedra, con uno stipendio annuo complessivo di £ 4500, con decorrenza 1 novembre 1861. Successivamente, con decorrenza 16 novembre, veniva trasferito da Genova a Palermo il preparatore Antonio Rossi, promosso a primo assistente e vice-direttore con uno stipendio annuo di 2200 lire, mentre il palermitano Giovanni Campisi, già assistente onorario di Filippo Casoria, veniva nominato primo preparatore con lo stipendio di 1000 lire. Furono questi due collaboratori ad iniziare il corso il 20 novembre poiché Cannizzaro, trattenuto a Torino dai lavori di una commissione di concorso, giunse a Palermo soltanto alla fine del mese.

3. La vita nella realtà palermitana

Nel corso delle trattative Federico Napoli aveva rassicurato Cannizzaro su due punti essenziali: che il locale, preventivamente concordato, era «sempre a nostra disposizione e non sarà adoperato ad alcun altro uso. ... resisterò per ciò che riguarda lo stabilimento di un laboratorio Chimico sulle basi da voi tracciate e spero di venire a capo con un poco di pazienza; persuaso che sarà questo uno dei progressi più veri e pratici che possano farsi in Sicilia» [lettera del 23 luglio 1861]. Sull'aspetto finan-

ziario del problema le assicurazioni erano venute da una lettera ufficiale del 17 agosto:

«...il Ministro sottoscritto ha oggi stesso conferito facoltà alla Segreteria Generale delle Province stesse [siciliane, cioè al governo in cui Federico Napoli era titolare del dicastero dell'Istruzione] di iniziare tutte le pratiche ed i lavori occorrenti a tal uopo, riservandosi di impostare sul bilancio del 1862 la somma necessaria da prelevarsi sul fondo cospicuo assegnato dal Produttore con Decreto 19 ottobre 1860».

Lo svolgimento successivo della vicenda fu più complesso di quanto Cannizzaro probabilmente immaginava quando ricevé queste lettere. Con la crisi dei rapporti tra Re e Primo Ministro che portò alla caduta del governo Ricasoli il 3 marzo 1862, cambiava il titolare e la politica della Pubblica Istruzione, che Urbano Rattazzi dal 1 aprile affidava a Carlo Matteucci. Poiché il suo legame di amicizia con Cannizzaro era ben noto, egli volle che i loro contatti informali si svolgessero attraverso una corrispondenza privata con Francesco Brioschi, segretario generale del ministero, in rapporto amichevole con Cannizzaro. Questi, in una lettera del 7 aprile a Brioschi così espone la situazione:

«Il De Sanctis mi avea fatto sperare che in gennaio 62 si sarebbe posto mano alla costruzione del museo [di mineralogia] e del laboratorio [chimico]; siamo ad aprile e non se ne parla, ed ora è venuto sin anche il dubbio se si porrà mai mano a tali opere. Siamo attualmente qui acefali; il Rettore non esercita le sue funzioni e non si sa se si sia o no dimesso, un preside fa da Rettore ed è il Sig. Bruno, ma avendo degli altri uffici da compiere non ha tempo di attendere alla amministrazione, sicché non si sa come avviare le pratiche. Colle attribuzioni che si sono date ai Rettori, colla distanza dal governo centrale, qui abbisogna un Rettore che possa spendere tutta la giornata nella direzione degli affari».

Nelle due lettere successive vengono discusse la scelta del nuovo rettore (Cannizzaro aveva scritto che molti consensi andavano a Gaetano Cacciatore, il direttore dell'Osservatorio Astronomico), l'agitazione degli studenti, la situazione finanziaria, ed anche la eventuale andata di Cannizzaro a Londra come membro della giuria internazionale per l'Esposizione Universale che doveva inaugurarsi il 1 maggio. Da esse emerge un dissenso sulle scelte di fondo, che si trova riassunto in una lettera di Matteucci del 18 aprile:

«Caro Cannizzaro, rispondo io a quella scritta al Brioschi e in quella parte a quella scritta prima a me. Cacciatore può essere popolare quanto volete e il ministro dell'interno potrebbe farne benissimo un prefetto o cosa simile: ma non mi pare roba da Rettore. ... Per i soldi ai presidi ed altre spese tirate via e abbiate pazienza. Seguiate a stare a Palermo e sarete molto più utile che andando a Londra, dove potete andare anche più tardi. Vi dico in confidenza che sono deciso a farla finita con la vostra Delegatione [l'organo ministeriale, esecutivo, del governo siciliano] e a passarne le attribuzioni anche ampliate al Consiglio Superiore che ancora avete [organo proponente per l'istruzione nelle Province Siciliane]. Da bravo, mettete la testa a posto e sul serio fatemi subito un progettino in questo senso, compreso il personale. Addio, V[ostro] C. Matteucci».

Questa è la prima manifestazione di un dissenso tra i due, rimasto privato ed espresso col tono paternalistico usato anche nella precedente corrispondenza (però sempre affettuosa), che ovviamente riflette il fatto che il professore amico si rivolge

ora in veste di ministro a Cannizzaro, di quindici anni più giovane. Matteucci, dopo aver dimesso il rettore Salvatore Cacopardo, le cui funzioni erano state svolte pro-tempore dal preside anziano Giovanni Bruno, nominò Niccolò Musmeci rettore per il triennio 1862-1865.

Un altro cambiamento nelle prospettive con le quali Cannizzaro era andato a Palermo si ebbe pochi mesi dopo, quando il primo assistente e vice-direttore Antonio Rossi decise di abbandonare Palermo. Non è stato possibile documentare quando Cannizzaro lo seppe, né quali siano stati i motivi. Possiamo presumere che vedendo più lontana la prospettiva di avere un laboratorio organizzato a Palermo si sia preoccupato per il danno che poteva derivarne allo sviluppo della propria carriera. Sta di fatto che nell'ottobre la vicenda era avviata a soluzione con il trasferimento del Rossi a Torino, nominato preparatore nel laboratorio di Piria (che ne ringraziò Matteucci). Vi fu tuttavia una *querelle* amministrativa che durò circa due anni, poiché la nomina nella nuova sede ridusse di 1000 lire lo stipendio del Rossi, che si atteggiò, o si ritenne, vittima di una ingiustizia.

Il problema di trovare un valido collaboratore deve aver assillato Cannizzaro. Dalle lettere che Adolf Lieben gli scrisse tra il 5 ottobre 1862 e il 17 gennaio 1863 apprendiamo che in un incontro a Parigi Cannizzaro gli aveva parlato della possibilità di ottenere una cattedra in una università italiana prendendo in considerazione Firenze, Genova e Napoli. Appare ragionevole ritenere, poiché attualmente non è documentabile, che questi contatti avessero quanto meno il consenso del ministro Matteucci, che sappiamo desideroso di trovare un chimico valdo per l'Istituto di Studi Superiori di Firenze. La disponibilità di Lieben a venire in Italia, espressa a Cannizzaro con una preferenza per Genova «*parce que c'est situé dans le nord de l'Italie, et grâce à vous j'y trouve un laboratoire bien monté*», viene utilizzata dal ministro Matteucci che lo nomina a Palermo al posto di Rossi. Un breve documento di questi interventi è la seguente lettera del ministro da Torino, in data 2 novembre 1862:

«Caro Cannizzaro, Ti ringrazio della tua lettera e ti prego di esprimere i miei ringraziamenti ai tuoi colleghi. È almeno questa una qualche consolazione per tutti i tormenti e le malignità che vengono da altre parti e che certo non ho meritato. Il Lieben è stato nominato ed io gli ho scritto particolarmente mandando però la lettera a te. Sollecito Brioschi a farti le altre cose che desideri per il laboratorio ... Credimi Aff. C. Matteucci»

Nella lettera a Lieben il ministro prometteva che lo avrebbe nominato professore in una università italiana appena egli fosse stato in grado di far lezione in italiano. Ma le promesse di un ministro sono sempre subordinate alle vicende della lotta politica: prescindendo dalle polemiche che "tormentavano" il ministro della Istruzione, il governo Rattazzi cadde nella crisi che seguì la discussione parlamentare del 20 novembre 1862 sulla spedizione garibaldina, la battaglia dell'Aspromonte e la situazione dell'ordine pubblico nelle province meridionali. Si concluse così anche la gestione Matteucci della Pubblica Istruzione che non aveva dato a Cannizzaro molti motivi di soddisfazione.

4. *L'impegno per la costruzione del Laboratorio*

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

| | |
|--|--------------|
| 1 Direttore | £ 800 |
| 1 Primo Assistente e Vice-Direttore della Scuola pratica | £ 2200 |
| 1 Secondo Assistente | £ 2000 |
| 1 Primo Preparatore | £ 1500 |
| 1 Secondo Preparatore | £ 1000 |
| 2 Inservienti a £ 700 | £ 1400 |
| | <hr/> £ 8900 |

Esso riceveva in assoluto la più alta dotazione di stipendi. Inoltre, se si escludono l'Orto Botanico con 11 posti, di cui 8 giardinieri, ed il Gabinetto Anatomico Patologico al quale venivano assegnati 2 Direttori (per Anatomia umana e Anatomia patologica) e 3 Settori, con un totale di 8 posti, nessun altro «Stabilimento» era dotato di 7 posti.

È indubitabile che questa decisione ministeriale sia stata influenzata dallo stretto rapporto di amicizia tra Cannizzaro e Michele Amari. Ma si trattò, e non secondariamente, anche di una scelta motivata: la percezione da parte del mondo politico del ruolo della chimica nel contesto delle innovazioni produttive e sanitarie che ogni governo cercava di introdurre in Italia. La prevenzione delle ricorrenti epidemie, particolarmente quelle di colera causa di grave allarme sociale, era ricercata soprattutto nei mezzi chimici di disinfezione che potevano evitare il contagio impedendo la contaminazione delle acque e degli alimenti di origine vegetale con materie fecali. Era infatti ancora dubbio se gli agenti infettivi fossero alcuni germi oppure qualche componente di tali materie; in ambedue le ipotesi la loro eliminazione era affidata alla ricerca chimica, dalla quale si attendevano i mezzi non solo per tutelare la salute dei cittadini, ma anche per evitare la paralisi di ogni attività ed il conseguente danno economico.

Dalla documentazione finora reperita nulla risulta sullo stato organizzativo del Laboratorio alla fine del 1865. La sua sistemazione al secondo piano dell'ex-convento dei Padri Teatini in Via Macqueda risulta solo da fonti successive (1882) ed i lavori, intrapresi tra molte difficoltà, non erano ancora conclusi alla fine dell'anno accademico 1864-65. Né possiamo documentare dove e come si svolgesse in quel periodo il lavoro chimico pratico degli studenti. Tutti probabilmente continuarono a servirsi dei locali in cui aveva operato il Casoria, certamente inadeguati ad un corso come quello che Cannizzaro aveva svolto a Genova.

Un primo soccorso per superare queste difficoltà venne dalla fondazione dell'Istituto Tecnico di Palermo. Esso venne effettivamente ad esistere in base ad un decreto in data 30 ottobre 1862 del Ministro dell'Agricoltura, Industria e Commercio Gioacchino Pepoli (Governo Rattazzi), al quale faceva capo tutta l'istruzione tecnica. L'inaugurazione dell'Istituto avvenne il 9 dicembre successivo con una solenne cerimonia nel Palazzo Pretorio, alla presenza di Mariano Stabile, sindaco da pochi giorni, mentre i corsi avevano sede nel piano nobile del Palazzo Comitini in Via Macqueda. Primo preside ne fu il lombardo Antonio Ronna, già combattente per l'unità italiana. Organo di indirizzo e di vigilanza era il *Reale Istituto d'Incoraggiamento di Agricoltura, Arti e Mestieri per la Sicilia*, una sorta di corpo accademico con poteri deliberativi su varie materie, del quale facevano parte alcuni docenti universitari, tra cui anche Cannizzaro. L'Istituto Tecnico era articolato in quattro sezioni: commercio e amministrazione; agronomia e agricoltura; costruzioni; meccanica e marina mercantile. Sua funzione primaria era di preparare alle professioni di contabile, agrimensore, capo-mastro edile o meccanico, capitano di lungo corso; tuttavia esso forniva anche la preparazione di base per iniziare gli studi universitari nell'area tecnico-scientifica.

È in questo Istituto che nel dicembre 1863 viene nominato professore di chimica Alfred Naquet. Egli era stato contattato da Cannizzaro, che pensava di farlo venire come collaboratore a Palermo (forse al posto del Rossi), già nell'agosto del 1861, ma la realizzazione del progetto aveva dovuto essere rinviata. La circostanza importante è che l'Istituto, svincolato dagli impedimenti burocratici dell'università, consentiva una più agevole gestione delle iniziative dirette all'innovazione degli studi scientifici, ed era dotato di laboratori dove Naquet e Campisi potevano far svolgere il lavoro pratico degli studenti.

La presenza a Palermo di Lieben e Naquet permise a Cannizzaro ed al gruppo che collaborava con lui di programmare nuovi sviluppi. Mentre i lavori di sistemazione dei locali destinati al Laboratorio chimico procedevano con grande lentezza, il *Reale Istituto d'Incoraggiamento* nella primavera del 1864 prese l'iniziativa di proporre al Ministro dell'Agricoltura, Industria e Commercio (Giovanni Manna, Governo Minghetti) una riforma dell'Istituto Tecnico con l'obiettivo di soddisfare meglio le esigenze formative delle nuove professioni. Progettata da una commissione presieduta da Giuseppe Inzenga (botanico), composta da Cannizzaro, Federico Napoli, Giovanni Bruno (giurista) e Francesco Anca (Presidente della *Società di Acclimatazione*, promotrice della sperimentazione agraria) la riforma divenne effettiva con un decreto del 2 novembre 1864. Dal precedente Istituto veniva scorporato l'insegnamento navale, da svolgersi nel Reale Istituto di Marina Mercantile, mentre del nuovo Istituto Tecnico facevano parte «le scuole di agronomia e agrimensura, di commercio e amministrazione, di meccanica e costruzione, di concia e rifinitura delle pelli». La modifica più rilevante è quella stabilita dall'art. 3 del decreto, il cui testo recita:

«In luogo e vece dell'Istituto d'Incoraggiamento che è disciolto, è istituito un corpo accademico il quale, sotto la denominazione di Consiglio di Perfezionamento, intenda alla diffusione e al progresso delle scienze che s'insegnano nell'Istituto Tecnico, ed eserciti ad un tempo la direzione e la vigilanza dell'Istituto medesimo e di quelle altre scuole speciali che potranno con Regio Decreto ulteriormente venir designate».

Il *Consiglio di Perfezionamento* fu insediato dal Prefetto di Palermo il 15 gennaio 1865. E attraverso questo agile organo di gestione che Cannizzaro riuscirà a dar vita al *Giornale di Scienze Naturali ed Economiche* dove per alcuni anni verranno pubblicati i lavori di ricerca condotti a partire dal 1865-66 nei laboratori dell'università e dell'Istituto Tecnico, le conferenze domenicali ed una varietà di pregevoli informazioni scientifiche, tecniche ed economiche.

A questi lenti ma significativi risultati faceva riscontro un ben più difficile cammino delle innovazioni nell'ambito universitario. Giuseppe Natoli, successore di Michele Amari alla Istruzione Pubblica, scriveva il 2 novembre 1864 una lettera personale a Cannizzaro per rispondere alle di lui lagnanze sul ritardo dei lavori di sistemazione del Laboratorio. Il ministro riepilogava le difficoltà in cui si era già imbattuto Michele Amari per il comportamento del Genio Civile locale e dichiarava di doversi rimettere alla competenza del ministro dei Lavori Pubblici. Il decreto ministeriale del 31 dicembre 1864 che approvava i preventivi dei lavori fu registrato dalla Corte dei Conti il 15 marzo 1865!

Altra vicenda sospesa era la posizione di Lieben. Nominato da Matteucci nel dicembre 1862 al posto di primo assistente e vice-Direttore lasciato vacante dal Rossi, Lieben era giunto a Palermo alla fine del febbraio 1863, con la promessa che sarebbe stato nominato professore appena in grado di far lezione in lingua italiana. Questo impegno, che era stato rinnovato dal ministro Amari, venne mantenuto dal successore alla fine del luglio 1865.

5. Considerazioni conclusive

Complessivamente il bilancio dei quattro anni trascorsi dall'arrivo a Palermo non doveva apparire a Cannizzaro soddisfacente sul piano delle realizzazioni concrete rispetto alle condizioni di lavoro che aveva a Genova. Sul piano del prestigio personale e sulle prospettive egli poteva essere più ottimista. Nel novembre del 1863 aveva tenuto la «Orazione inaugurale per l'apertura degli studi dell'anno scolastico 1864». In essa aveva espresso il suo pensiero su scienza, morale e politica: l'evoluzione della scienza veniva collegata alla memoria del passato recente ed al presente, dominato dalla «questione romana» che impediva il raggiungimento dell'unità nazionale. Il suo discorso era concluso auspicando che fosse distrutto «in Roma l'ultimo avanzo del medio evo e la cagione prima delle nostre miserie e di tanti malanni dei popoli cristiani.»

La Reale Accademia delle Scienze di Torino nella seduta del 3 luglio 1864, lo aveva designato «ad un posto vacante di Accademici nazionali non residenti». È grazie a questa nomina che sette anni dopo egli entrerà nella vita politica attiva come Senatore. Cannizzaro aveva tuttavia tentato di percorrere una via diversa presentandosi nell'ottobre 1865 alle elezioni per la Camera nel collegio del Mandamento Tribunali di Palermo, ma era stato battuto dal candidato conservatore, il barone Vito d'Ondes Reggio.

L'impegno nella politica e nell'amministrazione era considerato da Cannizzaro la via più diretta per realizzare quei cambiamenti dai quali si attendeva il progresso economico e sociale del paese. È con questa motivazione che accettò, malgrado i

consigli contrari di Matteucci, la nomina a Rettore dell'università di Palermo che gli venne conferita con decorrenza dal 1 novembre 1865 e che tenne fino al 1868.

Gli eventi più gravi in cui fu direttamente coinvolto nel 1866-67 furono l'insurrezione contro la gestione municipale del sindaco Antonio Starrabba di Rudinì e la successiva epidemia di colera (durante la quale Cannizzaro assunse spontaneamente la direzione dell'Ufficio Sanitario). Pesarono poi sull'università le conseguenze economiche della guerra che aveva portato le province venete nel regno d'Italia. Furono probabilmente gli anni più amari della vita di Cannizzaro, le vicende che influirono direttamente sulla sua decisione di lasciare Palermo.

Fonti archivistiche - La presente memoria è basata su corrispondenza e documenti inediti che, assieme ad altri materiali editi ed inediti, sono pubblicati sul «Quaderno N. 2» del Seminario di Storia della Scienza dell'università di Palermo, *Lettere a Stanislao Cannizzaro. Scritti e carteggi 1857-1865*. Gli interessati possono chiederne copia all'autore.

Le lettere inedite dei corrispondenti di S. Cannizzaro qui citate sono classificate in: G. PAOLONI e M. TOSTI-CROCE, *Le carte di Stanislao Cannizzaro*, Accademia Nazionale delle Scienze detta dei XL, Scritti e Documenti, vol. X, Roma 1989.

Ringraziamenti - L'autore è lieto di cogliere questa occasione per esprimere il più vivo apprezzamento per la cortese disponibilità e la collaborazione offerta, durante la consultazione dei rispettivi archivi, dal personale di Segreteria dell'Accademia dei XL e della Società Chimica Italiana.

Ricerca svolta con il contributo finanziario del Ministero dell'Università, della Ricerca Scientifica e Tecnologica, quota 60%, per l'anno 1989.

FRANCO CALASCIBETTA (*)

L'evoluzione delle idee di D. Mendeleev rispetto all'ipotesi di Prout (1869-1889) (**)

Riassunto - Nell'articolo viene esaminata l'evoluzione delle posizioni che D. Mendeleev, il fondatore del sistema periodico, ebbe rispetto all'ipotesi di Prout a partire dal 1871, data della prima estesa presentazione della legge periodica, fino al 1889.

Nel 1871 Mendeleev si era mostrato piuttosto cauto e non pregiudizialmente contrario rispetto alle ipotesi di una comune origine degli elementi da un'unica materia prima. Invece nel 1889, nella Faraday Lecture tenuta alla Chemical Society, egli bollò le idee di tipo proutiano, come «vecchie concezioni pitagoriche», fondate su «basi metafisiche».

Nell'articolo si passano quindi ad esaminare le possibili ragioni di tale mutamento di opinione, centrando soprattutto l'attenzione sulla speculazioni portate avanti in quegli anni da W. Crookes. Questo scienziato inglese infatti, pur nel tentativo di riconciliare la legge periodica con l'ipotesi di una evoluzione degli elementi chimici da un'unica materia prima, aveva oggettivamente finito per mettere in crisi il concetto di elemento, per come si era delineato nel corso dell'Ottocento, e di peso atomico, come grandezza fondamentale caratterizzante l'elemento, insostituibile per la costruzione stessa del sistema mendeleeviano.

The Evolution of Mendeleev's Ideas about Prout's Hypothesis (1869-1889)

Summary - In the paper the evolution of the relations between Mendeleev and Prout's hypothesis are examined, beginning from 1871 until 1889.

In 1871 Mendeleev, presenting for the first time extensively his periodic law, appeared cautious and not completely unfavorable as regards to the hypotheses about a common origin of the chemical elements. On the contrary in 1889, in Faraday Lecture at the Chemical Society, he condemned ideas on the existence of a primary matter, considering it an "old Pythagorean conception" founded only on "metaphysical bases".

The possible reasons of this opinion change are successively considered, calling chiefly the attention on the speculations presented by W. Crookes in those years. This English scientist in fact, trying to reconcile periodic law and hypothesis of a genesis of the chemical elements from a common primary matter, ended by putting in trouble the nineteenth-century conception of element, characterized by a definite atomic weight, fundamental for the construction of Mendeleev's system.

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

(**) Relazione presentata al IV Convegno Nazionale di «Storia e Fondamenti della Chimica» (Venezia, 7-9 novembre 1991).

L'atteggiamento di Mendeleev rispetto all'ipotesi di Prout.

Come è noto, nel presentare in maniera organica all'intera comunità dei chimici la sua legge periodica, D. Mendeleev (1834-1907) nella sua memoria del 1871 pubblicata sugli *Annalen* di Liebig,¹ fece riferimento alle precedenti ricerche di J. B. Dumas (1800-1884), J. H. Gladstone (1827-1902) e altri,² come lavori che avevano in qualche misura aperto il campo alla sua scoperta. È da notare come i ricercatori ricordati da Mendeleev si fossero mossi nell'ottica di raccogliere gli elementi dalle proprietà simili in gruppi e di cercare delle relazioni aritmetiche tra i loro pesi atomici. In questa ricerca di regolarità essi si erano basati esplicitamente su una ipotesi di costituzione ultima comune di tutti gli elementi, cercando di evidenziare un parallelismo tra queste serie del mondo inorganico e le corrispondenti serie omologhe della chimica organica. L'idea era che la regolarità nella serie dei pesi atomici di elementi appartenenti allo stesso gruppo nascondesse l'effettiva loro composizione comune e che al limite tutti i pesi atomici potessero essere visti come multipli interi di una comune unità elementare da cui si erano in qualche maniera formati.³

Come è noto, questa ipotesi, avanzata fin dal 1816 da W. Prout (1785-1850),⁴

¹ D. MENDELEEV, *Die periodische Gesetzmäßigkeit der chemischen Elemente*, Ann. Supplementband 8, (1871), 133-229. Questa memoria fu ripubblicata alcuni anni dopo in francese e in inglese, quando crebbe l'interesse della comunità internazionale rispetto alla legge periodica, soprattutto alla luce della conferma sperimentale dell'esistenza e delle proprietà previste da Mendeleev per due dei suoi treeka-elementi, cioè il gallio, scoperto da F. Lecoq de Boisboudran (1838-1912) nel 1875 e l'eka-boro, vale a dire lo scandio, scoperto da L.F. Nilson (1840-1899) nel 1879. È alla versione inglese, pubblicata con il titolo *The Periodic Law of the Chemical Elements*, sul *Chem. News* negli anni 1879 e 1880, rispettivamente nei volumi 40 e 41, che si farà riferimento nelle note seguenti. Le traduzioni furono precedute da una lettera dello stesso Mendeleev, scritta per l'occasione e pubblicata in *Chem. News* (1879), 40, 231-232.

² Dumas si era già occupato dell'argomento nel 1851, intervenendo al Meeting annuale della British Association for the Advancement of Science, tenuto ad Ipswich. Ritornò più diffusamente su questo tema anni dopo in J.B. DUMAS, *Mémoire sur les équivalents des corps simples*, *Compt. Rend.* (1857), 45, 709-731, (1858), 46, 951-953; (1858), 47, 1026-1034. Gli stessi concetti, ampliati, furono ripresentati in un'altra memoria dallo stesso titolo sul *Ann. Chim. Phys.* (1859), 67 (3^a S.), 129-210. Per quanto riguarda Gladstone egli si occupò dell'argomento in J.H. GLADSTONE, *On the Relations between the Atomic Weights of Analogous Elements*, *Phil. Mag.* (1853), 5 (4^a S.), 313-320. Oltre a Dumas e a Gladstone Mendeleev citò anche le ricerche, sempre nello stesso ambito, di J. P. Cooke (1827-1894), M. von Pettenkofer (1818-1901), P. Kramers (1827-1894), E. Lomonon (1837-1911), W. Odling (1829-1921). Tutti questi lavori ebbero effettivamente un ruolo nella genesi della scoperta mendeleeviana, che partì anch'essa inizialmente dallo studio delle regolarità aritmetiche tra i pesi atomici degli elementi appartenenti allo stesso gruppo, studio seguito poi da un'analisi comparata tra elementi di gruppi diversi. Su questo si veda anche quanto affermato da D.C. ROSSINI in *The Process of Discovery: Mendeleev and the Periodic Law*, *Ann. Sci.* (1974), 31, 181-204.

³ Ad esempio Dumas (J. DUMAS, *Mémoire sur les équivalents des corps simples*, *Ann. Chim. Phys.* (Ref. 2)) affermava (pag. 209): «... l'analogie qui se révèle entre les radicaux de la Chimie minérale et les radicaux de la chimie organique autorise certainement à se demander si les premiers comme les seconds ne sont pas de corps composés... les équivalents des corps simples ou radicaux de la Chimie minérale semblent être tous de multiples d'une certaine unité...».

⁴ Come noto l'ipotesi di Prout fu comunque dallo stesso autore definita «un'opinione niente'affatto nuova» e nella sua esposizione e diffusione ebbe un ruolo importante anche T.

che aveva attribuito all'idrogeno il ruolo di materia prima, era stata già confutata da J. J. Berzelius (1779-1848) nella sua opera di determinazione dei pesi atomici.⁷ Inoltre essa negli anni '60 aveva subito l'impetosa analisi di J. S. Stas (1813-1891), che aveva escluso sulla base dei suoi dati sperimentali non solo l'idrogeno come possibile mattone ultimo ma anche sue frazioni pari a un mezzo o un quarto.⁸ Tuttavia l'ipotesi di una costituzione unica degli elementi conservava una certa popolarità tra molti chimici e si cercava di aggirare la confutazione stasiana dando all'ipotesi di Prout, analogamente alla legge dei gas di Boyle e Mariotte, il valore di legge limite, a cui i pesi atomici reali non rispondevano perfettamente per minori fattori perturbativi.⁹

Lo stesso Mendeleev nel 1871, pur citando i dati analitici di Stas, contrari all'ipotesi proutiana, ricordava il possibile parallelismo tra le serie di elementi e le serie omologhe della chimica organica ed offriva anche lui una ingegnosa scappatoia per rendere l'ipotesi sulla natura composta degli elementi inattaccabile da qualsiasi falsificazione sperimentale: ammettendo che n particelle si potessero riunire per dare un atomo di un altro elemento, non era detto che il peso di questo secondo atomo dovesse essere necessariamente pari ad n . Una tale trasformazione infatti poteva anche essere accompagnata da una variazione di peso; dato che il peso era un particolare tipo di movimento della materia, non c'era ragione di negare che in tale trasformazione questo movimento si potesse convertire in qualche maniera in energia chimica.¹⁰

A parte questa notazione, comunque Mendeleev nel 1871 si mostrò piuttosto cauto nei confronti delle ipotesi su una materia prima da cui tutti gli elementi sarebbero derivati, osservando se mai che dal punto di vista pratico disquisire in base all'ipotesi di Prout sui decimali dei pesi atomici aveva poco senso dato che in molti casi l'incertezza su tali dati era dell'ordine di alcune unità.¹¹

Questa posizione non pregiudizialmente contraria veniva mantenuta ancora nel 1879,¹² dove, nel sottolineare il ruolo della legge periodica, Mendeleev paragonava

Thomson (1775-1852). Sull'argomento un testo fondamentale resta quello di W.H. Brock, *From Prout to Protin: W. Prout and the Nature of Matter, 1785-1985*, Bristol and Boston, 1985.

⁷ La posizione di Berzelius decisamente contraria all'arrotondamento dei valori dei pesi atomici a numeri interi, fatto proprio in riferimento all'ipotesi proutiana, fu mantenuta sino alla morte dal chimico svedese. Sull'argomento si rimanda al già citato testo di Brock (Ref. 4) pagg. 158-177.

⁸ Si veda: a) J.S. STAS, *Sur les rapports réciproques des poids atomiques*, Bull. Acad. R. Belgique (1860), 30, 208-336; b) J.S. STAS, *Nouvelles recherches sur les lois des proportions chimiques, sur les poids atomiques et leurs rapports naturels*, Bull. Acad. R. Belgique (1865), 33, 3-305.

⁹ Ad esempio J.C.G. Mariquac (1817-1894) nelle sue osservazioni agli esperimenti di Stas (J.C.G. MARIQUAC, *Remarques sur le mémoire de M. Stas*, Bibl. Univ. (1865), 24, 371-6, pagg. 376) affermava: «il me semble impossible de ne pas ranger la loi de Prout à côté des lois de Mariotte et de Gay Lussac, et de ne pas admettre l'existence d'une cause essentielle en vertu de laquelle tous les poids atomiques devraient présenter des rapports simples, et de causes secondaires qui amènent de légères perturbations de ces rapports».

¹⁰ D. MENDELEEV, *The Periodic Law of Chemical Elements*, (Ref. 1), Chem. News (1880), 41, pag. 99.

¹¹ *Ibid.*

¹² D. MENDELEEV, *The Periodic Law of Chemical Elements*, (Ref. 1), Chem. News (1879), 40, pag. 231.

essa proprio a quella che lui stesso definiva legge di Prout, l'una e l'altra tentativi di illuminare in qualche maniera la misteriosa natura degli elementi.

Del resto occorre dire che da un certo punto di vista proprio l'affermazione della legge periodica aveva provocato negli anni '70 e '80 dello scorso secolo un rafforzamento delle ipotesi sulla unicità della materia: la ricorrenza delle proprietà degli elementi per regolari aggiunte progressive al peso atomico faceva nascere l'idea che i pesi atomici potessero essere tutti tra loro in qualche semplice relazione.¹¹ E d'altra parte ad esempio M. Berthelot (1827-1907), nel suo condannare come non scientifiche le speculazioni sull'unicità della materia, mostrava anche lui di considerare argomentazioni tra loro analoghe sia l'ipotesi di Prout che le idee sulla periodicità.¹²

Quindi apparentemente può suscitare una qualche meraviglia che nel 1889, Mendeleev, celebrando alla Chemical Society il ventennale della prima enunciazione della legge periodica,¹³ dedicasse una parte del suo discorso a bollare le ipotesi sulla unicità della materia come «vecchie concezioni pitagoriche» e tali da non poter reggere la prova sperimentale.¹⁴ Questa posizione venne da allora in poi mantenuta da Mendeleev, che giunse addirittura a definire l'ipotesi di una materia prima costituente di tutti gli elementi come appartenente alla provincia del fantastico e non della scienza, diffidando i giovani che iniziavano ad occuparsi di Chimica dal perdere tempo con essa.¹⁵

La ragione di questo netto mutamento di posizione può essere ritrovata, come cercheremo di documentare nelle pagine seguenti, nella sensazione da parte di Mendeleev che la evoluzione delle idee sulla unicità della materia stava portando proprio in quegli anni un attacco agli stessi fondamenti della sua scoperta.¹⁶

¹¹ Si veda ad esempio G.D. Liveing, Rep. British Association for the Advancement of Science, Southampton 1882, 479-486, pag. 482, in cui l'autore, nel riferirsi all'ipotesi di Prout, parlava di una sua reazione recente al «colpo mortale» inferitogli dalle analisi di Stas. Tale reazione era dovuta al fatto che (pag. 482): «The periodic recurrence of the properties of the elements with regular additions to the atomic weights, like octaves in a musical scale, put forcibly before us by Mendelejeff, makes it difficult not to think that there is a simple relation between the atomic weights, though there may be causes producing slight perturbation of such a relation».

¹² M. BERTHELOT, *L'Usat de la Matière - Les Multiples de l'Hydrogène et les Éléments polymères*, in *Les Origines de l'Alchimie*, Paris 1885, pagg. 288-293.

¹³ D. MENDELEEV, *The Periodic Law of the Chemical Elements (Faraday Lecture)*, J. Chem. Soc. (1889), 35, 654-656.

¹⁴ *Ibid.*, 35, pagg. 643-644.

¹⁵ D. MENDELEEV, *Principles of Chemistry*, London, 1905, vol. II, pag. 33. Il testo in questione è la traduzione ad opera di G. Kamensky della VII edizione di «*Osnovy khimii*», S. Pietroburgo, 1902. E a questa edizione inglese che faremo riferimento nelle note successive.

¹⁶ Questa ipotesi è comunque nata all'interno di una logica scientifica. Resta degna di attenzione l'ipotesi più «esterna», avanzata da L. Cerrini, che di Mendeleev e della legge periodica si è occupato particolarmente, di una avversione di Mendeleev per una dottrina dell'unicità della materia, in qualche misura legata all'educazione umanistica classicheggiante. Questa ultima era cara alla classe reazionaria e quindi venne osteggiata sempre più nel corso degli anni da Mendeleev, sostenitore di una cultura tecnica e scientifica, necessaria alla modernizzazione del suo paese. Su questo punto si veda specificamente L. CERRINI, *Lezioni dalla storia: le teorie come ostacoli epistemologici*, in «Atti del II Seminario di Chimica Inorganica e Metallorganica», Clusd. Milano 1986, pagg. 197-206.

La spettroscopia e le idee sulla unicità della materia.

L'evoluzione, che si ebbe nella seconda metà dell'ottocento, delle speculazioni su una materia prima alla base di tutti gli elementi ed in genere sulla possibilità di evidenziare la scomposizione di questi ultimi in costituenti più semplici, fu dovuta innanzitutto allo sviluppo degli studi degli spettri di emissione e di assorbimento.

Rispetto a questo punto occorre ricordare che indubbiamente, dal suo apparire agli inizi degli anni '60,¹⁷ l'analisi spettrale aveva fornito un importante contributo all'aumento del numero di elementi conosciuti, il che aveva favorito gli studi sulla periodicità culminati nel lavoro di Mendeleev. Tuttavia, negli anni successivi, lo studio degli spettri di emissione si legò sovente ad ipotesi sulla possibilità di decomporre i costituenti elementari: il fatto che lo spettro di emissione di un elemento apparisse più o meno complesso a seconda della sorgente di eccitazione utilizzata, poteva infatti essere ritenuto un segnale di decomposizione più o meno accentuata.

Un altro indizio di una natura composta di quelli che a questo punto diventavano «i cosiddetti elementi» era la coincidenza, vera o presunta, di alcune righe spettrali di elementi appartenenti allo stesso gruppo, che veniva vista come la traccia di un comune costituente da cui essi sarebbero stati formati. Di queste speculazioni, in cui si distinse l'inglese J.N. Lockyer (1836-1920),¹⁸ l'aspetto più pericoloso per le concezioni mendeleeviane era che una riga in uno spettro finiva per essere presa come indizio di un nuovo elemento, il che rischiava di sconvolgere in continuazione l'ordinata costruzione della tavola periodica, che aveva se mai bisogno di alcuni ben mirati nuovi inserimenti in certe caselle ancora vuote e non di continui attentati ad elementi già caratterizzati, che avevano trovato una precisa collocazione all'interno della classificazione mendeleeviana.

Mendeleev aveva già opportunamente sottolineato come lo spettro di emissione fosse caratteristico non dell'atomo ma della molecola.¹⁹ Anche successivamente egli mantenne una posizione di estrema cautela sulla interpretazione teorica dei fenomeni spettrali e, pur non escludendo che ci potesse essere qualche connessione tra peso atomico, analogie chimiche e posizioni delle righe dello spettro, continuò a ritenere che per il momento si era di fronte solo a tentativi che non portavano ad alcuna conclusione affidabile.²⁰

¹⁷ L'analisi spettrale come mezzo di indagine chimica venne introdotta come noto da R.W. Bunsen (1811-1899) e G. Kirchhoff (1824-1887) con le due memorie congiunte: a) R.W. BUNSEN, G. KIRCHHOFF, *Chemische Analyse durch Spectralbeobachtungen*, Pogg. Ann. (1860), 110, 161-189; b) R.W. BUNSEN, G. KIRCHHOFF, *Chemische Analyse durch Spectralbeobachtungen*, Pogg. Ann. (1861), 111, 337-382. In questa seconda memoria il nuovo metodo di analisi venne applicato per individuare due nuovi elementi del gruppo dei metalli alcalini, il cesio e il rubidio.

¹⁸ J.N. Lockyer dedicò a partire dagli anni '70 dello scorso secolo molti dei suoi scritti all'ipotesi sulla natura composta degli elementi. Relativamente al periodo di cui ci stiamo occupando si vedano ad esempio: a) J.N. LOCKYER, *Discussion of the Working Hypothesis that the so-called Elements are Compound Bodies*, Chem. News (1879), 39, 1-7; 11-16; b) J.N. LOCKYER, *The Supposed Compound Nature of the Elements*, Chem. News (1879), 40, 101.

¹⁹ D. MENDELEEV, *The Periodic Law of Chemical Elements*, (Rel. 1), Chem. News (1879), 40, pag. 243.

²⁰ D. MENDELEEV, *Principles of Chemistry*, (Rel. 13), Vol. I, pag. 391.

Il problema delle terre rare.

Un altro filone di ricerca, che finiva per dare sostegno alla teoria che gli elementi, determinati in base all'usuale definizione operativa lavoisieriana, non fossero in realtà i costituenti ultimi la materia, fu l'analisi delle cosiddette «terre rare». Tale gruppo di elementi, più tardi chiamati «lantanidi», era conosciuto solo in minima parte al tempo della prima enunciazione della legge periodica. Questo indubbiamente costituì un vantaggio per Mendeleev, che non dovette da subito cimentarsi col problema di dover trovare un posto a questi elementi, tutti praticamente uguali nelle proprietà chimiche e di peso atomico simile. La odierna loro collocazione collettiva in un'unica casella, nel terzo gruppo dopo il bario, si affermò definitivamente in realtà solo molto più tardi, a partire dalle ricerche di H. G. J. Moseley (1887-1915),²¹ quando divenne determinabile quale doveva essere il numero complessivo di lantanidi. Ma certamente per Mendeleev negli anni '70 e '80 dello scorso secolo, questa moltitudine imprecisata di nuovi elementi, tutti dal peso atomico incerto e comunque simile, che venivano annunciati e poi smentiti, si dividevano in due o tre per poi magari riunificarsi, sulla base delle particolari tecniche di separazione e di rilevazione utilizzate dal singolo ricercatore, dovette costituire un consistente punto oscuro della sua dottrina della periodicità. La posizione di Mendeleev fu quella di ignorare il più possibile questi nuovi elementi e di ritardarne l'inserimento nella sua tavola, adducendo il motivo giustificato della incertezza che regnava ancora su di loro.²² Tuttavia, anche quando l'esistenza di alcuni di essi venne confermata da più fonti autorevoli, Mendeleev, dopo aver tentato di metterne comunque alcuni nei posti vuoti del terzo e del quarto gruppo, serie pari, continuò a tener fuori i rimanenti (praseodimio, neodimio, gadolinio, erbio) dal suo sistema, relegandoli in una citazione in nota, in cui ammetteva che l'intero problema andava riaffrontato.²³ Egli mantenne sino in fondo delle riserve anche sulla proposta di uno dei più convinti assertori della legge mendeleeviana, il cecoslovacco B. Brauner (1855-1935), che ipotizzava un gruppo interperiodico per accogliere l'insieme di questi elementi.²⁴ Al proposito occorre dire che già le triadi del gruppo ottavo potevano essere viste come un «escamotage» per le terre rare si rischiava di dover costruire un nuovo e più grande «ospedale per incurabili», come era stata ironicamente definita²⁵ la collocazione di ferro, cobalto, nichel e degli altri elementi dell'ottavo gruppo.

È però opportuno a questo punto chiarire perché il proliferare di elementi del gruppo delle «terre rare» si risolveva in realtà in un rafforzamento delle ipotesi

²¹ H.G.J. MOSELEY, *The High-Frequency Spectra of the Elements. Part II*, Phil. Mag. (1914), 27 (6° S), 703-713.

²² D. MENDELEEV, *The Periodic Law of Chemical Elements*, (Ref. 1), Chem. News (1879), 40, 248, 251.

²³ D. MENDELEEV, *Principles of Chemistry*, (Ref. 13), Vol. I, pag. XVII (prefa).

²⁴ *Principles of Chemistry*, (Ref. 13), Vol. II, pagg. 105-124. Si tenga presente che queste pagine sulle terre rare, nella VII edizione del testo di Mendeleev, furono scritte proprio da Brauner, pensiamo soprattutto per l'evidente difficoltà di Mendeleev nell'affrontare il tema, uno dei più grandi problemi lasciati irrisolti dalla sua legge periodica.

²⁵ W. CHOCOMA, *Elements and Meta-Elements*, J. Chem. Soc. (1888), 55, 487-504.

sulla unicità della materia. Questo fu un persistente atteggiamento mantenuto rispetto al problema nel secolo scorso: tanto più gli elementi, i mattoni costituenti, aumentavano di numero, tanto più, riguardo alla costituzione della materia, si faceva strada un'idea di semplicità, la convinzione che la natura non potesse essere così complessa e disordinata, che sotto le apparenze degli elementi comunemente accettati in base al criterio lavoisieriano ci dovesse essere un principio unificante. In questo senso l'ordine del sistema periodico costituì a partire dalla fine degli anni '70 un punto fermo,²⁶ per cui non desta meraviglia che uno degli studiosi del problema della separazione degli elementi delle «terre rare», l'inglese W. Crookes (1832-1919), partisse per la sua rivisitazione del concetto stesso di elemento proprio dal tentativo di salvare il sistema periodico dall'invasione di decine di nuovi candidati. Vedremo però qui di seguito come l'evoluzione delle sue idee costituì oggettivamente un attacco alle fondamenta del sistema periodico mendeleviano, basato proprio sull'elemento per come si era andato delineando in tutto il diciannovesimo secolo e soprattutto sul peso atomico, inteso come essenziale tramite tra le proprietà osservabili delle sostanze e il mondo degli elementi chimici.

I meta-elementi di W. Crookes.

Le ricerche di Crookes nell'ambito delle terre rare si svilupparono dall'inizio degli anni '80, a partire dall'osservazione che ponendo in un tubo, in cui si era fatto il vuoto, certe sostanze e sottoponendole a scarica elettrica, esse emettevano luce fosforescente.²⁷ In particolare le terre rare davano uno spettro discontinuo, di aspetto diverso a seconda del campione analizzato. Questo parve subito a Crookes interessante ai fini della messa a punto di un nuovo metodo per rivelare la presenza anche in tracce di elementi conosciuti o per scoprirne di nuovi.²⁸

Su questo secondo punto le idee di Crookes subirono una indubbia evoluzione in poco tempo, come possiamo evidenziare analizzando i suoi lavori di quegli anni. Nel 1881 ancora affermava che uno spettro di fosforescenza non era sufficiente a stabilire l'esistenza di un nuovo elemento; questa poteva essere supposta solo quando si conosceva quali elementi noti potevano essere presenti nel campione e si era in grado di stabilire che nessuno di essi, da solo o in miscela, poteva dare lo spettro osservato.²⁹ Nel 1883, dopo aver osservato che l'ossido di ittrio (che come

²⁶ Abbiamo al proposito già citato G.D. Living (Ref. 11). Potremmo aggiungere la posizione sostenuta nel 1883 dal già ricordato J.H. Gladstone (cfr. Ref. 2) in *Rep. British Association for the Advancement of Science, Southport 1883*, 448-454. Egli, pur mostrandosi a questo punto non del tutto convinto delle evidenze sperimentali delle ipotesi sulla unicità della materia, affermava comunque che «the remarkable relations between the atomic weights of the elements, and many peculiarities of the grouping, force upon us the conviction that they are not separate bodies created without reference to one another, but that they have been originally fashioned, or have been built up from one another, according to some general plan» (pag. 455).

²⁷ W. CROOKES, *On Discontinuous Phosphorescent Spectra in High Vacua*, *Proc. Royal Society* (1881), 32, 206-213.

²⁸ W. CROOKES, *On Radiant Matter Spectroscopy. A New Method of Spectrum Analysis*, *Proc. Royal Society* (1883), 35, 262-271.

²⁹ Ref. 27, pag. 212.

noto, non fa in realtà parte dei lantanidi, ma si trova sempre associato ad essi in natura per la notevole somiglianza di proprietà non dava fosforescenza mentre la dava il suo solfato, attratto dall'estrema sensibilità del metodo Crookes giunse ad ipotizzare che esso potesse essere utilizzato per rivelare ittrio anche se presente in un minerale appena in una parte su un milione.²⁹ Il fatto che comunque lo spettro di fosforescenza di un elemento fosse notevolmente modificato dalla presenza di un altro gli faceva affermare ancora nel 1885 che le inferenze tratte dall'analisi spettrale non erano di per sé sufficienti a meno che lo spettroscopista non « camminasse mano nella mano » col chimico.³⁰

È a questo punto che in pochi mesi si assiste ad una svolta nell'atteggiamento di Crookes. Nel tentativo di arrivare ad una effettiva invarianza dello spettro di fosforescenza per l'ittrio, per evidenziarne le peculiarità rispetto a quelli di altri elementi dello stesso gruppo, egli sottopose i suoi campioni ad un lungo ed estenuante processo di separazione basato sulla precipitazione frazionata con una soluzione diluita di ammoniacca. Mano a mano che il processo di frazionamento proseguiva egli notava³¹ per le varie frazioni cinque differenti spettri in cui divenivano predominanti le cinque diverse regioni dello spettro originario dell'ittrio (Fig. 1).

L'ipotesi che minime impurezze di altri elementi di cui le frazioni andavano arricchendosi potessero alterare così profondamente gli spettri ottenuti sembrò inaccettabile per Crookes che giunse alla convinzione che con un sistematico lavoro chimico, unito ad un potente mezzo di rivelazione, egli era riuscito a separare differenti componenti di quello che sino ad allora era stato ritenuto un elemento puro.³² Crookes presumeva che tali frazioni dovessero presentare qualche minima differenza nel peso atomico, ma di fatto non era in grado di dimostrarlo.³³

Una possibilità a questo punto era sicuramente quella di dare a ciascuno di tali componenti la dignità di elemento, come ad esempio proprio in quegli anni aveva proposto L. F. Nilson (ricordato in nota 1 a proposito della scoperta dello scandio) per spiegare la complessità e la non invarianza degli spettri di assorbimento del didimio, del samario e delle altre terre rare.³⁴ Il problema era che in tale caso il sistema periodico avrebbe perso valore per l'aggiunta di un numero imprecisato di nuovi presunti elementi, che presentavano a volte lo stesso valore di peso atomico.

A questo punto Crookes trovò una sua soluzione al problema introducendo l'idea che in qualche caso il vecchio concetto di elemento andasse sostituito dall'idea di « gruppo elementare ». Questo raggruppamento era costituito di atomi non esattamente uguali, per cui il peso atomico che lo rappresentava era in realtà

²⁹ Ref. 28, pag. 271.

³⁰ W. CROOKES, *On Radiant Matter Spectroscopy. Part II. Samarium*, Proc. Royal Society (1885), 35, 414-422.

³¹ W. CROOKES, *On the Fractionation of Yttria*, Rep. British Association for the Advancement of Science, Birmingham 1886, 586-590, pag. 588.

³² Ref. 32, pag. 387.

³³ W. CROOKES, Rep. British Association for the Advancement of Science, Birmingham 1886, 558-576, pag. 571.

³⁴ G. KATZ, L.F. NILSON, *Studien über die Componenten der Absorptionsspectra erzeugenden seltenen Erden*, Ber. (1887), 20, 2134 (cf. Chem. News (1887), 36, 74-77 ... 172-173).

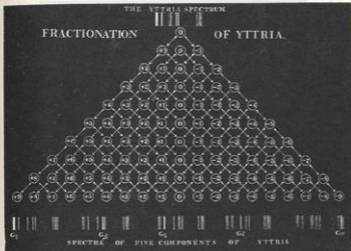


Fig. 1 - «Il frazionamento dell'itrio e gli spettri dei suoi cinque componenti» secondo W. Crookes (cfr. Ref. 32). Negli spettri le bande predominanti sono indicate con G₁, G₂, ecc.

solo una media tra i pesi degli atomi costituenti. I componenti il gruppo elementare, i cosiddetti «meta-elementi» erano i responsabili delle diverse bande ottenute spettroscopicamente e potevano essere separati tra loro, se sottoposti ad una opportuna reazione chimica. Questo era ad esempio per Crookes il caso del praseodimio e del neodimio individuati in quegli anni. Il vecchio didimio aveva un definito peso atomico, formava dei sali ben distinti ed era stato ritenuto un elemento fino ad allora. In un particolare processo chimico si era riusciti a dividerlo in due frazioni e quindi non poteva più essere considerato un elemento; ma nulla assicurava che le due frazioni non fossero a loro volta miscele di più componenti che aspettavano il processo opportuno per essere evidenziate. Il peso atomico costante poteva essere quindi non una certezza di essere arrivati a costituenti elementari ma solo che non si era trovato ancora il mezzo chimico per dividere ulteriormente una miscela di più componenti, a questo punto in numero e peso atomico del tutto imprecisabili.¹⁶ A questi componenti Crookes, proprio per salvare il sistema periodico non dava come detto il rango di elementi: nella tavola periodica a questo punto comparivano non più gli elementi, ma i gruppi elementari.

¹⁶ W. CROOKES, *Elements and Meta-Elements*, (Ref. 25), pag. 498.

Le speculazioni sulla genesi degli elementi.

Questa catena di ipotesi, legata all'interpretazione dei dati sperimentali a cui ho accennato, fu la base per una ardita speculazione sull'origine degli elementi, in quella che Crookes definì una «evoluzione inorganica». A partire dall'originale materia prima, il «protilio», in un processo di raffreddamento da una temperatura iniziale inconcepibilmente alta, si sarebbero via via formati i «cosiddetti elementi». Quando la successione di eventi che aveva portato alla formazione di un determinato raggruppamento di particelle prime era stata sufficientemente lenta, ciò aveva dato luogo ad elementi ben distinti e determinati. Quando invece il processo di raffreddamento era avvenuto più rapidamente si erano formati i costituenti elementari più vicini tra loro in peso atomico e proprietà, fino al caso limite delle terre rare, l'ammasso di cianfrusaglie cosmico («cosmical lumber-room»), di elementi arrestati prematuramente nel loro processo, i veri anelli mancanti di questa sorta di darwinismo inorganico.³⁷ La rappresentazione che dava Crookes del sistema periodico (Fig. 2) stava quindi proprio ad indicare questo filo evolutivo che legava tutti gli elementi realmente esistenti, che costituivano solo delle piattaforme di stabilità che avevano nel tempo assorbito gli instabili gradini della scala evolutiva, originariamente presenti intorno a loro.

La necessità del conservatorismo mendeleeviano.

È tempo ormai di abbandonare Crookes e la sua «immaginazione scientifica», lasciata forse, come lui stesso ammetteva, troppo «a briglia sciolta».³⁸ Torniamo in conclusione a Mendeleev e a come egli dovette considerare questi tentativi di legare sistema periodico e ipotesi sulla costituzione ultima della materia.

In queste speculazioni, come visto, si perdeva il significato stesso di elemento costruito in tutto l'ottocento, che Mendeleev aveva così chiaramente esplicitato sin dalla sua memoria del 1871, distinguendolo dall'idea di sostanza semplice, legandolo all'idea di atomo, chimicamente inteso, e precisando quali proprietà fossero intrinseche non della sostanza semplice ma dell'elemento.³⁹ Tra esse, fondamentale per la fondazione stessa del sistema periodico, era il peso atomico, un concetto fino ad allora di indistruttibile solidità, costruito grazie al lavoro di generazioni di chimici. Tale concetto non poteva essere messo da parte per far posto ad una definizione di

³⁷ Ref. 34, page 568-569.

³⁸ W. CROOKES, *Genesis of the Elements*, Chem. News (1887), 55, 81-88 e 95-99, page 99. Indubbiamente Crookes fu, e tale viene considerato dagli storici della scienza (cfr. ad esempio W. H. Brock, Ref. 4, page 179-181), il prototipo del «Victorian sage», incline sovente a lasciarsi oltre le esperienze di laboratorio in speculazioni ardite e ricche di fascino, caratteristica che condivise con J.N. Lockyer (ricordato in Ref. 17), l'altro grande scienziato inglese del periodo, sostenitore delle ipotesi sulla unicità della materia. Per quanto riguarda Crookes queste ardite ipotesi sono state collegate anche ad altri aspetti della sua personalità, mostrati ad esempio dal suo duraturo interesse per i fenomeni parapsichici (su questo si veda anche la biografia, sempre a cura di W. H. Brock, in C.G. GILBERT, *Dictionary of Scientific Biography*, Scribner's Sons, New York, Vol. III, 1971, page 474-482).

³⁹ D. MENDELEEV, *The Periodic Law of Chemical Elements*, (Ref. 1), Chem. News (1879), 40, pag. 243.

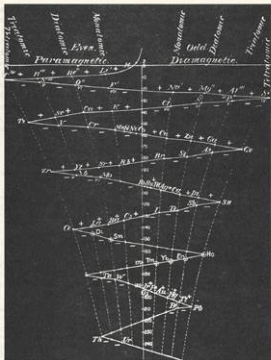


Fig. 2 - Il sistema periodico nella rappresentazione di W. Crookes (cfr. Ref. 34).

elemento solo in base ad una riga osservata mediante l'uso di questa o quella tecnica spettroscopica.

Per salvare il ruolo del peso atomico come valore assoluto caratterizzante l'elemento, Mendeleev risponderò più volte un'idea, che potrebbe perfino sembrare anacronistica anche rispetto all'epoca storica trattata, di un'applicazione del newtonianesimo in Chimica: la massa, e quindi il peso ad essa collegato, rappresentava l'attributo fondamentale a cui legare tutte le proprietà della materia.⁴⁰ Le leggi della

⁴⁰ Citato ad esempio dai *Principles of Chemistry*, (Ref. 15, Vol. II, pag. 31): «The mass of a

meccanica, in mano ad un futuro nuovo Newton, sarebbero un giorno divenute il principio universale unificante a cui avrebbero dovuto sottostare gli elementi chimici, che erano in natura i portatori della specificità e della individualità.⁴⁰

È inutile dire che questa parte delle idee di Mendeleev si sarebbe inevitabilmente rivelata insufficiente a reggere la sfida che pochi anni dopo avrebbero portato la scoperta dell'elettrone e dei fenomeni della radioattività.⁴¹ Ovviamente non era il peso atomico la variabile legata direttamente alla periodicità. Negli anni di cui ci siamo occupati però esso costituiva ancora l'unico dato certo utilizzabile dai chimici per passare dalle proprietà osservabili al concetto di elemento. Abbandonarlo in nome di tecniche, utili dal punto di vista analitico, ma che al momento non si era assolutamente in grado di padroneggiare teoricamente, avrebbe avuto come risultato la perdita di qualsiasi criterio di definizione operativa di elemento⁴² e quindi della possibilità di una sicura classificazione chimica della materia.

substance is that property on which all its remaining properties must be dependent, because they are all determined by similar conditions or by those forces which act in determining the weight of a substance, and this is directly proportional to its mass.

⁴⁰ Ad esempio nella conferenza alla Chemical Society del 1889 (Ref. 13, pag. 645) affermava: «Chemistry has found an answer to the question as to the causes of multitudes; and while retaining the conception of many elements, all submitted to a discipline of general law, it offers an escape from the Indian Nirvana — the absorption in the universal, replacing it by the individualised».

⁴¹ D'altro canto la rapida accettazione, da parte della comunità scientifica, della scoperta delle particelle subatomiche e dei fenomeni di transmutazione degli elementi legati ai processi di decadimento radioattivo è stata giustamente collegata proprio alla diffusione delle speculazioni proiettate tra i chimici dell'ottocento (vedi ad es. W.V. FARRAR, *Nineteenth-Century Speculations on the Complexity of the Chemical Elements*, Brit. J. Hist. Sc. (1963), 2, 297-323).

⁴² R.K. DeKosky (in *Spectroscopy and Elements in the Late Nineteenth-Century: the Work of Sir William Crookes*, Brit. J. Hist. Sc. (1973), 6, 400-429) ha sottolineato l'ambiguità e la nebulosità del concetto di elemento, che esce fuori dalla catena di ipotesi di Crookes, esprimendo anche giustificati dubbi su una presunta derivazione del moderno concetto di isotopo dall'idea di meta-elemento. Qualche riserva avanzerei invece sulla tesi di DeKosky di considerare parimenti nebulosa la situazione del concetto di elemento nel tardo ottocento presso tutta la comunità dei chimici. È ovvio che la moderna definizione di elemento è diversa da quella corrente per tutto il secolo scorso; tuttavia questa ultima appare ancora perfettamente chiara, non ambigua e fonnante, se contestualizzata agli anni di cui siamo trattando.

PAOLO MIRONE (*)

Wilhelm Ostwald fra «teoria» e «ipotesi» atomica (1890-1908) (**)

Wilhelm Ostwald between "atomic theory" and "atomic hypothesis" (1890-1908).

Summary - The evolution of Ostwald's ideas about the discrete constitution of matter is reviewed, from the original acceptance of atomic theory to its refusal in the name of energetics and then to the final full acceptance and its motivations. Finally Ostwald's position is contrasted with the attitudes of other contemporary advocates of anti-atomism.

Fra gli ultimi anni dell'800 e i primi del 900 si sviluppò un estremo tentativo di opposizione all'atomismo e alla teoria cinetica dei gas, ad opera principalmente di due fisici, Ernst Mach e Pierre Duhem, entrambi con forti inclinazioni filosofiche, e di un chimico, Wilhelm Ostwald, principale esponente di una concezione della natura che prese il nome di *energetica*.

Ostwald, tuttavia, non era stato da sempre un avversario della teoria atomica; nella seconda edizione del suo grande «Trattato di chimica generale», pubblicata a partire dal 1891, egli scriveva (corsivi miei):

«La teoria atomica di Dalton ha raggiunto un altissimo grado di verosimiglianza grazie all'assoluta validità dimostrata dalle tre leggi stechiometriche fondamentali... che ne conseguono... Poiché importanti ragioni parlano a favore della teoria atomica, e nessuna di qualche peso contro, essa è stata adottata anche nel presente libro».¹

Ma otto anni dopo la posizione di Ostwald cambia radicalmente. Egli si è convinto che l'*ipotesi atomica*, come la chiama ora,² è paragonabile a un'impalcatura che ha ormai esaurito la sua funzione ed è diventata un ingombrante residuo. Perciò, nella terza edizione della sua opera più diffusa, il «Compendio di chimica

(*) Dipartimento di Chimica, Università di Modena.

(**) Relazione presentata al IV Convegno Nazionale di «Storia e Fondamenti della Chimica» (Venezia, 7-9 novembre 1991).

¹ W. OSTWALD, *Lehrbuch der allgemeinen Chemie*, Vol. 1, Engelmann, Leipzig 1891, p. 16-17.

² Ostwald usava il termine «ipotesi» per le congetture scientifiche non controllabili e chiamava invece «postulati» le supposizioni utili al lavoro di ricerca (W. OSTWALD, *L'evoluzione d'une science: la chimie*, Flammarion, Paris 1910, p. 330).

generale», egli l'abbandona del tutto e modifica conseguentemente anche la terminologia: il peso atomico diventa «peso di combinazione» (*Verbindungsgewicht*), il peso molecolare determinato mediante la densità del gas «peso normale» (*Normalgewicht*), la gramma-molecola «mole» (*Mol*).¹ Per ironia della sorte, negli anni immediatamente precedenti (1894-1898) erano stati scoperti i gas nobili, così che Ostwald è costretto a usare il termine «peso di combinazione» per elementi incapaci di combinarsi come elio, neon e argon, o a quel tempo ritenuti tali come cripton e xenon (Fig. 1).

Latteggiamento di Ostwald nei riguardi dell'atomismo è presentato nella maniera più efficace e pittoresca in un testo divulgativo, «La scuola di chimica», scritto in forma di dialogo tra maestro (M.) e scolaro (S.):

M. - Che cosa trovi ancora di oscuro in questa legge [delle proporzioni multiple]?

S. - Oscura, a vero dire, non mi riesce per nulla: tuttavia io supponevo che, dietro di essa, si celasse qualche fenomeno più recondito, che fosse la vera base di una legge così meravigliosa.

M. - Mio Dio! A ogni modo è un concetto molto infantile. Mi ricorda quel contadino il quale, a chi aveva tentato di spiegargli il funzionamento della locomotiva, soggiungeva: «Va bene, tutto questo l'ho capito perfettamente; quello che non riesco a capire è dove si metta il cavallo che serve a tirare tutti questi vagoni». ... Di una simile sorta di cavallo è un centinaio di anni, in realtà, che i chimici si sono andati immaginando l'esistenza anche per la legge delle proporzioni multiple.

S. - Un cavallo? Come sarebbe a dire?

M. - Intendiamoci, ho parlato per metafora. Intendevo dire che anche gli scienziati, nei tempi scorsi sentirono il bisogno di rappresentarsi sotto una forma materiale la causa di questa legge; ché, senza questo fondamento, non avrebbero saputo immaginarsi come essa potesse esistere ...

S. - E in che cosa consiste questa specie, diremo così, di cavallo chimico?

M. - Già lo sai, è l'atomo.²

Sembra dunque che Ostwald intenda realizzare l'auspicio formulato molti anni prima da J.B. Dumas: «Se dipendesse da me, cancellerei la parola atomo dalla scienza, perché sono persuaso che essa va al di là dell'esperienza, cosa che in chimica non dovremmo mai fare». Ma Ostwald non possiede la prudenza di Dumas, che si era limitato a esprimere un auspicio, e forse sopravvaluta la propria influenza che pure è molto grande. La comunità dei chimici accoglie con freddezza le sue proposte, e l'unica innovazione terminologica che trova fortuna, peraltro ampia e immediata, è proprio quella meno impegnativa in senso antiatomistico: la mole.

La presa di posizione di Ostwald contro la teoria atomica era la conseguenza e lo sviluppo di quel «superamento del materialismo scientifico» da lui proclamato

¹ W. OSTWALD, *Grundriss der allgemeinen Chemie*, Engelmann, Leipzig 1899, p. 14.

² W. OSTWALD, *Die Schule der Chemie*, Vol. 2, Vieweg, Braunschweig 1904, p. 40 (Traduzione italiana: *Come si studiano i tempi*, Fratelli Bocca, Torino 1908, p. 75-76).

³ M.J. NYE, *Molecular reality*, MacDonald, London 1922, p. 6.

In der nachstehenden Tabelle sind die Verbindungsgewichte der bis jetzt bekanntesten Elemente zusammengestellt, wobei wie immer 0 = 16 gesetzt worden ist.

| | | | |
|-----------------|-------------|-----------------|--------------|
| 1. Aluminium | Al = 27.1 | 39. Neon | Ne = 20 |
| 2. Antimon | Sb = 120.3 | 40. Nickel | Ni = 58.7 |
| 3. Argon | A = 39.91 | 41. Niobium | Nb = 94.2 |
| 4. Arsen | As = 75.0 | 42. Osmium | Os = 192 |
| 5. Baryum | Ba = 137.43 | 43. Palladium | Pd = 106 |
| 6. Beryllium | Be = 9.08 | 44. Phosphor | P = 31.03 |
| 7. Blei | Pb = 206.91 | 45. Platin | Pr = 194.8 |
| 8. Bor | B = 11.0 | 46. Praseodym | Pr = 140.4 |
| 9. Brom | Br = 79.963 | 47. Quecksilber | Hg = 200.3 |
| 10. Cadmium | Cd = 112.1 | 48. Rhodium | Rh = 103 |
| 11. Calcium | Ca = 40.0 | 49. Rubidium | Rb = 85.4 |
| 12. Cäsium | Cs = 132.9 | 50. Ruthenium | Ru = 101.7 |
| 13. Cerium | Ce = 140 | 51. Samarium | Sa = 150 |
| 14. Chlor | Cl = 35.453 | 52. Sauerstoff | O = 16.00 |
| 15. Chrom | Cr = 52.1 | 53. Scandium | Sc = 44.1 |
| 16. Eisen | Fe = 56.0 | 54. Schwefel | S = 32.06 |
| 17. Erbium | Er = 166 | 55. Selen | Se = 79.1 |
| 18. Fluor | Fl = 19.00 | 56. Silber | Ag = 107.938 |
| 19. Gadolinium | Gd = 156 | 57. Silicium | Si = 28.4 |
| 20. Gallium | Ga = 69.9 | 58. Stickstoff | N = 14.041 |
| 21. Germanium | Ge = 72.3 | 59. Strontium | Sr = 87.61 |
| 22. Gold | Au = 197.2 | 60. Tantal | Ta = 183 |
| 23. Helium | He = 3.96 | 61. Tellur | Te = 127.3 |
| 24. Indium | In = 113.7 | 62. Thallium | Tl = 204.1 |
| 25. Iridium | Ir = 193.2 | 63. Thorium | Th = 232.4 |
| 26. Jod | J = 126.86 | 64. Thulium | Tu = 171 |
| 27. Kalium | K = 39.14 | 65. Titan | Ti = 48.1 |
| 28. Kobalt | Co = 59 | 66. Uran | U = 239.4 |
| 29. Kohlenstoff | C = 12.00 | 67. Vanadin | Vd = 51.3 |
| 30. Krypton | Kr > 45 | 68. Wasserstoff | H = 1.007 |
| 31. Kupfer | Cu = 63.6 | 69. Wismuth | Bi = 208.5 |
| 32. Lanthan | La = 138.5 | 70. Wolfram | W = 184 |
| 33. Lithium | Li = 7.03 | 71. Xenon | X > 65 |
| 34. Magnesium | Mg = 24.36 | 72. Ytterbium | Yb = 173.2 |
| 35. Mangan | Mn = 55.0 | 73. Yttrium | Y = 88.7 |
| 36. Molybdän | Mo = 96.0 | 74. Zink | Zn = 65.4 |
| 37. Natrium | Na = 23.06 | 75. Zinn | Sn = 118.5 |
| 38. Neodym | Nd = 143.6 | 76. Zirkonium | Zr = 90.6 |

Fig. 1

in una famosa conferenza, così intitolata, tenuta a Lubeca davanti al consesso dei naturalisti e medici tedeschi nel settembre 1895.⁵ In quella occasione Ostwald, prendendo le mosse dal fallimento delle teorie meccanicistiche della fisica ottocentesca (fallimento che egli estendeva anche all'atomismo daltoniano e alla teoria cinetica dei gas) e dalla constatazione che «a parte il tempo e lo spazio, l'energia è la sola grandezza comune a ogni ordine di fenomeni»,⁶ affermava la sua «concezione energetica del mondo» (*energetische Weltanschauung*), secondo la quale l'energia sarebbe l'unica realtà fondamentale soggiacente al mondo fisico, mentre la materia non sarebbe altro che «un raggruppamento di differenti energie ordinate insieme nello spazio».⁷

Ma Ostwald, pur rimanendo sempre un assertore convinto dell'energetica, non era uomo da chiudere gli occhi di fronte all'accumularsi delle prove sperimentali a favore della realtà degli atomi. Un tale atteggiamento si sarebbe difficilmente conciliato con la sua intensa attività sperimentale in diversi settori della chimica fisica, scienza di cui circa vent'anni prima egli era stato uno dei padri fondatori. In un breve scritto del 1907, intitolato «I destini dell'atomo», affiorano i primi, parziali ripensamenti, anche se alternati a residue frecciate polemiche contro gli atomisti, come dimostrano i seguenti passi (corsivi miei):

«[L'atomo] esisteva sicuramente soltanto nel suo [di Democrito] spazioso capo, da allora esso ha decisamente preferito questa ariosa dimora nelle teste degli uomini. Solo negli ultimissimi tempi ha cominciato ad abbandonarla, con quale successo e quali conseguenze vedremo più avanti».

«... fino ad oggi tutta la chimica si è sviluppata nel segno del concetto di atomo. Non c'è altro linguaggio che quello dell'atomistica per descrivere l'insieme di tutti questi fenomeni, e solo recentemente singoli ricercatori hanno cominciato a liberare qua e là il terreno della scienza da questi fiori della fantasia».

«Quale grido di trionfo avrebbero innalzato gli atomisti se egli [J.J. Thomson] avesse trovato lo stesso ordine di grandezza [per il rapporto massa/carica dei raggi catodici] che la teoria cinetica aveva calcolato da tempo! Ma gli successe come a Saul. Invece delle asine di suo padre, cioè i vecchi atomi rotondi, egli trovò un regno, l'elettrone. Ciò che egli trovò era infatti duemila volte più piccolo dell'atomo più piccolo...».

«La grande variabilità del concetto di atomo... sembra mostrare senza dubbio che esso è sempre stato un'immagine molto incompleta della realtà. Certamente questo concetto contiene degli elementi validi, accanto però a molti elementi superflui, e sono questi la causa della sua variabilità. Ma la mia professione di fede meto-

⁵ Sembra che Ostwald si sia preoccupato di dare la massima diffusione al testo di questa conferenza: esso fu pubblicato, con il titolo originale *Die Ueberwindung des wissenschaftlichen Materialismus*, su due riviste tedesche (*Naturwissenschaftliche Rundschau*, 1895, 557-560 e 567-572; *Zeitschrift fuer physikalische Chemie*, 18 (1895), 303-320) e nella raccolta di saggi *Abhandlungen und Vortraege* (Veit, Leipzig 1904). Inoltre una traduzione francese compare, con il titolo (traduzionale) *La déroute de l'atomisme contemporain*, sulla *Revue générale des sciences*, 6 (1895), 953-958 (cfr. anche p. 1069). Per le idee di Ostwald sull'energetica si veda anche l'appendice all'opera citata in (2).

⁶ W. OSTWALD, *Revue générale des sciences*, 6 (1895), p. 958.

⁷ *Ibidem*, p. 957.

dologica è espressa dalle antiche parole del Decalogo: «Non ti farai idolo né immagine alcuna. Non ti prostrerai davanti a loro e non li adorerai.» Come adempiere a questa legge severa? Posso rispondere soltanto: con la pura logica e la pura energetica».⁹

Il pieno riconoscimento della validità della teoria cinetica e dell'atomismo non tarda molto. Nella Zeitschrift fuer physikalische Chemie del 23 ottobre 1908 compare una recensione del libro di T. Svedberg «Studien zur Lehre von den kolloiden Loesungen» in cui Ostwald scrive, riferendosi alle esperienze dell'autore sul moto browniano (corsivo mio):

«... questa sembra essere effettivamente la prova sperimentale, a lungo cercata, della teoria cinetica, e [questo recensore] crede di poter dichiarare senza indugio che dopo la riuscita realizzazione di questa prova... per lui è ormai cessato il motivo per rifiutare tale teoria ...».¹⁰

Nel novembre dello stesso anno Ostwald licenzia la quarta edizione del già citato «Compendio di chimica generale» con una prefazione nella quale il riconoscimento della teoria atomica assume quasi un tono solenne (corsivi originali):

«Mi sono convinto che da breve tempo siano giunti in possesso delle prove sperimentali della natura discreta ossia granulare della materia, (prove) che l'ipotesi atomica aveva atteso vanamente da secoli, anzi da millenni. Da una parte l'isolamento e il conteggio degli ioni gassosi che hanno coronato con pieno successo i lunghi e notevoli lavori di J.J. Thomson, dall'altra l'accordo dei moti browniani con le conseguenze dell'ipotesi cinetica che è stato verificato da una schiera di ricercatori, e ultimamente nel modo più completo da J. Perrin, autorizzano ora anche lo scienziato prudente a parlare di una conferma sperimentale della natura atomica della materia estesa. Con ciò quella che è stata finora l'ipotesi atomica è assunta al rango di una teoria scientifica ben fondata ...».¹¹

Ma oltre a queste classiche prove Ostwald ne adduce nel testo una ulteriore, fondata sul comportamento dei sistemi dispersi (corsivi miei):

«... dalle emulsioni e sospensioni facilmente riconoscibili come eterogenee fino alle soluzioni vere e proprie ... si è osservata una serie di passaggi continui, che portano a concludere che tutti questi sistemi sono della stessa natura. In altre parole, i fatti sperimentali ... portano a considerare anche queste [le soluzioni vere] come miscele di particelle di specie diversa nel senso dell'ipotesi molecolare».

«... si tratta di eterogeneità spaziali sperimentalmente verificabili nella costituzione della materia, che escludono l'assunzione di un riempimento continuo dello spazio. È vero che queste discontinuità sono ancora al di sotto del campo immediatamente accessibile all'ultramicroscopio, tuttavia sono già molto vicine ad esso. Infatti dai valori della tensione superficiale si trovano per le «dimensioni molecolari» valori da 6×10^{-7} cm a circa 10 volte tanto, mentre l'ultramicroscopio arriva fino a

⁹ Die Schicksale der Atome (1907), in: W. OSTWALD, Die Forderung des Tages, Akademische Verlagsgesellschaft, Leipzig 1910, p. 196-201. I passi biblici a cui l'autore fa riferimento sono, nell'ordine: Samuele 9,3-10,1; Esodo 20,4,5.

¹⁰ W. OSTWALD, Z.phys. Chem. 64 (1908), 508.

¹¹ W. OSTWALD, Prefazione alla quarta edizione del Grundriss der allgemeinen Chemie. Questa prefazione è riportata anche nella successiva edizione del 1917.

circa 5×10^{-7} cm. *Resta dunque da superare un fattore di circa dieci, che in ogni caso non è un ampio intervallo.*¹²

È evidente in questo brano la preoccupazione di portare le molecole nell'ambito degli oggetti direttamente accessibili all'esperienza, o almeno quanto più possibile vicino ad esso, in trasparente risposta alle obiezioni dei positivisti più rigidi. A questo proposito vale la pena di confrontare la posizione di Ostwald con quella, forse meno esigente, di Henri Poincaré. In precedenza questi aveva tenuto un atteggiamento scettico, anche se non pregiudizialmente ostile, nei riguardi della teoria atomica. Ma nel 1912, riferendosi alle esperienze di Perrin, Poincaré affermava (corsivo mio):

«Gli atomi non sono più un'utile finzione; ci sembra che la situazione sia tale da poter dire che noi li vediamo perché sappiamo come contarli».¹³

Ben diverso fu l'atteggiamento di Mach e Duhem, che mantennero fino all'ultimo (morirono entrambi nel 1916) la loro strenua opposizione all'atomismo. Nella prefazione al suo libro sui principi dell'ottica Mach dichiarava nel 1913, con parole nelle quali si avverte un'ombra di stizza senile:

«Devo rifiutare di essere considerato un precursore dei relativisti con la stessa decisione con cui ho rifiutato il dogma atomistico dell'attuale scuola e chiesa.»¹⁴

E Duhem, dopo aver affermato, nella premessa alla seconda edizione (1914) del suo libro sulla teoria fisica, che gli sviluppi recenti della fisica teorica non gli sembravano tali da mettere in dubbio i principi da lui formulati nella prima edizione (1906), si esprimeva con queste parole sconolate:

«È vero che certe scuole hanno mostrato di disprezzarli; liberatesi dai vincoli che tali principi avrebbero imposto loro, esse hanno pensato di correre più agevolmente e più in fretta di scoperta in scoperta; tuttavia questa corsa sfrenata e disordinata all'inseguimento dell'idea nuova ha sbaragliato il campo delle teorie fisiche e ne ha fatto un vero caos dove la logica non ha più voce in capitolo e il buon senso fugge spaventato».¹⁵

Riferendosi principalmente a Ostwald (quello ante-1908) e a Mach, Einstein commentò:

«L'antipatia di questi studiosi verso la teoria atomica può farsi indubbiamente risalire al loro atteggiamento filosofico positivista. E questo è un interessante esempio del fatto che anche studiosi dallo spirito audace e dall'intuito sottile possono essere ostacolati da pregiudizi filosofici nell'interpretazione dei fatti».¹⁶

Mach era certamente un positivista, e come tale riteneva che nelle scienze della natura non si potesse ammettere alcun enunciato che non fosse verificabile empiricamente. Tuttavia i suoi criteri di verificabilità erano eccezionalmente rigorosi, e a quanto pare le prove della realtà atomica e molecolare portate dagli esperimenti di Thomson, Svedberg, Perrin e molti altri non erano in grado di soddisfarli.

Duhem muoveva da tutt'altre premesse filosofiche. Egli era un convinto soste-

¹² W. OSTWALD, *Grundriss der allgemeinen Chemie*, Steinkopff, Dresden und Leipzig 1917, p. 525.

¹³ *Ibid.* (5), p. 157.

¹⁴ *Ibid.* (5), p. 168 e 179.

¹⁵ P. DUHEM, *La teoria fisica: il suo oggetto e la sua struttura*, Il Mulino, Bologna 1978, p. 3.

¹⁶ A. EINSTEIN, *Autobiografia scientifica*, Boringhieri, Torino 1979, p. 32.

niore del valore della metafisica, ma tendeva a porre questa e la fisica su basi completamente indipendenti. Ciò lo portava a separare totalmente la fisica dalla metafisica e a collocarsi, almeno per quanto riguarda l'interpretazione delle teorie fisiche, su posizioni molto vicine a quelle dei positivisti. Per Duhem «una teoria fisica non è una spiegazione; è un sistema di proposizioni matematiche, dedotte da un ristretto numero di principi, il cui scopo è di rappresentare nel modo più semplice, completo ed esatto possibile un intero gruppo di leggi sperimentali». In altre parole, Duhem ammetteva soltanto teorie fenomenologiche (come, per esempio, la termodinamica classica) e ogni tentativo di andare al di là del livello fenomenologico rappresentava per lui un indebito sconfinamento nel campo della metafisica.¹⁷

Le idee filosofiche di Ostwald non erano così radicate e coerenti come quelle di Mach e Duhem. Egli condivideva l'atteggiamento positivistico della maggior parte degli scienziati del suo tempo; ma poi, alquanto contraddittoriamente e su basi non troppo solide, aveva adottato una concezione esclusivamente energetica della natura che lo aveva portato a professare una forma piuttosto ingenua di monismo.¹⁸ Non è azzardato pensare che, essendo i suoi «pregiudizi filosofici» meno robusti di quelli di Mach e Duhem, egli ne sia stato meno ostacolato. Ovvero che, almeno in questo caso, una filosofia debole abbia contribuito a rendere meno difficile il riconoscimento di una verità scientifica.

¹⁷ *Ibid.* (15), pp. XI-XII e 9-24.

¹⁸ Ernst Haeckel offrì a Ostwald la presidenza della Lega dei Monisti, da lui fondata nel 1906, e Ostwald accettò, essendo convinto che la sua era una genuina filosofia monistica (G. DONNAN, *J. Chem. Soc.*, 136 (1933) 316).

GIOVANNI SEMERANO (*)

La Fotochimica alla Scuola del prof. Arturo Miolati (**)

Motto: «Eine frühere Generation steckt den Pfad
Über den eine spätere wandert»
(proverbio cinese, R. HOSIYAN, 1982)

Summary - In this paper the scientific and human profile of Arturo Miolati (1869-1956), professor of Chemistry at the University of Padova from 1917 to 1936, is given.

Prof. Miolati was active in the photochemistry field and in this paper we discuss in detail the historical development of his thought and his scientific heritage.

Nella ricorrenza del IX Centenario dell'Università di Bologna (1988), è stato promosso un Congresso internazionale di Fotochimica destinato ad illustrare l'attività della Scuola bolognese in questo campo della Chimica [1]. Non sono mancati gli accenni ai rapporti con l'Università di Padova, una parte della cui attività è stata da me illustrata nel 1990 in occasione del 150esimo anniversario della nascita della Fotografia [2].

Mi è sembrato opportuno di portare a conoscenza di questo IV Convegno di Storia e Fondamenti della Chimica i rapporti tra le due Università nel campo della Fotochimica.

In ossequio alla odierna consuetudine di chiarire il contenuto di un articolo in base alla indicazione delle «parole chiave», inizierò il mio intervento definendo i tre vocaboli: Fotochimica, Scuola, Professore. Ad Arturo Miolati dedicherò poi un accenno, alla Sua figura di Scienziato e di Maestro. Seguirà quindi lo svolgimento del tema al quale è dedicato il titolo e il motto di questo articolo.

Fotochimica

Secondo una definizione recente [3], le reazioni fotochimiche sono quelle reazioni nelle quali la necessaria energia di attivazione (v. cinetica chimica) viene fornita sotto forma di energia radiante.

(*) Comunità Culturale «Arturo Miolati», Padova.

(**) Relazione presentata al IV Convegno Nazionale di «Storia e Fondamenti della Chimica» (Venezia, 7-9 novembre 1991).

In generale [3, 4] si accetta che le radiazioni interessate dalla fotochimica ($\lambda = 10^3 - 10^6 \text{ \AA}$) corrispondano a valori di energia compresi tra - 28 e - 280 Kcal/Mole (Ultravioletto, visibile, infrarosso).

Se le reazioni sono conseguenti ad irraggiamento con radiazioni di energia più elevata (ad es. raggi X, raggi gamma, ecc.) si parla di chimica delle radiazioni.

Si distingue poi tra fotochimica inorganica [5] e fotochimica dei composti organici [6].

Come vedremo meglio nel corso di questa esposizione, il limite verso le basse frequenze va notevolmente ampliato, per includere, ad esempio, radiazioni a radio-frequenze.

Capitoli della fotochimica che vengono spesso trattati separatamente sono poi la fotografia e la repografia [7].

Un'osservazione che va subito fatta è quella del limitato interesse rivolto alla fotochimica da moderni trattati di chimica generale e fisica e dai curricula degli studi universitari in chimica. La situazione si va però nettamente evolvendo in senso favorevole per merito di alcune sedi universitarie. È quello che risulterà chiaro dalle pagine seguenti.

Scuola

Va intesa come un'istituzione organizzata per l'istruzione, generalmente collettiva, e la preparazione specifica di allievi in una determinata disciplina, arte o professione. Essa tende a promuovere, nella pratica educativa, la libertà e la spontaneità del soggetto educando [8]. In senso estensivo, la Scuola è l'insieme dei seguaci di un Maestro o di aderenti a un comune indirizzo artistico, filosofico, scientifico. Essa prevede l'esistenza di imitatori o anche di continuatori dell'opera del

Professore

Non si intende certo, con questo titolo, uno degli attuali accademici o ricercatori universitari che si accontentano di avere raggiunto la comoda e facile vita di dipendente statale in attesa della pensione; o di persona che ostenta la propria dottrina e assume toni cattedratici. Ma di persona che, grazie a un tesoro acquisito di cognizioni e di esperienze, risulta all'altezza di contribuire in tutto o in parte all'altrui preparazione o formazione. Titolo quindi degli ordinari di università, usato generalmente anche da liberi docenti, associati, incaricati, equivalente a quello di Maestro, cioè di personalità più rappresentativa di un determinato indirizzo, avente cioè rara destrezza e competenza raffinata.

I «maestri» sono gli intempestivi, coloro che creano e distruggono per creare e non per conservare (Nietzsche). Per ulteriori considerazioni si rimanda a quanto già detto altrove [9].

Arturo Miolati (1869-1956)

Affinché le nuove generazioni sappiano, meditano e si comportino in conformità, ritengo opportuno di ricordare brevemente chi è stato il Prof. Arturo Miolati.

Professore ordinario all'Università di Padova di Chimica Generale dal 1917 al 1932 e di Chimica Fisica dal 1932 al 1937; professore incaricato di Chimica Teorica per l'a.s. 1925-26 e di Chimica Teoretica per l'a.s. 1926-27.

La Sua opera è stata illustrata da numerose commemorazioni [10] la più completa delle quali è quella di G.B. Kauffman.

A. Miolati è stato uno scienziato di ampi e vari interessi, spaziando in molti campi del sapere; da rigorose e profonde ricerche teoriche e sperimentali seppe ritrarre risultati fondamentali per lo sviluppo sia della Sua Scienza, sia di industrie che sono oggi vanto del nostro Paese.

Maestro severo ed affettuoso, è stato sempre pronto ad aiutare in qualsiasi modo gli allievi più meritevoli o bisognosi. Fu inoltre uno scrupoloso amministratore del danaro pubblico.

Grazie all'iniziativa e all'appoggio finanziario del prof. Luigi Amati, fedele allievo di Arturo Miolati, la Facoltà di Scienze dell'Università di Padova ha voluto onorare la memoria del Maestro istituendo un «Premio Arturo Miolati» da conferire a giovani scienziati, italiani o stranieri, in riconoscimento del contributo scientifico da loro apportato nel campo delle discipline coltivate da Arturo Miolati [11]. Da ricordare tra questi: D.E. Milligan (U.S.A.) per i suoi eminenti contributi nel campo della spettroscopia infrarossa di radicali liberi intrappolati in matrici rigide a basse temperature; J.W. Hunt (Canada) per i suoi contributi allo sviluppo di sofisticate tecniche di irradiazione con elettroni in grado di rivelare e analizzare specie aventi periodi di vita del nano- e pico-secondo; S. Trasatti (Milano) per le sue ricerche nel campo della chimica fisica ed elettrochimica delle interfaci metallo-soluzione; R. Bosio (Padova) per i suoi studi di cristalli molecolari a conducibilità metallica; R. Cervellati (Bologna) per la sua costante e intensa attività svolta nel campo della didattica chimica, così cara al compianto Maestro; U. Mazzacato per gli interessanti risultati da lui conseguiti nel campo della sensibilizzazione spettrale, specialmente per l'infrarosso, e le sue applicazioni spettroscopiche e fotochimiche; R. Ugo (Milano) per la sua attività nel campo della stereochimica dei composti inorganici otticamente attivi, dell'attività catalitica dei composti metalorganici del platino, del palladio e del rodio e, più in generale, della catalisi omogenea ed eterogenea e per gli studi storici della chimica.

Per iniziativa del sottoscritto, al «Premio Arturo Miolati», giunto alla fine, è succeduta la istituzione di una «Comunità Culturale Arturo Miolati» caratterizzata dal motto del Maestro «Alterius non sit, qui suis esse potest», che svolge intensa attività dal febbraio 1979, conferendo anche premi (Giovanni Previeri di Parma e Fausto Calderazzo di Pisa) e organizzando convegni [12].

Arturo Miolati e la Fotochimica

Dal già ricordato elenco delle pubblicazioni scientifiche di Arturo Miolati [11] risulta come il Suo interesse per la Fotochimica appaia chiaramente, dal titolo dei lavori, soltanto in epoca piuttosto recente (lavori n. 59 e segg.).

Limitandomi però all'attività fotochimica da me personalmente constatata, desidero ricordare che già nel 1928 si preparavano, con ottimi risultati, presso l'Istituto Chimico di Padova, sotto la guida diretta di A. Miolati, vari sensibilizzatori del gruppo delle carbocianine per lastre fotografiche infrarosse destinate alla fotografia attraverso la nebbia per scopi aerofotografici di interesse anche militare. In quegli anni io ero ancora studente di chimica; ricordo però benissimo come alcune stanze dell'Istituto si fossero trasformate in un laboratorio di sintesi organiche nel quale piccole e lussuose venivano fatte reagire in modo appropriato per fabbricare le cianine dai colori sgargianti e dai riflessi metallici allo stato solido. Preziosa si è dimostrata allora la competenza di chimica organica del Miolati risalente già ai primi anni della Sua attività scientifica.

L'azione sensibilizzatrice è stata poi esaminata dal sottoscritto allorché nel 1933 si recò ad Heidelberg presso il Prof. R. Mecke con lo scopo di studiare la spettroscopia infrarossa e Raman. Ho avuto così l'occasione di compiere alcune esperienze che permisero di proporre un meccanismo per l'azione dei sensibilizzatori fotografici per il rosso e l'infrarosso (1934-36), oltre che lo studio della stabilità delle loro soluzioni acquose [13].

Oltre ai libri e riviste di carattere fotografico di cui si dotava la biblioteca dell'Istituto, vanno ricordate le magnifiche fotografie ottenute dal prof. Emilio Viterbi, assistente del Miolati, delle Presalpi visibili da Padova ed il corso di Chimica fotografica del Viterbi a partire dal 1932, il primo di questa materia in Italia. Il Viterbi studiò inoltre gli sviluppi a grana fine e le loro applicazioni alla spettrografia (1928-29), l'azione dello sviluppo a grana fine di Capstaff in rapporto alla grana preesistente nella emulsione (1929), nuovi filtri per l'U.V. (1934) e l'impiego della fotografia infrarossa in ricerche di anatomia animale e vegetale (1935) [14].

Di quegli anni (1929-32) è anche la collaborazione col Miolati del prof. Luigi Amati con la produzione di un apparecchio generatore di onde elettromagnetiche ultracorte con il quale fu effettuata una serie di ricerche allo scopo di stabilire l'effetto di tali onde su sostanze chimiche definite [15]. Sempre sotto la guida del Miolati, Amati, dal 1934 al 1937, ha studiato un sistema di proiezioni fotografiche e cinematografiche a colori mediante reticoli di diffrazione, dispositivo del tutto originale che ha richiesto tra l'altro lo studio di sistemi di controllo fotoelettrico per la miglior riproducibilità dei reticoli interferenziali sul materiale sensibile [16]. Sempre con l'Amati (e collaboratori), il Miolati ha realizzato nel 1935 un particolare procedimento fotografico che dà la possibilità di mettere in evidenza e di decifrare scritture su «ostraka» completamente indecifrabili con altri sistemi [17].

Nel 1937 Miolati ha lasciato la cattedra con due anni di anticipo sulla data consentita (70 anni di età) nonostante i consigli e le assicurazioni dei Suoi allievi. Ma anche da Roma non ha interrotto la Sua collaborazione e direzione.

Limitandosi al campo strettamente di studio del comportamento fotochimico delle sostanze, è da registrare il Suo interesse per l'indagine di molti sistemi organici: una Sua lettera del marzo 1938 parla della Sua richiesta al Prof. N. Parravano e al C.N.R. di Roma di una sorgente a vapori di mercurio e relativo recipiente di quarzo e fornisce tutte le indicazioni circa la costruzione di analoghe apparecchiature.

Arturo Miolati non ebbe una vecchiaia felice. La Sua lunga e nobile esistenza si doveva chiudere tra le più dolorose rinunce.

Lo sviluppo storico dell'opera del prof. Arturo Miolati nel campo della Fotochimica

L'opera di un Maestro non si estingue con lui, ma si sviluppa e potenzia negli anni successivi. È stato detto: «Lasciate che i morti seppelliscano i morti e i vivi facciano vivere quello di vivo i morti lasciano dietro di sé» [18]. Enzo Biagi ha detto recentemente [19]: «Io penso che in ogni uomo ci sia una scintilla di eternità: o c'è in tuo figlio o in qualcosa che hai scritto o in un incontro in cui hai dato gioia a un altro».

Ricordo pertanto alcune attività nel campo della fotochimica che possono essere considerate come sviluppo storico dell'opera del Miolati.

1. Mio interessamento alla xerografia [20] che doveva costituire la base per lo sviluppo dei moderni sistemi di fotocopiatura.

2. Su richiesta del prof. G. Occhialini, mio interessamento, assieme al prof. Giovanni Giacometti, alle lastre nucleari.

3. Inizio dell'attività fotochimica del prof. Ugo Mazzucato che avrebbe poi apportato collaborazioni preziose e attività fotochimica di valore internazionale [21].

4. Contatti con il dr. Paolo Bassignana della Soc. Ferrania e collaborazione scientifica e finanziaria per destare e sviluppare l'interesse accademico nel campo della fotografia (1959 e 10 anni successivi). Collaborazione dei dott. Ajmar, Bigogno, Favero, Foffani, Franchi, Peelle, Valbusa, Zennari e molti altri. Soprattutto del prof. U. Mazzucato e dei proff. J. Eggert e W.F. Berg di Zurigo.

5. Le relazioni sull'attività di ricerca dell'Istituto di Chimica Fisica dell'Università di Padova degli anni 1961-64 trattano con dettaglio dei vari temi di fotochimica affrontati, quali: resa quantica per la reazione di fotoisomerizzazione di stirlpiridine, complessi di trasferimento di carica tra iodio e isomeri delle stirlpiridine, luminescenza di carbocianine simmetriche e merocianine a 77 K; apparecchio per la fotolisi a lampo; studio fotochimico di isotiocianati; equilibri acido-base e cinetiche di ossidazione termica e fotochimica del fenidone e suoi derivati. Esse accennano però all'avvenimento più importante di quegli anni, cioè alla istituzione per opera di G. Semerano (con la preziosa collaborazione dei proff. V. Caglioti e A. Breccia) del:

6. Centro di Fotochimica e Radiazioni di Alta Energia del C.N.R. (diventato poi Laboratorio e Istituto) con sede a Bologna e a Legnaro (Padova). Tra le attività di questo Centro vanno ricordati:

7. L'organizzazione di due congressi internazionali, l'uno a Torino (1963) di Fotografia generale, che doveva preludere alla fusione tra la Ferrania e la 3M (USA), l'altro a Bressanone (1967) di sensibilizzazione spettrale e alla pubblicazione dei relativi Atti in due volumi della Fokal Press diretta dal Berg. Il trasferimento ai ricercatori dell'Istituto Chimico «G. Ciamician» di Bologna (specialmente V. Carasiti e V. Balzani) delle iniziative fotochimiche.

Con questo trasferimento si realizzava la saldatura ideale tra le attività fotochimiche delle due sedi universitarie, quella di Bologna e quella di Padova, facenti capo ai due Maestri: Giacomo Ciamician e Arturo Miolati, entrambi allievi a Roma del grande Stanislao Cannizzaro, sia pure in diverso periodo di tempo.

L'attività bolognese, ridotta per qualche tempo dopo la morte del Ciamician,

ha ripreso nuova vita, per opera di G.B. Bonino [22], nel campo della fotochimica dei composti inorganici di coordinazione (composti studiati a fondo da A. Miolati assieme ad A. Werner) e si è poi sviluppata alle Scuole di V. Carasiti e V. Balzani a Ferrara e Bologna.

Nuovi contatti si registrano attualmente con riferimento alla sintesi clorofilliana e all'impiego dei composti inorganici per la conversione dell'energia solare.

Concludo questa esposizione ricordando il mio tentativo, ben presto abortito (1970) di fondare, presso la Facoltà di Chimica Industriale dell'Università di Venezia, una scuola di Fotografia moderna e di Scienza e Tecnologia dell'Immagine.

Desidero inoltre ricordare l'interessante recente articolo editoriale di V. Balzani [23] nel quale si parla di nuovi orizzonti della Fotochimica. Da esso risulta l'attuale interesse per il comportamento di speci molecolari e supermolecolari che presentano nuove forme, che dispiegano nuove proprietà e possono essere usate per nuovi processi. Da ricordare infine le recenti ricerche di G. Giacometti e collaboratori sulla Chimica Fisica della Fotosintesi [24].

Non si può fare a meno a questo punto di pensare all'opera magna di A. Miolati, una vasta opera dal titolo «Panorami chimici» nella quale Egli esponeva le Sue teorie sulla chimica organica, una sintesi del lavoro di tutta la Sua vita, rimasta incompiuta a causa delle condizioni di salute e della Sua riluttanza a stamparla prematuramente, conducendosi così a sottovalutare l'importanza del Suo lavoro.

BIBLIOGRAFIA

- [1] V. CARASITTI, *History of Photochemistry at the University of Bologna. A Search for the Motivation of Research* EPA Newsletter, n. 33, luglio 1988, 11-18.
- [2] G. SEMERANO, *I 150 anni della Fotografia (1839-1989). Il Contributo della Scuola del Prof. Arturo Molteni. Imaging Science and Technology*, Atti del III° Convegno Nazionale di Storia e Fondamenti della Chimica, Ed. Bennet, 1991, 324-5.
- [3] P. SUEVITRONI, *Fondamenti di Chimica*, Libreria Eredi Virgilio Veschi, Roma, 3° Ed. 1970, 459-60 ed. successive.
- [4] *Enciclopedia della chimica*, ISEDI, Ist. Naz. Intern., vol. 1°, 5-93.
- [5] A.W. ADAMSON, *Enciclopedia Internazionale di Chimica*, Ed. PEM, Roma, vol. 5°, 84-103.
- [6] F. KORTY, *Enciclop. PEM*, vol. 5°, 108-30. J.C. SCALANO, *CRC Handbook of organic chemistry*.
- [7] G. PASINI, *Enciclop. PEM*, vol. 5°, 150-9.
- [8] G. DEVOTO e G.C. ORI, *Vocabolario illustrato della Lingua Italiana*, vol. II°, p. 989.
- [9] G. SEMERANO, *Memorie di un chimico fisico, analitico, ottuagenario*, II° Convegno Nazionale di Fondamenti e Storia della Chimica, Roma, 14-16/IX/1987.
- [10] G. BRAGAGNORO, «La Chimica e l'Industria», 39, 101-2 (1957); C. SANDONNINI, *Atti Ist. Veneto Sci. Lett. ed Arti*, 115 (1956-57); *Ann. Univ. Padova*, s.a. 1957-58; A. NABBI, *Atti Accademia delle Scienze di Torino*, 94 (1959-60); G.B. KALFFMAN, *Istis*, 61, 2, n. 207, 241-53 (1970); G. SEMERANO, *Ediz. Sci. Tech. A. Mondadori*, vol. II°, pp. 399-400 (1975).
- [11] L. AMATI e G. SEMERANO, *Mem. Sci. Fis. e Nat., Rend. Accad. Naz.* XL, (V), 9(11), 53-62 (1983).
- [12] G. SEMERANO, *La Comunità culturale «Arturo Molteni»*, CNS (La Chimica nella Scuola) n. 3/4, 1988.
- [13] G. SEMERANO e R. MECKE, «Zachr. Elektrochem.», 40, 511 (1954); G. SEMERANO, «Ann. Chim. Appl.», 25, 473-81, 668-76 (1955); «Gazz. Chim. Ital.», 66, 154-62 (1936).
- [14] G. SEMERANO, Atti di questo Convegno.
- [15] L. AMATI, «Ann. Chim. Appl.», 22, 803-11 (1932).
- [16] G. SEMERANO, *Luigi Amati: un esempio e un insegnamento*, Atti III° Convegno Naz. Storia e Fondamenti della Chimica (1990), pp. 391-402.
- [17] A. MOLATI, L. AMATI, C. BOCCA, *Atti IV° Congr. Intern. Papirologia*, Firenze, Aprile-maggio 1955, 77-83.
- [18] L'Espresso, 22.1964, *Antigone alla nascita*.
- [19] S. ZORI, ENZO BIGGI, *Come parlare di peccatori in terra di Santi*, Corriere della Sera, 23.10.1991, p. 3.
- [20] G. SEMERANO, *Xerografia*, «Ricerca Sci.», 19, 1119-25 (1949).
- [21] U. MAZZUCATO e A. FUFFANI, *Sull'azione di luce ultravioletta su soluzioni acquose di N-ossido di piridina*, «Ric. Sci.», 26, 2164 (1956). U. MAZZUCATO, *Archiv. a Padova, Bologna e Perugia. Curriculum didattico e scientifico* (dic. 1986). Più di 100 lavori, Comunità culturali «A. Molteni», Archivio.
- [22] G.B. BONDI, V. CARASITTI, V. BALZANI, A.M. MARINANGOLI, «Ann. Chimica», 50, 782-790 (1960).
- [23] V. BALZANI, EPA Newsletter n. 42, luglio 1991.
- [24] G. GIACOMETTI, Conferenza all'Accademia Nazionale dei Lincei, 9 gennaio 1993.

GIOVANNI SEMERANO (*)

Ricordo del prof. Emilio Viterbi nel centenario della nascita (**)

Summary - In the paper the profile of Emilio Viterbi (1891-1965), professor of "Chemistry and Photography" at the University of Padova is given. He was active in several fields such as absorption and emission spectrography, scientific photography, spectrographic analysis of biological materials.

Emilio Viterbi nacque a Padova l'11 giugno 1891 e si è spento a Roma il 9 febbraio 1965.

Dopo aver compiuto gli studi universitari in chimica, sempre a Padova, si era laureato nel 1914, al tempo cioè in cui l'Istituto Chimico era diretto dal prof. Giuseppe Bruni; a questi succedette nel 1917 il prof. Arturo Miolati che doveva fermarsi fino al 1936, mentre il Viterbi era costretto ad allontanarsi, qualche anno dopo, da questa città, alla quale era molto legato, a seguito delle persecuzioni razziali, trovando sicuro ed ospitale asilo in Assisi dove, per coraggio e abnegazione di Uomini degni di questo nome, poté trascorrere gli anni terribili della guerra salvando la sua vita e quella dei suoi familiari.

Emilio Viterbi ha conseguito nel 1929 la libera docenza in Chimica Generale e, a partire dal 1932, ha tenuto presso l'Università di Padova un corso di «Chimica Fotografica» che è stato il primo insegnamento universitario in Italia nel campo della Fotografia; su questo argomento pubblicò vari lavori dei quali avremo occasione di parlare in seguito.

È stato socio corrispondente dell'Accademia Patavina di Scienze, Lettere ed Arti e Accademico residente dell'Accademia Tiberina di Roma, nonché membro dell'Accademia Provenziana del Subasio e socio benemerito della «Pro Scientia» di Roma.

L'attività scientifica del Viterbi inizia nel 1913 con uno studio [1, 2] sull'esistenza in natura di composti a composizione variabile, con particolare riguardo al minerale piromorfite cloro- o fluoro-fosfato di piombo. Le ricerche su questo

(*) Comunità Culturale «Arturo Miolati», Padova.

(**) Relazione presentata al IV Congresso Nazionale di «Stoia e Fondamenti della Chimica» (Venezia, 7-9 novembre 1991).

argomento avevano trovato la loro origine dalle lunghe discussioni tra mineralisti, cristallografi e chimici intorno alla distinzione fra sali doppi e miscele isomorfe in certi casi dubbi (dolomite, arsenopirite, zircono, zeoliti, ecc.), discussioni che in quegli anni erano di nuovo tornate di attualità, in seguito alle ricerche sulle leghe metalliche che avevano portato nuova luce sulla questione dei limiti tra composti o individui chimici da un lato e miscele omogenee o soluzioni dall'altro.

Seguirono gli anni della prima guerra mondiale dei quali non mi è stato possibile trovare notizie esaurienti sull'opera svolta dal Viterbi [3].

Nel 1924 Egli pubblicava una dettagliata nota compilativa su «La spettrografia di assorbimento nelle regioni visibile e ultravioletta» [4]. In essa si illustravano innanzitutto le vaste possibilità di impiego della spettroscopia e della spettrografia in vari campi della Scienza e della Tecnica; dopo un esame critico dei dispositivi sperimentali impiegati dai vari autori, Egli si soffermava, in particolare, sull'uso, come sorgente luminosa, della scintilla ad alta frequenza proposta nel 1913 da Victor Henri per ottenere uno spettro ultravioletto continuo e sui miglioramenti da Lui apportati a Padova dopo un Suo perfezionamento nel 1923 a Zurigo da Henri.

Dopo questa nota introduttiva, il Viterbi pubblicava l'anno dopo i risultati di uno studio sperimentale quantitativo sull'assorbimento ultravioletto delle soluzioni acquose di permanganato potassico [5]; ne rilevava inoltre anche lo spettro nella regione, a quel tempo ancora non studiata, compresa tra 468 e 700 nm. Si è trovato così nella necessità di pancromatizzare le lastre fotografiche in maniera il più possibile omogenea, ricorrendo ai sensibilizzatori allora disponibili in commercio [6] e di quelli che venivano man mano preposti [7].

In quegli anni io ero ancora laureando di chimica, ricordo però benissimo come le stanze dell'Istituto che il Viterbi occupava si erano trasformate in un laboratorio di sintesi organiche nel quale picoline e luidine venivano fatte reagire in modo appropriato per fabbricare le cianine dai colori sgargianti e dai riflessi metallici allo stato solido.

L'interesse generico creato nell'Istituto Chimico di Padova ad opera del Viterbi per la spettrografia di assorbimento e per la fotografia scientifica si sarebbe poi notevolmente ampliato e sviluppato a livello internazionale.

Anche nel campo della spettrografia di emissione, il Viterbi ha portato qualche contributo di notevole pregio; Egli ha elaborato un metodo semplice e sensibile di analisi chimica spettrografica basato sull'uso delle righe ultime, adatto per piccolissime quantità di sostanza o di soluzioni molto diluite.

Nel proposito di migliorare sempre più la tecnica di rilevamento fotografico degli spettri di assorbimento, il Viterbi passava ad occuparsi degli sviluppatori a grana fine. Erano gli anni in cui si dava molta importanza a questi rivelatori trovando essi un'immediata e pratica applicazione allo sviluppo delle pellicole cinematografiche; il Viterbi riconobbe subito la loro importanza per ottenere buone risoluzioni di righe spettrali assai vicine e dedicò la sua attenzione a particolari rivelatori e sviluppatori di tali lastre [11-14].

Spettrografia e fotografia nei campi ultravioletto, visibile ed infrarosso sono state applicate successivamente dal Viterbi a vari campi della Scienza e della Tecnica.

Già nel 1927 Egli collaborava con il Clinico A. Dalla Volta nelle ricerche sul comportamento spettroscopico delle cloroemoglobine di varie specie animali ponendo le basi per un nuovo metodo, anche di interesse legale, per l'analisi specifica del sangue [10].

Altre ricerche da ricordare quelle basate sull'opacità differenziale nell'infrarosso e che hanno permesso di mettere meglio in evidenza particolari componenti anatomici.

Il Viterbi ha collaborato con il botanico S. Tonzig in una serie di osservazioni fotografiche sui vegetali. Tali osservazioni avevano il duplice scopo: da una parte quello di analizzare con riferimenti fisiologici ed ecologici quale importanza possano avere per le piante le radiazioni infrarosse, dall'altra quello di studiare le peculiari proprietà di penetrazione di tali radiazioni.

Altre ricerche più recenti sull'applicazione della fotografia I.R., basate sulla permeabilità di tessuti umani a tali raggi, riguardano l'esame delle vene attraverso lo strato cutaneo, di notevole aiuto per lo studio delle vene varicose e di alcune modificazioni delle vene superficiali in rapporto a disturbi cardiaci e ad alcuni tumori [21].

Non va inoltre dimenticata la fotografia del sottotrato dei dipinti esaminato attraverso quello superficiale.

Il Viterbi ha dimostrato il notevole vantaggio che si può conseguire con la fotografia di transilluminazione I.R. rispetto a quella nel visibile. Egli ha così accertato che la debolezza e la mancanza di precisione delle ombre fornite dai tessuti ossei sono dovute certamente, in buona parte, al carattere traslucido della permeabilità degli altri tessuti della mano. Questi studi hanno suggerito a C. Barato alcune considerazioni parapsicologiche che cercano di dare una spiegazione alle osservazioni sull'aura.

Negli ultimi anni della sua attività scientifica, il Viterbi ha rivolto particolare attenzione ai problemi della monocromatizzazione della luce nei vari campi spettrali e della loro influenza psicologica e fisiologica sugli esseri viventi [22]. Egli ha richiamato l'attenzione sul fatto che molte ricerche moderne sono state eseguite con metodi rigorosamente scientifici riguardo alla maggior parte dei dispositivi sperimentali e dell'interpretazione dei risultati ottenuti, che però molto spesso la scelta dei colori e delle luci colorate è stata fatta in modo assolutamente empirico.

L'attività scientifica di Emilio Viterbi si chiude con queste ricerche sui colori puri e sulla loro importanza per la vita dell'uomo [23-24].

Resta da considerare l'attività didattica del Viterbi. Dal materiale a mia disposizione risulta che le Sue lezioni, corredate da esperienze e proiezioni, erano un modello di chiarezza e di precisione; si ritrova in esse lo stesso carattere di eleganza e proprietà che il Viterbi poneva nelle Sue ricerche sperimentali.

Questo ricordo si chiude riconoscendo in tutta l'opera del Viterbi un motivo di armonia e di amore del bello, tanto caratteristico della Sua gente.

BIBLIOGRAFIA

- [1] E. VITERRI, *Contributo allo studio dell'esistenza in natura di composti a composizione variabile*, *Pisomorfia*, Padova 1913, Soc. Coop. Tip.
- [2] M. AMADORI ed E. VITERRI, *Sulla composizione delle pirromorfite*, «*Mem. R. Accad. Lincei*», 311, 385-408, 1914.
- [3] T. GONZATO ed E. VITERRI, *Il potere rotatorio della nicotina in miscugli di acqua ed alcool metilico*, «*R. Ist. Ven.*» LXXIV, 1779-1793, 1915.
- [4] E. VITERRI, *La spettrografia di assorbimento nelle regioni visibile ed ultravioletta*, *Atti dell'Accad. Ven. Trent. Istriana*, XV, 1924.
- [5] E. VITERRI, *Ricerche quantitative sull'assorbimento ultravioletto delle soluzioni acquose di permanganato potassico*, «*Gazz. Chim. Ital.*», LV, 127-35, 1925.
- [6] E. VITERRI, *Ricerche sulla pancromatizzazione delle lastre fotografiche da impiegarsi nella spettrografia visibile*, «*Gazz. Chim. Ital.*», LVI, 612-20, 1926.
- [7] E. VITERRI, *Ricerche sull'azione sensibilizzante di alcuni pancromatizzatori*, «*Il Progresso Fotografico*», XXXIV, 1-5 e 37-41, 1927.
- [8] E. VITERRI, *Degli spettri di assorbimento ultravioletto delle soluzioni dei cloruri di calcio, stronzio e bario*, «*Gazz. Chim. Ital.*», LVII, 615-20, 1927.
- [9] E. VITERRI e G. KRÖSTZ, *Sullo stato dei cromati e dell'arabide cromica in soluzione*, «*Gazz. Chim. Ital.*», LVII, 690-705, 1927.
- [10] A. DALLA VISTA ed E. VITERRI, *Ricerche spettrografiche sulle cloromugliature ottenute dal sangue di alcune specie animali*, «*Soc. Ital. Biol. Sperim.*», 431-37, 1927.
- [11] E. VITERRI, *Gli sviluppi a grana fina*, «*Nuovo Cimento*», VI, 1929; «*R. Accad. Padova*», XLIV, 1929.
- [12] E. VITERRI, *Fine grain Developers and their Application to Spectrography*, *Proc. 6^o Congr. of Phot.*, 365-66, 1928.
- [13] E. VITERRI, *Die Feinbauentwicklung etc.*, «*Phot. Korz.*», LXV, 108-10, 1929.
- [14] E. VITERRI e A. BARBATO, *Sull'azione dello sviluppo a «grana fina» di Capstaff in rapporto alla grana preesistente nell'emulsione fotografica*, «*Ann. Chim. Appl.*», XIX, 306-9, 1929.
- [15] E. VITERRI, *Un metodo semplice e sensibile di analisi clinica spettrografica*, «*Ann. Chim. Appl.*», XIX, 329-33, 1929.
- [16] E. VITERRI e W. CIOLINI, *La fotografia con l'infrarosso utilizzata in ricerche anatomiche*, «*Boll. Soc. Ital. Biol. Sperim.*», IX, 97-8, 1934.
- [17] E. VITERRI e W. CIOLINI, *Capacità differenziale all'infrarosso utilizzata in ricerche anatomiche*, «*Monitore Zoologico Italiano*», XIX, 12-7, 1934.
- [18] S. TONZIG ed E. VITERRI, *Osservazioni fotografiche sui vegetali mediante le radiazioni infrarosse*, «*Atti R. Ist. Ven.*», CXIV, 143-59, 1933.
- [19] E. VITERRI, *Si di un nuovo filtro per l'ultravioletto*, «*Atti Accad. Scient. Ven. Trent. Istriana*», XXV, 1934.
- [20] E. VITERRI, *Fenomeni di fluorescenza eccitati da radiazioni del medio ultravioletto*, «*Mem. Accad. di Padova*», LIV, 1938.
- [21] E. VITERRI, *Sulla permeabilità di reattivi ionici ai raggi del vicino infrarosso*, «*Mem. Accad. Padov. di SS.LL.AA.*», LXVII, 1954-55.
- [22] E. VITERRI, *Alcune considerazioni sulla scelta dei colori da impiegarsi in cromo-terapia*, in *Studia Parapsychologica*, Atti III Congr. della Soc. Ital. di Parapsicologia, maggio 1956, Roma.
- [23] E. VITERRI, *L'uomo e il colore. Uno sguardo generale sull'argomento*, Atti del I Congr. dell'Istituto Nazionale del Colore, Padova, giugno 1957, 11 pp.
- [24] E. VITERRI, *Un nuovo filtro di luce per fotografie ultraviolette*, «*La Ricerca Scientifica*», 29, 1974-76, 1959.

LUGI CERRUTI (*)

**Le parole / preferiscono il sonno.
Analisi linguistica e pratica storiografica (**)**

0. LINGUISTICA E STORIOGRAFIA: UNA SCELTA

a una a una connesso
le parole come un vecchio
che picchia sopra i legni
per costruire una barca inutile

F. FORTINI, 1973

La storiografia critica difficilmente può fare a meno della critica storiografica, e questa, fortunatamente, ha avuto anche nel campo della storia della scienza numerosi, significativi contributi. Nel nostro settore, tuttavia, la critica ha davanti a sé un ostacolo formidabile perché è la definizione stessa di scienza e di scienziato a dover essere messa in discussione; come ha notato Helge Kragh: «I criteri di demarcazione, come quelli che si ritrovano nella filosofia della scienza, sono basati essenzialmente su riflessioni che riguardano la scienza fisica moderna e sembrano essere inadatti per un uso storico». Giustamente Kragh generalizza subito il problema: «La visione che oggi abbiamo della scienza è essa stessa il prodotto di un processo storico, di una battaglia a cui solo le opinioni vittoriose sono sopravvissute» (Kragh, 1989:24). Da parecchi anni una parte degli storici della scienza ha assunto come uno dei propri punti di partenza per l'indagine storiografica la constatazione che «nella storia delle idee [...] le resistenze e le strategie di difesa sono non meno rilevanti, e certo non meno interessanti da analizzare, delle affermazioni e delle scoperte delle verità» (Rossi, 1979:308). Nel complesso, però, mi pare di cogliere un ottimismo eccessivo in certe posizioni, come quando Roy Porter, afferma: «È a ragion veduta che l'attuale storia della scienza ha respinto la semplice storia Whig, ha guardato al passato con occhi diversi dal senno di poi e ha fatto attenzione ai 'perdenti' della scienza, così come ai 'vincitori'» (Porter, 1990:43). In realtà dubito

(*) Dipartimento di Chimica Generale ed Organica Applicata, Università di Torino.

(**) Relazione presentata al IV Convegno Nazionale di «Storia e Fondamenti della Chimica» (Venezia, 7-9 novembre 1991).

che la produzione nel campo della storia della scienza sia così orientata *in modo maggioritario*, e d'altra parte la natura *wiggish* della storiografia della scienza ha radici molteplici, come lo stesso Porter ha da parecchio tempo dimostrato (ad es. in (Porter, 1976)). Io stesso mi sono recentemente impegnato a individuare alcune 'dannate questioni' tipiche della storiografia della scienza, giungendo a formalizzare i risultati della ricerca in un'equazione:

gerarchie disciplinari + tormentoni storiografici = storia dei vincitori

Con essa intendo esprimere una tesi interpretativa, valida per buona parte della nostra storiografia. Le gerarchie disciplinari, incardinate nella cultura occidentale (nel senso religioso, non geografico del termine), hanno imposto per lungo tempo il modello di ricerca fisico-matematico come l'unico capace di produrre conoscenza scientifica. Di qui un *fisicalismo* storiografico spinto fino al ridicolo (Cerruti, 1991a:131). La stessa origine dei 'tormentoni' storiografici è parzialmente connessa alle gerarchie disciplinari. Non a caso si fa più storia della fisica che storia della chimica, e nella storia della fisica si privilegia lo sviluppo delle teorie piuttosto che quello delle pratiche sperimentali. Ma a questa componente se ne sommano altre, che 'spingono' nella medesima direzione: compiacenze nazionalistiche, attese del pubblico, semplificazioni metodologiche cospirano ad accentrare la ricerca storiografica intorno a poche, pochissime figure (tipicamente: Newton, Lavoisier, Darwin), e inducono a percorrere e ripercorrere determinate successioni apostoliche (Faraday → Maxwell → Einstein). Si conferma allora una particolare immagine della scienza, e nemmeno il ritratto appassionato degli storici della scienza disegnato da Paolo Rossi mi consola, perché quando sostengo davanti ad un uditorio di ricercatori scientifici che «Il concetto di scienza (così come quello di evidenza o di verità o di esperienza) è [...] qualcosa che è stato *costruito*» (Rossi, 1983: 308), sono sicuro di suscitare un dibattito piuttosto agitato. In realtà la storia dei vincitori perpetua la sua anima *wiggish*, con grande soddisfazione del pubblico che si illude di comprendere meglio il presente allorché, «sulla leggendaria necropoli della storia, campeggiano solennemente tra il ciarpane archeologico i 'monumenti'» (Jakobson, 1985:54).

Il *workshop* in cui proposi quella rozza 'analisi componenziale' della storia dei vincitori voleva suscitare un dialogo fra storici, filosofi e sociologi della scienza, i possibili addetti ad una sempre vagheggiata 'scienza della scienza' (Cerruti, 1991d). In questa sede, durante un Convegno di storia della chimica, parlerò in modo più specifico di una 'cassetta dei ferri' da tempo alla portata di chiunque, e tuttavia poco usata nella storiografia della scienza (ma vedi: (Golinski, 1990), (Gross, 1990)). Il riferimento all'analisi linguistica è esplicito nel sottotitolo di questa relazione, però prima di iniziare un'esposizione dettagliata dei metodi e dei risultati, applicabili e possibili nella pratica storiografica, mi sembra opportuno chiarire i motivi che nei primi anni di attività come storico mi hanno indotto ad una scelta per certi versi vincolante. Posso individuare tre ordini diversi di motivazioni. Qui li ho posti in un ordine che procede dal più generale al più personale.

0.1 Una lettura sperimentale

Si trattava, innanzi tutto, di imparare a leggere. Qualunque artigiano deve conoscere le 'qualità' dei materiali che impiega, e con una dialettica concreta imparerà ad esaltarle adeguando ad esse lo sguardo, le mani e gli strumenti. Così il mio 'imparare a leggere' fu orientato da fatti contingenti: l'interesse per la storia della scienza contemporanea, l'amplessissima disponibilità di fonti a stampa, la convinzione del maggiore significato storico della parola pubblica(ta) rispetto a quella annotata in privato, a futura memoria. La scelta del testo recente e stampato rende — in gran parte — superflui quei metodi meravigliosamente sospettosi ed acuti che si basano sulla ricostruzione storica della tradizione manoscritta (si veda ad esempio (Pasquali: 1974)). In un certo senso è la stessa appariscente, pronta disponibilità alla lettura del testo contemporaneo a far sì che il lettore-storico abbandoni ogni cautela filologica. La presunta apertura del testo viene illusionisticamente amplificata dalla classificazione dei 'generi letterari', tanto più rigida quanto più ci si avvicina ai nostri tempi. I linguisti non hanno certo agevolato la 'presa di coscienza' degli storici; qui ricordo solo la posizione di Leonard Bloomfield, impressionante per la superficialità:

«Come, attraverso la convenzione e l'abitudine, i partecipanti ad una discussione scientifica imparano sicuramente ad ignorare tutti i fattori personali di significato, così le caratteristiche lessicali, grammaticali e stilistiche del loro discorso informale diventano indifferenti [...]. Così una mezza dozzina di trattati di meccanica elementare differenzialmente espressi produrranno per quanto riguarda la scienza, lo stesso risultato» (Bloomfield, 1939:80).

Malgrado questi sbarramenti preliminari rimane il fatto che il testo a stampa è per lo storico della scienza contemporanea il principale 'fatto empirico' con cui ha a che fare e che per trasformarlo in 'dato sperimentale' deve imparare a leggere con tecniche di lettura adeguate, per precisione e affidabilità, ai compiti interpretativi che attendono inevitabilmente lo storico.

La linguistica strutturale, con le derivazioni più recenti della linguistica testuale, fornisce allo storico tutto un insieme di procedure d'analisi efficaci. Il loro uso potrà essere più o meno elaborato, ma i risultati ottenuti non esimeranno mai lo storico dal proprio compito primitivo, la lettura:

«La lettura si pone come compito di descrivere il sistema di un testo particolare. Essa si serve degli strumenti elaborati dalla poetica, ma non ne è la semplice applicazione; il suo scopo, differente, è di mettere in evidenza il senso di questo testo dato, per quanto non si lascia esaurire dalle categorie della poetica» (Ducrot e Todorov, 1972:107, enfasi nel testo).

La lettura dello storico della scienza può diventare *sperimentale*, nel senso doppio di applicazione di tecniche e di tentativo di innovazione. In questa relazione mi fermerò quasi sempre prima della lettura dei testi, accontentandomi di alludervi semplicemente o di rinviare ad altri miei lavori: «Chi mira a trasformare un complesso di norme logiche e quindi astratte in un metodo di lavoro storico, non deve aver paura del particolare» (Pasquali, cit.:IX).

MA COME
CHE TI SEI
CONCIATO, CIPPA!

NOI COMUNISTI
DECADUTI BISOGNA
CURARSI IL LOOK,
BUSDANI.



Fig. 1 - Disegno di Altan, apparso su *L'Espresso*, il 26 ottobre 1991.

0.2 Come Cippiti. Quasi

Nel *processo* secondo cui mi avviai al mestiere di storico ebbe un certo peso la necessità (opportunità) di 'portarmi dietro' quanto più possibile del patrimonio culturale precedente. Le sue due componenti essenziali, la scientifica e la marxista, erano apparentemente messe fuori gioco dalla nuova professione: la prima a causa dell'opposizione fra scientifico e umanistico che governa una parte notevole della vita accademica, la seconda perché la sua più ovvia 'applicazione', lo studio del rapporto fra scienza e produzione materiale — a cui comunque ho dedicato una decina di lavori — mi sembrò ben presto troppo paradigmatico per un uso critico delle categorie marxiste. La scelta metodologica dell'analisi linguistica poteva però rivestire di una certa dignità il mio essere sia un chimico fisico decaduto a storico, sia un marxista decaduto ad epistemologo. Così, sul modello dell'operaio Cippiti che si veste in abito da cerimonia (Fig. 1), ho vestito spesso gli abiti del linguista, 'facendomi bello' delle potenti tecniche della più avanzata fra le scienze dell'uomo, e però ritrovando nel mondo intermedio del linguaggio, accanto alle intenzioni di verità, ben altre intenzioni, mirate al dominio dell'uomo sull'uomo. Il travestimento — ovviamente, come per Cippiti — non mi è servito sul posto di lavoro, ma credo che la 'parte' imposta dal travestimento mi abbia insegnato parecchio.

0.3 *Le parole / non sono affatto felici*

Vi è infine un terzo motivo per la scelta 'linguistica', che riferisco come *causa* per improbabili adepti. Da tempo il linguaggio mi affascinava, sia per questioni filosofiche, sia per una situazione esistenziale che orientava più verso il silenzio che verso la parola, e che quindi rendeva più impellente il bisogno di verificare la possibile autenticità del (mio) discorso. In realtà la ricerca di maestri non fu semplicissima, perché «si può tranquillamente sostenere che molti linguisti analitici moderni non sono grandi amici del linguaggio». Come «Vi è in certi settori della critica letteraria moderna una velata antipatia per la letteratura», così «vi è nella linguistica scientifica un'avversione sottile ma inconfondibile per la prodigalità instabile, forse addirittura anarchica, delle forme naturali» (Steiner, 1984:118). È proprio vero che molti logici, filosofi e critici non amano le parole, si capisce quindi perché

le parole
non sono affatto felici
di essere buttate fuori
come zambacche e accolte
con furore di plausi
e disonore;

le parole non sono zambacche, sporche servacce e prostitute a cui si può far fare qualsiasi cosa. Se questo avviene il costo è quel tanto di verità che riusciamo a intravedere:

le parole
preferiscono il sonno
nella bottiglia al ludibrio
di essere lette, vendute,
imbalsamate, ibernare

(MONTALE, *Le parole*, 1968).

È però anche certo che ogni autore ha pur lanciato le proprie parole come il messaggio di un naufrago, e quando la fragile 'bottiglia' del testo affiora nella nostra ricerca dobbiamo pur squietare quelle parole — con il minimo possibile di inevitabile violenza.

I. IL TESTO

1.0 *Metafore per il testo-evento*

La pratica linguistica offre allo studioso un enorme vantaggio: la possibilità di sottoporre ad uno stretto controllo le proprie intenzioni conoscitive. Quanto più si è spinti da un bisogno di verità, tanto più si rende necessario un metodo rigido, in grado di ostacolare, se non proprio impedire, una confusione preliminare fra la domanda posta dallo storico e la risposta data dal testo. Domanda e risposta si dovranno avvicinare e illuminare a vicenda durante la ricerca, e non costituirsi fin dall'inizio nella 'testa' dello storico; la filologia ammonisce che solo la prudenza dell'erudizione può ancorare la passione della critica. Un'ulteriore spinta, data dalla

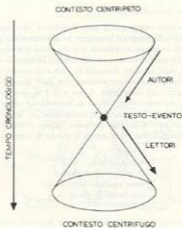


Fig. 2 - Il testo-evento e i suoi contesti.

necessità di spiegare a lezione, con una facile metafora, un metodo generale di ricerca testuale, mi ha portato a elaborare lo schema della Fig. 2.

Un *testo-evento* è un insieme di enunciati apparsi ad un certo tempo t (cronologico). Foucault ha giustamente espresso dubbi di ogni sorta sulle *unità del discorso* ritenute accessibili dagli storici, e ha consigliato di «tenere in sospeso tutte queste forme preventive di continuità» (Foucault, 1980:35). Immaginiamo un testo scientifico ben 'consolidato', e cioè stampato una volta sola, di cui si siano persi i testi preparatori, e il cui autore sia spirato senza lasciare ulteriori commenti subito dopo la pubblicazione. È facile dimostrare (come farò fra poco), che anche un simile testo ha un'intrinseca dose di 'indeterminazione', tuttavia possiamo tranquillamente assumere che il testo-evento sia definibile oggettualmente, rinviando *sine die* la questione della sua oggettività. In altri termini, possiamo accettare che nel fascicolo datato maggio 1858 di una rivista denominata *Nuovo cimento* sia apparso un articolo di 46 pagine, dal titolo «Sunto di un corso di filosofia chimica [...]» e a firma «Stanislao Cannizzaro». Questo testo-evento può essere sottoposto ad un'analisi linguistica e ad uno studio storiografico che — *insieme* — ci dovrebbero restituire il contesto centripeto, imploso nel testo. Ogni segno che appare nel testo, il contenuto semantico (denotazione più connotazione) delle singole parole, le scelte retoriche ed epistemologiche messe in atto, tutto questo si presenta in una specifica miscela di tradizione e innovazione; se si aggiunge quanto è richiamato dall'opera degli *autori* con cui l'autore in questione dialoga, si vede che un'attenta indagine del contesto centripeto ci permette la ri-costruzione della particolare 'storia' cui

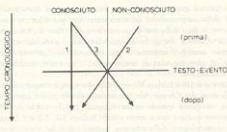


Fig. 3 - Il testo-evento e i flussi di conoscenza.

appartiene il testo, e insieme la de-costruzione della parte testuale del testo-evento. Su questa de-costruzione va fondata la ricerca sul contesto centrifugo; esso è costituito da tutti i successivi testi in cui compaiono frammenti del testo-evento, riversati o richiamati in una nuova scrittura dai suoi lettori. Va da sé che il contesto centrifugo è ingombro dai sedimenti di senso depositati proprio da questi lettori (fra questi sedimenti vanno incluse le interpretazioni degli storici).

Il testo-evento è tanto più rilevante per la ricerca storica quanto più altera il confine che divide il conosciuto dal non-conosciuto (Fig. 3). (Qui conosciuto e non-conosciuto sono riferiti ad un Lettore immaginario, competente e rappresentativo di uno specifico tempo storico ¹). Peraltro va subito ricordato che, almeno in parte, qualsiasi testo-evento, anche il più rivoluzionario partecipa al flusso indicato con 1 nello schema di Fig. 3: se non vi fosse questo predominio inerziale della parola già detta, la parola nuova non potrebbe essere compresa. La funzione messa più in evidenza dallo storico è quella che porta dal non-conosciuto al conosciuto (flusso 2), tuttavia, mentre questa funzione è discretamente facile da rintracciare e da mettere in evidenza, ogni testo-evento importante 'chiude' con un determinato passato, e ad esso consegna una certa parte delle premesse conoscitive che tutti davano per scontate prima del suo stesso 'accadere' (flusso 3). Questo *mutamento dei presupposti*, causato in senso stretto dal testo-evento in esame, pone talvolta allo storico il compito assai difficile di una ricostruzione epistemologicamente equilibrata di quanto *dopo* è diventato errore o pregiudizio, oppure (tanto peggio per lo storico!) di ciò che è semplicemente sparito dalla pratica di scrittura degli scienziati.

1.1 Intertestualità e dialogo

Torniamo ancora un attimo alla Fig. 1. Non appena si considera un testo-evento dal punto di vista dei testi precedenti, costituenti il contesto centripeto, ci si accorge che il testo-evento che interessa fa parte a sua volta di tutti i contesti centrifughi dei testi che richiama. Insistendo nella metafora: un contesto centripeto è costituito da una particolare 'intersezione' di contesti centrifughi, e precisamente dei contesti centrifughi dei vari testi richiamati. Anche se queste affermazioni

sembrano un faticoso gioco di parole, una loro conseguenza immediata è rilevante: uno dei tratti della *compressibilità* del testo scientifico, per il lettore contemporaneo e per lo storico, è dato dalla sua ricca *intertestualità*. Essa è chiaramente esplicita nel gioco delle citazioni, che in molti testi scientifici e particolarmente nei trattati di ampio respiro assume il carattere di una *stenografia dell'autorità* (Cerruti, 1992). Illustrerò ora un caso canonico di intertestualità e ne trarrò qualche conseguenza storiografica e filosofica.

Fra il 1864 e il 1884 Lothar Meyer diede alle stampe cinque edizioni delle sue *Moderne Theorien der Chemie*. Ho già trattato altrove molti aspetti, linguistici e epistemologici, di questa grande opera (Cerruti, 1991b, 1991c e 1992b), ma il *corpus* è immenso, per cui qui e ancora nelle sezioni 1.2, 2.2 e 3.2, approfittando del carattere metodologico della relazione, porterò qualche nuovo contributo alla comprensione storiografica dell'*opus magnum* del chimico tedesco.

Il testo di Meyer è diviso in 'sezioni', ciascuna delle quali è ad un tempo il luogo di una questione scientifica (un'unità conoscitiva) e un segmento di argomentazione (un'unità testuale). Partendo da questa constatazione ho conteggiato tutte le citazioni che compaiono nella quinta edizione (1884), e ho schedato gli autori citati e i punti dove appaiono le citazioni. La Tab. 1 raccoglie i risultati complessivi e i dettagli riferiti ai tre capitoli più innovativi, apparsi per la prima volta nella quarta edizione e appena ritoccati nella quinta, posteriore di pochi mesi. Come si vede dalla tabella il patrimonio conoscitivo convogliato da Meyer nella sua opera è imponente: più di 200 autori, quasi 800 citazioni. Il rapporto C/S fra il numero delle citazioni e quello delle sezioni è un indice di quanto possa essere composta un'unità conoscitiva e di quanto possa essere intertestuale la corrispondente unità testuale. Il rapporto C/A fra il numero delle citazioni e quello degli autori indica quante volte la conoscenza prodotta da un singolo autore è stata ritenuta pertinente all'argomentazione di Meyer. (Alla *pertinenza* della conoscenza corrisponde la *rilevanza* dell'autore citato). Per quanto riguarda il testo dell'intero volume il valore $C/S = 2,5$ stabilisce il carattere costruttivo e complesso di ogni unità conoscitiva e testuale, mentre il valore $C/A = 3,85$ indica che Meyer ha dialogato quasi quattro volte con ciascuno dei 'suoi' autori.

Il dettaglio riferito ai tre capitoli più importanti dell'ultima parte delle

Tab. 1 - Intertestualità.

| | Sezioni (S) | Citazioni (C) | Autori (A) | C/S | C/A |
|-----------------------------|----------------|------------------|---------------|------|------|
| V Edizione | 315 | 786 | 204 | 2,50 | 3,85 |
| Cap. XII (Termochimica) | 36 | 82 | 14 | 2,34 | 6,27 |
| Cap. XIII (Azione di massa) | 35 | 74 | 21 | 2,11 | 3,52 |
| Cap. XV (Elettrochimica) | 35 | 106 | 34 | 3,02 | 3,12 |

Spegli da (Meyer, 1884)

Modernen Theorien ci dice ancora qualcosa di più. I capitoli hanno un'«estensione» conoscitiva e una «segmentazione» argomentativa estremamente simile (36, 35 e 35 sezioni) mentre ben diversi sono i valori corrispondenti alle citazioni e agli autori. Così solo 14 sono gli autori citati nel Cap. XII dedicato ai fenomeni del calore in rapporto alla reattività e alla struttura, per cui malgrado il basso numero di citazioni ($C/S = 2,34$) la rilevanza di ogni autore appare notevole ($C/A = 6,27$). (Si tenga conto però che Thomsen viene citato ben 30 volte, così che il rapporto C/A «depurato» della sua presenza porta a $72/13 = 4,00$, appena superiore alla media del volume). Nel Cap. XIII, sull'azione di massa, aumenta il numero di autori e diminuisce quello delle citazioni, quindi ogni unità conoscitiva è alquanto più «compatta» della media del volume ($C/S = 2,11$) e la rilevanza di ogni autore si avvicina a quella media ($C/S = 3,52$). (Qui l'autore più citato è Ostwald con 13 occorrenze). Nel Cap. XV si ha uno scarto deciso sia nel numero delle citazioni sia in quello degli autori, ma non in modo proporzionale. Nel trattamento dell'elettrochimica le citazioni per unità argomentativa sono 3 invece delle 2 realizzate a proposito dell'azione di massa, uno scatto che indica sia una maggiore complessità argomentativa sia una ricchezza delle fonti; il rapporto $C/A = 3,12$, piuttosto basso, potrebbe indicare anche una frammentazione delle fonti stesse.

Se ora consideriamo gli interlocutori di Meyer al di là dei semplici numeri della Tab. 1, le mie schede registrano che l'intersezione fra gli autori richiamati a proposito della termochimica e quelli interpellati sull'azione di massa è discreta (cinque autori: Berthelot, Horstmann, Müller, Ostwald, Thomsen), mentre l'intersezione fra i cultori delle ricerche sull'azione di massa e quelli impegnati in elettrochimica è decisamente ridotta (due autori: Bunsen, Thomsen). Dai nomi che ho appena citato si vede che un solo autore, il grande e ora quasi sconosciuto Julius Thomsen, è in grado di dire qualcosa di pertinente su tutti e tre i temi fondamentali della chimica fisica del 1884. L'ovvio risultato storiografico di questa analisi è che a metà degli anni 1880 la specializzazione tematica all'interno della chimica fisica è già un dato di fatto. Nel 1887 Ostwald iniziò la pubblicazione della *Zeitschrift für physikalische Chemie*, ma il confondere questo evento con la nascita della chimica fisica come disciplina a sé stante è una leggenda (Ibde, 1984:391; Dolby, 1976).

Meno scontata è la conclusione filosofica dell'analisi testuale, e cioè che la modalità fondamentale del discorso scientifico è il dialogo. Un filosofo dell'importanza di Jürgen Habermas (ma si veda anche Kristeva, 1969:97 e passim) ha insistito più volte sul carattere monologico del discorso scientifico. Nel saggio sulla pretesa universalità dell'ermeneutica il filosofo tedesco ha scritto: «La scienza moderna può avanzare legittimamente la pretesa di raggiungere delle affermazioni vere sulle «cose» a condizione di usare un procedimento monologico [...]; ossia a condizione di costruire teorie strutturate monologicamente e fondate su osservazioni controllate» (Habermas, 1971:235). Nell'importante ricerca su *Conoscenza e interesse* la questione del carattere monologico del dire scientifico è sollevata più volte. Non è certo questo il luogo di una discussione approfondita, tuttavia la ripresa per esteso di un passo può essere sufficiente a indicare quanto Habermas — a mio parere — sia fuori strada: «Deduzione, induzione e abduzione stabiliscono però relazioni fra asserzioni che sono fondamentalmente monologiche. Nelle figure dell'inferenza si può pensare, non condurre un dialogo. [...] Fin tanto che

L'impiego di simboli è costitutivo per la sfera funzionale dell'agire strumentale, si tratta di uso monologico del linguaggio» (Habermas, 1990:140). Pur ammettendo un'impossibile riduzione del linguaggio degli scienziati all'«impiego di simboli», non si può sfuggire all'impressione che Habermas consideri i «simboli» privi di qualsiasi connotazione, quasi che in ogni epoca tutti gli scienziati, con i matematici in testa, non abbiano condotto innumerevoli dispute sulle notazioni più adatte ad esprimere il «pensiero» loro, delle loro scuole e delle loro discipline. Le stesse «figure dell'inferenza» sono ricche del «pensiero» dell'Altro; il volume di chimica teorica di Meyer è un autentico *convivio*, in cui «vivono insieme» duecento scienziati ...

1.2 Tempo, conoscenza, e situazione conoscitiva

La continua interferenza fra quanto è consolidato nella tradizione conoscitiva di una scienza e quanto emerge dalla ricerca fa sì che il linguaggio scientifico sia semanticamente instabile. Questa interferenza è sottintesa dalla convergenza dei «flussi» 1 e 2 di Fig. 3, tuttavia, data la natura sistemica del linguaggio, si deve tener conto che spesso la «donazione di senso» attratta dal nuovo va molto oltre il tempo e il luogo specifico dove è stata introdotta la novità conoscitiva. L'aspetto temporale della donazione di senso diventa particolarmente evidente se si considera la ripetuta «ricostruzione» del passato di una disciplina quando vengono alla ribalta grandi innovatori, però anche situazioni conoscitive «normali» rivelano questo aspetto *temporalmente retroattivo ed epistemologicamente diffuso* della nuova conoscenza. È da questo punto di vista che possiamo considerare la Tab. 2; in essa le 786 citazioni che compaiono nella quinta edizione delle *Modernen Theorien* sono state classificate sulla base del decennio in cui furono pubblicati i lavori corrispondenti, la stessa cosa è stata fatta per i capitoli già discussi a proposito della Tab. 1. Per l'intero volume e per questi capitoli ho poi calcolato il «cronocentro»: ogni citazione è divenuta un punto di «massa» unitaria collocato su una delle nove coordinate temporali considerate. Anche in questo caso un semplice trattamento quantitativo porta a buoni risultati.

Consideriamo innanzi tutto il cronocentro del volume. Esso si colloca nel 1860, un'intera generazione prima della data d'edizione (primavera 1884). Il confronto con i testi universitari di chimica teorica a noi contemporanei andrebbe probabilmente a favore della «modernità» del manuale di Meyer, ma qui mi interessa di più — ed è più consistente — il confronto interno al testo fra il cronocentro delle 786 citazioni complessive e quelli dei tre capitoli esaminati. Dall'ultima colonna di Tab. 2 si vede che i cronocentri dei tre capitoli più significativi della dinamica chimica sono piuttosto ben differenziati fra di loro. Il cronocentro della parte dedicata alla termochimica precede di appena 12 anni la data di pubblicazione, gli altri due capitoli seguono distaccati — verso il passato — rispettivamente di 6,4 e di 14,4 anni; sono distacchi notevoli e significativi. (Senza insistere in modo particolare sulla coincidenza, si può notare che il cronocentro del capitolo sull'azione di massa cade proprio nell'intervallo fra le prime pubblicazioni in norvegese di Guldberg e Waage sull'azione di massa, 1864, e l'uscita a stampa dei loro *Études* nel 1887). La distribuzione per decenni delle citazioni permette qualche deduzione sui motivi di queste differenziazioni temporali. Più di metà delle citazioni

Tab. 2 - Tempo & Conoscenza.

| | CITAZIONI | | | | | | | | | | |
|-----------------------------|-----------|----------|----|----|----|----|-----|-----|-----|-----|------------|
| | Tot. | Decennio | | | | | | | | | Cromocento |
| | | 00 | 10 | 20 | 30 | 40 | 50 | 60 | 70 | 80 | |
| V Edizione | 786 | 5 | 20 | 17 | 32 | 51 | 128 | 176 | 221 | 136 | 1860.0 |
| Cap. XII (Termochimica) | 82 | - | - | - | 1 | - | 4 | 10 | 21 | 46 | 1872.9 |
| Cap. XIII (Azione di massa) | 74 | 2 | - | - | - | 3 | 6 | 11 | 32 | 20 | 1866.5 |
| Cap. XV (Elettrochimica) | 106 | - | 1 | 2 | 1 | 5 | 47 | 4 | 33 | 13 | 1858.5 |

Spogli da Meyer, 1884)

riguardanti la termochimica sono degli anni 1880, anche se è un 'decennio' trascorso solo per metà; il confronto con le pubblicazioni riguardanti l'azione di massa, con il massimo delle occorrenze nel decennio 1870, conferma l'eccezionalità dello sviluppo della termochimica negli anni immediatamente precedenti la quinta edizione delle *Modernen Theorien*. Altrettanto interessante è la distribuzione delle citazioni sull'elettrochimica; il massimo, abbastanza accentuato, con il 44% di tutte le occorrenze, è negli anni 1850, che per molti versi sappiamo già essere fondamentali nella storia della chimica dell'Ottocento; le 25 citazioni di Wilhelm Hittorf conteggiate nel capitolo XV indicano chi fu il riferimento principale di Meyer. Proprio il ruolo ancora svolto da Hittorf ci porta a riflettere sul fatto che una parte cospicua della conoscenza elettrochimica ancora pertinente nel 1884 era disponibile per Meyer già nel 1864, al momento della prima edizione. Ma la caduta di occorrenze negli anni 1860 è impressionante (appena 4!), e sta indicare una caduta di interesse dei fisici e dei chimici nei confronti di questa tematica. L'elettrochimica di Meyer del 1884 si arresta — per ironia della storia — prima delle *Recherches sur la conductibilité galvanique des électrolytes*, presentate il 6 giugno 1883, e pubblicate nel 1884, per cui Arrhenius non è nemmeno citato nelle *Theorien*.

È ora possibile fare qualche osservazione a proposito del divenire della situazione conoscitiva di Meyer. Nel 1862, quando iniziò a scrivere la prima edizione della sua grande opera, per le sue stesse intenzioni di scrittura, poteva ignorare i risultati già rilevanti dell'elettrochimica, mentre quelli della termochimica e sull'azione di massa erano ancora poco consistenti. Al momento della trasformazione del testo da opuscolo a trattato, nella seconda edizione del 1872, l'elettrochimica avrebbe potuto comparire dignitosamente come nucleo iniziale di quel discorso sulla dinamica chimica che tanto stava a cuore a Meyer, tuttavia questo 'nocciolo' deve essere sembrato di *Bedeutung* troppo limitata per modificare l'architettura delle *Modernen Theorien* (una questione di stile). Quando dieci anni dopo (e dopo ancora un'altra edizione nel 1876) la termochimica apparirà matura agli occhi di Meyer, egli si getterà nell'impresa di scrivere sulla dinamica chimica: qui e ora, nell'orizzonte conoscitivo di Meyer nel 1883-84, il ruolo determinante della termochimica mi sembra provato.

2. LE TRASFORMAZIONI DEL TESTO

La scelta metodologica in favore del testo stampato, pubblico, non neutralizza di per sé l'interesse storiografico dello studio dei manoscritti preparatori di un certo testo-evento e delle vicende legate a queste diverse scritture. Si tratterebbe eventualmente di mettere in questione la liceità etica del 'frugare nei cassetti' alla ricerca di ciò che l'autore non ha potuto (voluto) pubblicare, e di (ri)discutere la diversa rilevanza nella storia della scienza della parola pubblica e della parola privata. Sul problema etico non ho — qui — nulla da dire, mentre su quello dell'opposizione pubblico/privato faccio due osservazioni. Innanzi tutto si tratta, come accade spessissimo, di un'opposizione 'debole', perché salvo il caso estremo in cui qualcuno annota qualcosa esclusivamente per rinforzare il processo mnemonico, tutti gli altri casi di scrittura sembrano presupporre un possibile, successivo pubblico di lettori, sia pure costituito dal solo autore (tipicamente i diari) o da un solo destinatario (tipicamente le lettere). In secondo luogo la rilevanza storiografica dei testi pubblici in senso debole dipende dai circuiti di informazione predominanti in una certa epoca e per certe discipline: una cosa fu scrivere al frate Mersenne nel Seicento, e tutt'altra cosa era scrivere al professor Berzelius nell'Ottocento; così è ben diverso l'uso storiografico delle loro monumentali corrispondenze.

Mi sono soffermato su queste diverse modalità di scrittura — rispetto al destinatario — perché nella storiografia della scienza, diversamente da quanto avviene nella storiografia letteraria o nella filologia, la *riscrittura dei testi* è considerata di solito solo *nell'ambito privato*, quasi che la prima comparsa a stampa di un testo costituisse veramente una soglia oltre la quale il testo è compiutamente realizzato, ed è offerto *intatto* alla lettura degli altri scienziati, senza ulteriori trasformazioni, mediazioni, distorsioni. Nelle prossime sezioni considererò la *riscrittura* che molti testi-evento subiscono *nell'ambito pubblico*; per brevità tratterò solo quattro tipi di trasformazioni testuali, sincroniche e diacroniche.

2.1 Il riassunto

In questa sezione e nella successiva esaminerò due casi di trasformazioni testuali, il riassunto e la traduzione, che molto spesso possono essere intese come accettabilmente sincroniche rispetto al testo-evento. Fissando le idee sui riassunti si può notare che, nel nostro secolo, il riassunto è entrato a far parte del testo-evento: scritto di pugno dell'autore è premesso al testo principale, e di qui viene trasferito — più o meno integralmente — sulle riviste specializzate nella pubblicazione dei riassunti stessi; le cose andavano diversamente nell'Ottocento, quando gli estensori dei riassunti erano Lettori specializzati e distinti, in generale, dagli autori. In entrambi i casi i riassunti costituiscono una fonte significativa (e trascurata) per lo storico, in quanto la scrittura dei riassunti è molto impegnativa, come tutti noi sappiamo. (Infatti, a nostra volta, scriviamo riassunti). Nel riassumere un lavoro scientifico si seguono criteri diversi a seconda che il testo trasformato sia ritenuto sostitutivo del testo-evento, o che rappresenti una guida ed un invito affinché il lettore selettivo scelga di leggere il testo-evento; sostituzione e invito implicano retoriche e contenuti testuali differenti, e tuttavia caratteristici dei criteri di adeguatezza

dello scritto ai suoi fini istituzionali, e di pertinenza e rilevanza delle informazioni messe in evidenza. Ma è ovvio che la forma riassunto è sufficientemente elastica da permettere le manipolazioni testuali più varie. Così, ad esempio, l'ampio riassunto pubblicato da Gay-Lussac sul bollettino della Société Philomatique (Gay-Lussac, 1808) contiene informazioni che non compaiono nella versione estesa, pubblicata nelle Memorie della società di Arcueil (Gay-Lussac, 1809).

D'altra parte l'Ottocento vide la diffusione di riviste dedicate esclusivamente a riassunti come il *Chemisches Central-Blatt*, fondato nel 1830, e il *Jahresbericht über die Leistungen der chemischen Wissenschaften*, apparso nel 1855. Le difficoltà linguistiche e di bilancio non devono essere state le sole a giustificare l'acquisto di simili riviste: il *Central-Blatt* veniva letto a Torino in una situazione di accesso alle fonti originali eccellenti, con il Gabinetto Chimico e la Scuola di Farmacia dell'Università, e l'Accademia delle Scienze che acquistavano o ricevevano la quasi totalità dei periodici che pubblicavano articoli in campo chimico. La mia impressione è che il foglio tedesco servisse — a Torino — per introdurre *rapidamente* i lettori locali nella mole crescente della letteratura chimica internazionale, e che quindi di molti articoli essi venissero a conoscenza solo *attraverso* il riassunto.

Questa indubbia funzione di *filtro linguistico* rende il riassunto piuttosto rilevante per la storiografia della scienza, come dimostrerò subito con un esempio già sviluppato nel mio volume sul *Sunto* di Cannizzaro (Cerruti, 1991a). Felix Leblanc, un amico personale del nostro grande chimico curò un'ampia recensione del *Sunto* per il primo volume del *Répertoire de chimie pure*, pubblicato da Wurtz a partire dal 1859. La tecnica espositiva di Leblanc è piuttosto personale, ma pochi punti bastano a mettere in evidenza la deformazione (involontaria) del testo-evento realizzata dall'autore francese. Innanzi tutto viene storpiato il nome dell'autore italiano (*par Stanislas Cannizzaro*), e non sono date le indicazioni bibliografiche necessarie a reperire il testo originale del *Sunto*. Il titolo del testo *par Cannizzaro* diventa tematicamente riduttivo: «Applicazione alla chimica della teoria di Ampère e Avogadro sulla costituzione dei corpi gassosi», mentre un richiamo in nota riporta: «Estratto di programma di un corso di filosofia chimica fatto all'Università di Genova», sempre *par M. S. Cannizzaro*. Ma questi sono ancora maltrattamenti 'normali', non gravi dal punto di vista epistemologico; ben diverso il discorso sull'interpretazione che Leblanc dà della teoria di Avogadro e Ampère, mettendo in corsivo nel riassunto-recensione questo passo:

«Questa teoria consiste nell'ammettere che i fluidi elastici, sia semplici, sia composti, considerati nelle stesse condizioni, contengono tutti, nello stesso volume, un egual numero di atomi e di molecole» (Leblanc, 1859:201).

Si confronti quanto ho appena tradotto con l'esordio, veramente classico del *Sunto*:

«Io credo che i progressi della scienza, fatti in questi ultimi anni, abbiano confermato l'ipotesi di Avogadro, di Ampère e di Dumas sulla simile costituzione dei corpi allo stato aeriforme, cioè che volumi eguali di essi, sieno semplici, sieno composti, contengono l'egual numero di molecole; non però l'egual numero di atomi» (Cannizzaro, 1858:321).

L'enunciato di Leblanc risulta del tutto assurdo quando ci si accorge che il titolo da lui attribuito al lavoro di Cannizzaro è *scopiato* proprio dalle prime frasi

del *Santo*, e che la sua lettura sembra aver cancellato il non però con cui Cannizzaro sbarrava l'accesso all'«egual numero di atomi». Siamo di fronte ad un caso in cui l'indifferenza sintattica dell'autore secondario stocia in una presa di posizione epistemologica opposta a quella dell'autore del testo-evento. Un altro caso notevole di incomprensione — questa volta semantica — si trova al termine dello scritto di Leblanc. Anche ora il semplice confronto testuale è convincente. Così 'riassume' Leblanc:

«Gli equivalenti sono le quantità che si possono scambiare nelle doppie decomposizioni. [...] Così l'atomo di mercurio (200) rimpiazza un solo equivalente d'idrogeno nei sali mercuriosi; nei sali mercurici ne rimpiazza due»(Leblanc, cit.205).

E invece Cannizzaro aveva scritto:

«gli atomi di questi due metalli, [il mercurio e il rame,] equivalendo ad un atomo di idrogeno nei protocloruri, tendono nelle doppie decomposizioni a prendere il posto di un solo atomo di idrogeno, mentrèché quando sono nei deuterocloruri tendono a prendere il posto di due atomi di idrogeno»(Cannizzaro, cit.:350).

Leblanc, che prima aveva scavalcato la barriera sintattica posta fra atomo e molecola, ora non apprezza la differenza semantica (e ontologica!) fra atomo ed equivalente. Tra l'altro il passo di Cannizzaro è cruciale per la sua argomentazione, in quanto è chiarissimo l'impegno ontologico sull'esistenza di particolari enti a livello microscopico: *gli atomi prendono il posto di altri atomi*. Per di più questo impegno ontologico è il primo di una sequenza di sei, che scandisce tutta la parte finale del *Santo* dedicata alla reattività chimica (Cerruti, 1991a:107). È impossibile che il lettore francese del *Répertoire* si facesse un'idea, non dico chiara e distinta, ma almeno decente dell'articolo apparso sul *Nuovo Cimento*.

2.2 La traduzione

La traduzione è per sé una procedura conoscitiva. I problemi posti dall'analisi filosofica della traduzione sono stati sviluppati in modo magistrale anni fa da George Steiner (Steiner, 1984); le risposte e le nuove domande che punteggiano l'intera opera possono costituire un valido punto di partenza per la proposta della *traduzione come modello di comprensione* (Cerruti, 1992a). Dal nostro attuale punto di vista vale la pena di aprire almeno due prospettive: la prima vede la *traduzione come tecnica* problematica, propria del nostro mestiere, l'altra propone le *traduzioni come tema* di ricerca.

Gli storici della scienza sono traduttori (interpreti!) per eccellenza. Da una parte sono costretti a tradurre continuamente, nel senso stretto del termine, da una lingua naturale all'altra, per via del carattere intrinsecamente internazionale dell'impresa scientifica (e di quella storiografica). Dall'altra devono in ogni momento sovegliare la loro 'traduzione' di termini ed enunciati espressi nel passato, e riferiti ad universi di discorso irrimediabilmente perduti. Entrambe le questioni sono delicate, ma la seconda è quella in cui più spesso incorriamo in sviste ed errori. Le *molécules intégrantes, constituantes, élémentaires*, che pullulano nell'*Essai* di Avogadro del 1811, forniscono un esempio classico di come innumere-

voli storici hanno 'tradotto' i termini del fisico torinese con altri, i cui riferimenti ontologici erano del tutto diversi. Per evitare di ingarbugliare il discorso con ulteriori traduzioni parassite mi riferirò a due autori italiani. Nella sua *Storia della chimica*, data alle stampe nel 1946, Michele Giua scrive: «Per ben comprendere il pensiero di Avogadro è necessario avvertire che con la denominazione di *molecola integrante* egli intende la molecola fisica, mentre con *molecola semplice* intende l'atomo» (Giua, 1946:116). Mentre la parola *semplice* (se opposta a *composta*) traduce bene nel contesto dell'*Essai* la parola *élémentaire*, il nominale *molecola semplice* non corrispondeva affatto ad *atomo* (parola italiana usata nel 1946); così non c'era corrispondenza nella 'traduzione' eseguita mediante calco poco oltre: «una molecola composta di una o più molecole elementari (*atomi*)» (Giua, cit.:117). Anche Aldo Gaudiano, venti anni dopo, si associa a questa tradizione di traduzioni volte a facilitare la lettura dei profani: «Per chiarezza bisogna subito dire che in quell'epoca le espressioni 'atomi' e 'molecole' erano usate indifferentemente come 'particelle ultime'. Avogadro, invece, fa una distinzione fra atomi e molecole; chiama i primi 'molecole elementari' e le altre 'molecole costituenti' o 'molecole integranti'» (Gaudiano, 1975:83). Il fatto linguistico che le *molécules élémentaires* di Avogadro erano perfettamente divisibili è stato sottolineato da tempo (Mundy, 1967); personalmente, seguendo le peregrinazioni delle *molécules élémentaires* dei diversi elementi lungo tutto l'*Essai* ho conteggiato almeno un caso in cui una *molécule*, in una successione di tre reazioni, subiva tre *partages*, e quindi era composta inizialmente da non meno di otto particelle. Tuttavia l'ansia di far «comprendere» (Giua), la voglia di «chiarezza» (Gaudiano), e la necessità di apparecchiare una lettura agevole per il lettore, inducono tutti noi a compiere ogni sorta di compromessi (e di compromissioni) referenziali, e a ignorare volutamente gli avvisi di cautela della semantica storica. La piccola morale da trarre è che fra i 'deformatori professionali' del testo-evento sono in prima linea proprio gli storici, e che, sotto questo profilo, i loro scritti depositati nel contesto centrifugo costituiscono un vero ostacolo all'accesso del testo-evento.

Come parziale consolazione per le nostre difficoltà professionali le traduzioni (degli altri) ci offrono un interessantissimo campo di ricerca. Restringo subito l'attenzione alle traduzioni sincroniche, fatte per proporre ad un pubblico di lingua diversa un testo-evento che si vuole rendere leggibile, a scopo di ricerca e/o didattica. Tralascio anche le numerose trasformazioni nel paratesto che qualsiasi testo-evento subisce passando da un editore ad un altro, e, nel caso delle traduzioni, da uno stile editoriale nazionale ad un altro. Anni fa ho studiato in qualche dettaglio le trasformazioni subite dalla quinta edizione delle *Modernen Theorien* di Meyer nel passaggio dal pubblico tedesco a quelli inglese e francese; qui riporto un esempio rimasto inedito di analisi comparativa, a livello lessicale, fra il testo originale tedesco e la traduzione inglese (Cerruti, 1988).

Nella sezione 109, intitolata *Terminologie*, Meyer discute brevemente la costellazione di termini che, a partire dalla distinzione di Berzelius tra formula empirica e formula razionale, si era articolata a cavallo del 1860 in (*Lagerung*) (collocazione), (*Stellung der Atome*) (posizione degli atomi), (*Anordnung der Atome*) (disposizione degli atomi), ed infine si era «più in generale» assestata su (*chemische Constitution*), utilizzando nella *koine* tedesca un calco sulla francese (*constitution*) (in latino

constituere significa collocare). Fu a questo punto che Butlerow propose il termine *Structur!*, per sottolineare anche terminologicamente le novità conoscitive intervenute in quel periodo. Meyer afferma che «Questa innovazione non era necessaria, perché anche con la parola "Constitution" si può collegare ed è realmente collegato il medesimo senso (*Sinn*) che Butlerow indica con "Structur"». (Anche se faticosa ho mantenuto la notazione di Meyer). Per questo motivo Meyer vuole ignorare le polemiche che ci sono state intorno all'uso dei due termini e conclude: «Nel seguito queste [espressioni] saranno utilizzate più o meno come sinonimi» (Meyer, 1884:232). Naturalmente ho preso sul serio questa affermazione di Meyer, e ho verificato il suo uso di questi termini nelle successive 50 pagine (circa) di testo. Come si vede in Tab. 3 il risultato dello spoglio è significativo, perché l'autore tedesco dà a *Constitution!* e a *Constitutionformel!* una netta preferenza rispetto a *Structur!* e a *Structurformel!*, con 27 occorrenze contro 3; a queste occorrenze vanno aggiunte le 2 presenze della forma salomonica *Constitution oder Structur!*. L'analogo conteggio sul testo corrispondente nella traduzione inglese porta a risultati qualitativamente analoghi: *constitution!* e *constitutional formula!* prevalgono su *structure!* e *structural formula!* con 34 occorrenze contro 11. Le discordanze quantitative con il testo-evento sono però talmente evidenti da meritare un'indagine più accurata, e così il ritorno dalla traduzione all'originale tedesco porta ai nuovi spogli riassunti nella terza colonna di Tab. 3. Ci accorgiamo così che l'interprete inglese ha tradotto con *constitution!* ben 8 differenti forme tedesche, che vanno da *Schablone!* (schema) a *Zusammensetzung!* (modo di composizione). Particolarmente singolare la scelta di tradurre in un caso *Constitution oder Structur!* solo con *constitution!*, mentre vediamo — nella stessa colonna — che in un altro luogo ha tradotto l'identica forma con *constitution or structure!*, conservando quindi entrambi i nominali. Ancora curiosa appare la traduzione di *ischematische Darstellung!* (rappresentazione schematica) con *structural formula!*, ma più in generale ciò che va notato è la costante corrispondenza di un'intera costellazione di forme tedesche per ciascuna forma inglese. Il gioco di rinvii fra il testo-evento e la sua trasformazione-traduzione potrebbe continuare: *Schablone!*, che secondo la Tab. 3, è stato tradotto sia con *constitution!* (Meyer, 1885:212), sia con *structure!*, (ib.:218), è stato reso anche con *modell* (ib.:211) e con *formula!* (ib.:225). Da questo (ultimo) rinvio fra i due testi si può trarre una conclusione, che è anche un invito per un'indagine successiva.

Da una costellazione di 5 forme tedesche (chiamiamola C_5 , prima colonna di Tab. 3), attraverso i calchi inglesi (seconda colonna), abbiamo raggiunto una nuova costellazione lessicale costituita da 15 forme tedesche (chiamiamola C_{15}). La corrispondenza semantica di C_{15} con i calchi inglesi è messa ancora più in dubbio dal fatto che (probabilmente) ciascuna forma di C_{15} è a sua volta il punto di partenza di una nuova costellazione nel testo inglese, come abbiamo verificato per *Schablone!* (chiamiamo questa costellazione 'generica' C_1). Si potrebbe avere un'idea del campo semantico incardinato secondo il traduttore inglese intorno a C_1 costituendo e analizzando questa 'galassia' lessicale:

$$G(C_1) = \Sigma C_i$$

TAB. 3 - Costellazioni

| Forme e occorrenze nel testo tedesco | Calchi delle forme tedesche e occorrenze nel testo inglese | Forme e occorrenze nei luoghi del testo tedesco corrispondenti ai calchi inglesi |
|--------------------------------------|--|---|
| Constitution (20) | constitution (26) | Constitution (18) Schablone Atomordnung Constitution oder Structur Zusammensetzung (2) Anordnung Zusammensetzungsgart Atomverkettung |
| Structur (2) | structure (5) | Atomverkettung Schema Schablone Structur (2) |
| Constitution oder Structur (2) | constitution or structure | Constitution oder Structur |
| Constitutionsformel (7) | constitutional formula (7) | Constitutionsformel (5) Formel Verkettungen |
| Structurformel | structural formula (5) | Constitution (2) Constitutionsformel schematische Darstellung Structurformel |

Lo spoglio è stato eseguito sui §§ 110-135 di Meyer (1884) e Meyer (1888). Sono state indicate le occorrenze solo quando in numero superiore a uno.

L'analisi di $G(C_2)$ — da condurre in una domenica piovosa — non fornirebbe soltanto una sezione del dizionario epistemologico in uso nella *koine* inglese, ma ci darebbe una base non definibile altrimenti per rintracciare, nel testo-evento, con un definitivo gioco di specchi linguistici, il corrispondente campo semantico di Meyer (chiamiamolo C_2). La traduzione inglese ci servirebbe da guida per tre passaggi

$$C_1 \rightarrow C_{11} \rightarrow C_2$$

e C_2 sarebbe una mappa semantica nella *parole* di Meyer, ovviamente secondo la cartografia *inconsapevole* del traduttore inglese. Si tratta di una arbitrarietà di cui ci possiamo facilmente consolare: «Quali che siano i dettagli degli strumenti con cui il linguista organizza il dizionario e la sintassi della lingua, il mamade da una lingua all'altra che il linguista ha appena compilato ha come prodotto netto un'infinita correlazione di enunciativ». E Quine aggiunge: «La maggior parte della correlazione semantica si basa sulle sole ipotesi analitiche, le quali vengono a trovarsi in una zona in cui è impossibile un'evidenza indipendente a favore della traduzione. Il fatto che quelle traduzioni inverificabili procedano senza errori di sorta non deve

essere presa come una prova pragmatica di buona lessicografia, poiché l'errore è impossibile» (Quine, 1970/93). Il bilancio netto storiografico di operazioni come quelle che ho delineato nella Tab. 3 è però positivo. C_{15} , sciorinato nella terza colonna rappresenta un primo alone semantico che Meyer stesso crea nel testo-evento, e che il traduttore 'distrugge' riassumendolo nei calchi inglesi di C_7 . Lo storico, non appena l'analisi linguistica lo rende distinguibile, può mettersi al lavoro, ricostruendo proprio attraverso il significato delle forme di C_{11} il contenuto semantico — eventualmente distinto — dei termini di C_6 , che Meyer, l'autore, aveva sostenuto essere per lui più o meno sinonimi.

3. LE TRASFORMAZIONI DISCRONICHE DEL TESTO

Abbiamo visto che il riassunto e la traduzione, a certe condizioni, possono essere assunti come forme di trasformazioni testuali sincroniche, ma la situazione conoscitiva di un autore varia col tempo, in modo tanto più accelerato quanto più la disciplina a cui contribuisce è in rapido divenire. La classe di testi che meglio si adatta allo studio di queste trasformazioni è quella dei grandi manuali; i vantaggi sono almeno tre. In primo luogo molti manuali hanno avuto una lunghissima vita attiva, misurabile sulla scala delle generazioni; in secondo luogo, anche nei casi in cui non siano direttamente rivolti agli studenti il carattere 'didattico' dei manuali richiede uno sforzo particolare di chiarezza e (talvolta) di ridondanza da parte di chi li scrive, con una conseguente attenzione alle questioni retoriche (*dispositio* e *compositio*, in particolare). Ma l'aspetto che maggiormente raccorda l'analisi linguistica dei manuali con la pratica storiografica è che un autore appassionato della didattica non cessa di riscrivere le proprie opere, che così diventano delle creature in grado di accompagnarci per un lungo tratto di vita. E allora facile ritrovare abbondanti tracce del divenire del pensiero dell'autore, sia nei dettagli tecnici, sia nelle forme più generali del giudizio epistemico su pratiche, 'fatti' e teorie. Nelle prossime due sezioni, conclusive della relazione, tratterò due casi di *riscrittura profonda* di manuali di chimica dell'Ottocento.

3.1 Epistemologia: esplicita/implicita

Come molti storici della scienza diffido delle generalizzazioni filosofiche che vorrebbero fornire metodi infallibili per 'riconoscere' la *normalità* della scienza, o la *razionalità* dei suoi programmi, o addirittura la sua stessa *scientificità* (su questo atteggiamento comune si veda (Laudan, 1990)). Non ho nessuna competenza, né — invero — interesse a confutare questa o quella pretesa filosofica, mi sono però divertito nel vedere come i vecchi marchinegni della filologia permettano di cogliere, per così dire, gli scienziati sul 'fatto', mentre aggirano i sani principi della loro *epistemologia esplicita*, per praticare negli scritti un'*epistemologia inespressa, implicita e relativamente poco virtuosa* (relativamente alla vergine saggia, l'epistemologia esplicita).

Darò un esempio che spero convincente basandomi sugli spogli dell'opera principale di William Tilden, la *Chemical Philosophy*, che fra il 1876 e il 1901 passò

attraverso 10 edizioni e numerose ristampe. Gli spogli (Cerruti, 1987) raccolgono le varianti delle cinque principali edizioni (1876, 1880, 1888, 1895, 1901); poiché l'autore ha ovviamente mutato il testo in funzione di cambiamenti avvenuti altrove, ogni variante ci rinvia ad una particolare intenzione di scrittura e questa alla situazione conoscitiva (filosofica, didattica...) vissuta dall'autore. Qui seguiremo il percorso di Tilden a proposito di un problema che è di dettaglio rispetto all'architettura complessiva, ma che ci permetterà comunque di cogliere al lavoro l'epistemologia privata dell'autore a proposito del rapporto tra base empirica e teoria. È però utile al confronto premettere una dichiarazione pubblica e impegnativa di Tilden stesso, proprio su questo problema. Il contesto è dato da un corso di aggiornamento per quegli insegnanti che, collaborando con il Department of Science and Art, insegnavano in tutta l'Inghilterra i rudimenti delle scienze e delle tecniche a operai e artigiani (Cerruti, 1991c). Proprio al termine del testo delle lezioni si legge:

«Una parola di conclusione. La chimica non può essere imparata solo leggendo. Nella carriera di ciascun studente si giunge ad uno stadio in cui è veramente necessario leggere molto, ma questo punto può essere raggiunto solo dopo lungo addestramento dell'occhio e della mano. Prima di tutto si impari a vedere chiaramente le cose, e dall'inizio alla fine il fatto stia prima (*from first to last let fact stand before*) di ogni ipotesi» (Tilden, 1895:69).

Allineate da un schiocco di frusta, *from first to last*, le ipotesi devono stare al loro posto, e mai anteporsi ai fatti, facendo loro ombra. Ma le ipotesi sono agili puledre, e con uno scarto elegante — talvolta — sembrano irridere l'epistemologo-domatore.

Nella prima edizione della *Chemical Philosophy*, all'inizio del paragrafo dedicato all'atomicità di ossigeno e zolfo, Tilden aveva scritto: «Non conosciamo alcun esempio in cui l'ossigeno sia altrimenti che diadico (*diad*), (se eccettuiamo il caso curiosissimo ma imperfettamente studiato del subossido d'argento, che si dice abbia la formula Ag_2O).]Vi sono, in realtà, due altri esempi che possono essere avanzati se scegliamo di fare un po' di violenza (*a little violence*) alle teorie comunemente accettate» (Tilden, 1876:186; il senso delle notazioni sarà chiaro fra poco). Uno degli esempi ripresi da Tilden riguarda l'acqua di cristallizzazione di molti sali; le teorie accettate la spiegano in termini di 'adesione' fra molecole:

«Giunonidimo l'idea che questa acqua sia tenuta nel sale da due unità extra del potere di combinazione dell'ossigeno (non è interamente assurda (*preposterous*)). [...] Un esempio dell'applicazione di questa ipotesi sarà sufficiente. Il solfato di zinco contiene $ZnSO_4 \cdot 7OH_2$, o $ZnSO_4 \cdot 6OH_2$ » (Tilden, 1876:187).

Qui l'autore fa riferimento alla formula I di Fig. 4, e aggiunge: «]Attualmente, tuttavia, e per ogni scopo pratico, è più sicuro considerare l'ossigeno come invariabilmente diadico» (loc.cit.). Nel 1888 questo avviso prudenziale viene ritirato, in quanto nella sesta edizione di quell'anno le parti di testo che nelle citazioni precedenti sono racchiuse fra parentesi invertite sono cancellate, così che gli esempi portati non fanno più — nel testo sopravvissuto — nemmeno una *little violence* alle teorie ricevute. Oltre al fatto lessicale che *valency* sostituisce *atomicity* nel titolo del paragrafo, si notano molte variazioni all'inizio del testo esaminato: «L'ossigeno è generalmente diadico o bivalente, e nei composti gassosi, con l'eccezione dell'ossido

di carbonio, è invariabilmente così. (Ma che sia capace di svolgere il ruolo di un tetradico è fuori dubbio (*there can be no doubt*), come negli ossidi Cu_2O e Ag_2O)» (Tilden, 1888:233). La base empirica si è quindi rafforzata; questo giustifica la caduta, anche testuale, delle cautele precedenti, e a proposito dell'acqua di idratazione Tilden può scrivere:

«Conondimeno l'idea che questa acqua sia tenuta nel sale da due unità extra del potere di combinazione dell'ossigeno (è perfettamente degna di considerazione). Un esempio dell'applicazione di questa ipotesi sarà sufficiente. Il solfato di zinco contiene $\text{ZnSO}_4 \cdot 7\text{OH}_2$, o $\text{ZnSO}_4 \cdot \text{OH}_2 \cdot 6\text{OH}_2$ » (Tilden, 1888:234).

Come si vede dal confronto fra i testi racchiusi in parentesi graffe, alla caduta dei dubbi sperimentali corrisponde un rafforzamento dell'«idea». Viene anche cambiata la disposizione dei legami in quella che Tilden chiama formula grafica (Formula II di Fig. 4). Ma nel 1901 la situazione conoscitiva del nostro autore è ancora cambiata; il primo periodo del paragrafo rimane tal quale, ma, dopo un inserto che qui non ci riguarda, l'autore scrive: «Il carattere quadrivalente dell'ossigeno è stato in parte basato sulla supposta esistenza degli ossidi inferiori di rame e di argento, Cu_2O e Ag_2O , ma l'evidenza concernente la composizione di queste sostanze è insoddisfacente» (Tilden, 1901:166). Vi è quindi un notevole indebolimento della base empirica, però l'«idea» continua ad affascinare il chimico inglese:

«Conondimeno l'idea che questa acqua sia tenuta nel sale da due unità extra del potere di combinazione dell'ossigeno (è di gran lunga più probabile). Un esempio dell'applicazione di questa ipotesi sarà sufficiente. Il solfato di zinco contiene $\text{ZnSO}_4 \cdot 7\text{OH}_2$, o $\text{ZnSO}_4 \cdot \text{OH}_2 \cdot 6\text{OH}_2$ » (Tilden, ib.:167).

In questa decima edizione del 1901 Tilden conferma anche la formula grafica del 1888 (Fig. 4), e però, otto anni dopo la pubblicazione del saggio di Alfred Werner, che fondava la teoria dei complessi, quella formula assume un sapore decisamente sorpassato (si veda: (Werner, 1893:322)). Riassumiamo allora le varianti epistemologiche di Tilden: i termini con cui il nostro autore si riferisce all'evidenza sperimentale fondante, quella della composizione di sostanze solide, sono: *imperfectly studied* nel 1876, *no doubt* nel 1888, *unsatisfactory* nel 1901. Corrispondentemente, però, in una situazione di particolare debolezza esplicativa, il fascino dell'«idea» non subisce nessuna alterazione, l'ipotesi dell'ossigeno tetraivalente «galleggia» tranquilla sulle fluttuazioni dei «fatti» e ci rivela quale sia l'inconfessata epistemologia di Tilden.

3.2 *Ordito retorico e trama temporale*

Con un ultimo esempio di analisi ritorno ancora sulla descrizione del testo-evento data in Fig. 2, ponendo una semplice domanda: fino a che punto è «definito» il tempo del testo-evento? Nella sezione 1.0 ho fatto un cauto riferimento al tempo cronologico di pubblicazione del testo-evento, e mi sono collocato sul terreno — più facile — dell'articolo non più riscritto dopo la sua uscita a stampa, ma ora la discussione delle trasformazioni diacroniche del testo-evento non può evitare di entrare nel merito di una possibile risposta analitica alla questione delle alterazioni che il tempo (discorsivo) subisce in seguito alla riscrittura e alla ristampa.

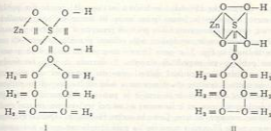


Fig. 4 - Le 'formule grafiche' del solfato di zinco epiaidreo. La formula I è ripresa da (Tilden, 1876); la formula II è ripresa da (Tilden, 1888); essa si ritrova identica in (Tilden, 1901).

Qualsiasi testo delinea un mondo, e questo mondo linguistico, come qualsiasi altro, ha una struttura temporale ben articolata, con l'indicazione di tempi cronologici, successioni, durate, ritmi, deissi temporali. Sono in particolare le deissi temporali a soffrire pesanti distorsioni quando il testo-evento è riscritto e viene offerto alla lettura in un tempo (cronologico) successivo. Con le deissi spaziali si ha un'analoga distorsione se gli interlocutori o gli oggetti cambiano la loro posizione senza che il locutore se ne avveda, come quando si indica «I fiori vicino a Carla», e non ci si è accorti che Carla è uscita dalla serra. La speciale sensibilità delle deissi temporali alla riscrittura rende interessante anche un'analisi delle strutture temporali di un testo che si limiti ad esse, evitando per ragioni di brevità di entrare nel merito della delicata filigrana temporale che affiora in molti tratti del lessico e della sintassi.

Ho scelto come testo esemplare lo *Schlusswort* della quarta edizione delle *Modernen Theorien* di Meyer perché ho dovuto impegnarmi nell'analisi dettagliata di questo epilogo, costretto da un'esperienza di lettura piuttosto sconcertante. Ospite dello Science Museum di Londra stavo preparando in assoluta tranquillità (ne sono ancora oggi grato) il seminario in cui avrei presentato i primi risultati sull'analisi comparata delle diverse edizioni delle *Modernen Theorien* (Cerruti, 1988), ma proprio la lettura dello *Schlusswort* interruppe la routine di studio. Il testo mi suonava a tratti familiare, riconoscibile, a tratti nuovo, di prima lettura; la sensazione che provavo può essere definita con una parola filosoficamente molto precisa: *Unheimlichkeit*, spaesamento. Improvvisamente non ero più a mio agio, la tranquilla sicurezza di apprendista erudito si era dileguata e non mi sentivo più — in quel testo — a casa mia. Il ritorno sulle edizioni precedenti mi indicò la strada per un avvio alla comprensione di quanto era successo, al testo e a me. Meyer aveva ripubblicato nella seconda edizione (1872) le ultime sezioni della prima edizione, sotto forma di conclusioni, ma a queste aveva fatto seguire piuttosto curiosamente altre e (allora) nuove conclusioni. La situazione era rimasta invariata nella terza edizione (1876), mentre nella quarta edizione che stavo leggendo questa bipartizione era scomparsa e l'epilogo era costituito da un unico testo. Ingannato da questo aspetto

formale, e dal fatto che incontro lo *Schlusswort* dopo 211 pagine mai pubblicate prima, avevo intrapreso la lettura senza avere di fronte un testo parallelo da confrontare, tuttavia non appena fui in grado di percepire il mio stesso spaesamento iniziai il confronto con le conclusioni delle edizioni precedenti. Intravvidi così la struttura indicata in Fig. 5, e però l'*horror temporis* mi assalì e l'urgenza dell'impegno pubblico mi impedì di vincerlo. A distanza di anni ho finalmente compiuto un'analisi i cui risultati danno conto dei motivi del mio spaesamento d'allora. Si trattò comunque di un'esperienza salutare; ne ho voluto parlare qui perché l'efficacia dell'analisi linguistica e la passione del mestiere storiografico possono facilmente ingannare e far-sentire-a-casa nel testo-evento, mentre esso è, e deve rimanere, estraneo, lontano. Come ha scritto Heidegger: «Questo spaesamento rode costantemente l'Esserci e minaccia, sia pure inesplícitamente la sua quotidiana dispersione nel Sì» (Heidegger, 1978:297). Ma «la normalità del prendersi cura quotidiano» avrà presto il sopravvento, così che ogni scarto dal Sì-fa-sempre-così sarà sempre benvenuto.

La Fig. 5 dimostra che nella quarta edizione delle *Modernen Theorien* la testura delle conclusioni è piuttosto complessa, in quanto risulta costituita dallo stretto intreccio di testi scritti nel 1864 (prima edizione), nel 1872 (seconda edizione) e nel 1883. Si nota immediatamente che malgrado la notevole frammentazione i testi del '64 e del '72 sono 'conservati' quasi integralmente, e che i frammenti del testo del '64 mantengono la loro successione, pur aprendosi a ventaglio

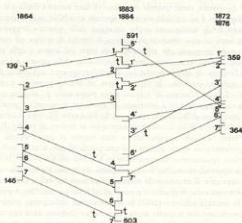


Fig. 5 - Frammentazione e ricomposizione delle conclusioni delle *Modernen Theorien* di Meyer: i testi analizzati sono: (Meyer, 1864: 139-146), (Meyer, 1872: 359-364), (Meyer, 1883: 591-603).

e accogliendo al loro interno tutti i frammenti del '72, con una sola eccezione di scarsa ampiezza. Il testo del '64 appare quindi avere un ordito retorico così robusto da poter sopportare, venti anni dopo la sua stesura, una nuova e più variegata trama di argomenti. Poiché questi argomenti provengono da tempi (cronologici) diversi si instaura anche una nuova trama temporale, capace di produrre qualche effetto curioso se si confrontano i tempi originali di scrittura con le deissi temporali impiantate nei diversi frammenti. In Fig. 5 ho messo in evidenza qualcuna di queste deissi, la prima delle quali è un semplice *jetzt* (ora) che compare all'inizio di 5' (segua la numerazione data in figura). Il testo recita: «Solo troppo spesso anche *ora* vengono fondate ipotesi su osservazioni insostenibili e incomplete ...» (Meyer, 1883: 391); un *jetzt* sintatticamente analogo si trova poco oltre: «Anche *ora* [le ipotesi di Avogadro e di Dulong e Petit] non trovano nessuna aperta opposizione, e tuttavia anche *oggi* ...» (ib.: 392). Ma questo *oral* e questo *oggi* si trovano in un passo scritto nel 1883 (collocato fra 1 e 1'), e così rinviano a pieno titolo alla data che appare nel frontespizio del volume, mentre il primo *oral* assume un carattere diverso quando si nota che dal tempo cronologico che indicava sono passati undici anni, e lui è sempre lì immobile, in un tempo discorsivo sospeso. Lo stesso senso di sospensione si afferra nella rilettura del frammento 4 («lo stato presente della chimica» (ib.: 399)), ed ancora in conclusione, nel frammento 7 («negli ultimi anni [...] i mezzi del nostro tempo» (ib.: 603)); qui il divario fra il tempo testuale e quello discorsivo originario è massimo: nella prima edizione *stato presente e nostro tempo* indicavano il 1864, e così hanno ancora fatto nel '72 e nel '76 (le conclusioni riportavano la loro data); ma nel volume edito nel 1883, e in quello che apparirà appena un anno dopo, per qualsiasi lettore 'normale' queste deissi temporali rimandano ad un tempo cronologico completamente 'falsato'. 'Falsato' va racchiuso fra virgolette perché è tale solo dopo l'analisi linguistica, ed è da questo punto di vista più un alquanto 'fatto' dallo storico che un fatto della storia. Più al riparo dal pericolo di essere un artefatto della ricerca è la constatazione che c'è sicuramente nello *Schlusswort* un tempo celato, che sospende la situazione epistemologica dell'autore a partire dall'inizio della scrittura delle *Modernen Theorien*. Ho dimostrato altrove (Cerruti, 1991b e 1991e), la dinamicità conoscitiva di Meyer e la sua tolleranza epistemologica: forse la natura di questo tempo celato andrebbe cercata altrove, nel luogo in cui l'autore abbandona la Cura della scrittura e ritorna Esserci, ovvero laddove non possiamo seguirlo. Ma senza prospettarci percorsi inagibili, si può terminare l'analisi dello *Schlusswort* sottolineando che esso si conclude con il frammento 7, le cui parole — immutate dal 1864 — sigillano il pensiero del nostro autore ancora nel 1883.

4. CONCLUSIONI COME PROGETTO

In questa relazione ho proposto la *lettura sperimentale* del testo-evento scientifico. In particolare ho cercato di dimostrare che ogni testo è un dialogo, ricco di indicazioni sulla situazione conoscitiva dell'autore; che le trasformazioni sincroniche del testo (riassunti, traduzioni) pongono interessanti problemi sui mondi linguistici messi in contatto da questi nuovi testi; e infine che lo studio delle modificazioni

diacroniche (edizioni successive) fornisce — tra l'altro — un accesso privilegiato all'epistemologia 'implicita' dello scienziato. Tutti gli esempi che ho portato sono 'pezzi facili', il cui risultato è in un certo senso scontato, garantito dal mezzo tecnico messo in gioco. Tuttavia, anche la più meccanica applicazione delle tecniche linguistiche lascia intravedere proprio nella classica opposizione tra *langue* e *parole* il fulcro di una possibile analisi approfondita, che metta in contrasto il discorso espresso da ogni singolo scienziato (la *parole*) con la virtualità del linguaggio scientifico disponibile per tutti (la *langue*). Anche quando è appena accennato, questo contrasto rende visibili i primi contorni del *mondo intermedio* in cui opera lo scienziato quando inanella sul filo dell'argomentazione le *parole*, scelte con cura, una ad una, o inventate, costruite, giustificate, per introdurre in quello stesso mondo nuovi 'oggetti' che spesso non rinviano — per essere compresi — ad una semantica referenziale. Infatti, quando si ha a che fare con parole come *legame* (in chimica) o *specie* (in biologia), ci si accorge presto che una semantica non-referenziale di tipo saussuriano è molto più utile allo storico di una semantica referenziale come quella di Tarski. A questo proposito vorrei ricordare che Golinski, discutendo l'approccio «ermeneutico o semantico» alla storia della scienza ha sottolineato: «Tuttavia esso non è di solito percepito come un approccio distinto alla storia della scienza, e questo è un peccato, perché il prezzo di un mancato riconoscimento è che i problemi metodologici di interpretazione non sono affrontati esplicitamente, e che non sono esplorati i possibili legami con le altre discipline» (Golinski, 1990:117). Si tratta di un rilievo significativo, a cui sarebbe possibile rispondere (inizialmente) solo in un *forum* convocato in modo specifico, con storici della scienza e della cultura, linguisti, filosofi del linguaggio, nonché esperti della creatività linguistica, come gli storici della letteratura e i critici letterari. Difficile, ma non impossibile, specialmente se si considera che lo spazio che gli storici della scienza si sono conquistati nella cultura del Novecento non «è un piacevole giardino ben recitato nel quale una comunità di specialisti possa vivere isolata [...], si tratta di uno spazio molto problematico, scarsamente protetto, *difficile da abitarlo*» (Rossi, 1982: 209) la sottolineatura mi è uscita dalla penna, mentre pensavo alla situazione degli storici nelle facoltà scientifiche).

Ma anche se sono persuaso che il mondo-della-vita dello scienziato è più 'fatto' di parole che di cose, sono ovviamente certo che non si avrebbe nemmeno scienza se lo scienziato non lavorasse anche nella realtà concreta del pane-e-burro, intento a modificare stati del mondo materiale e con questo anche stati del mondo intermedio del linguaggio. Credo anche che sia estremamente interessante il *ritorno all'esperimento* da parte di quanti fanno in varie forme dei discorsi sulla scienza; si tratta di scienziati vicini all'abiura e di storici, sociologi, e filosofi reciprocamente 'contaminati', che ci hanno dato opere interessantissime come (Hacking, 1983), (Pickering, 1984), (Franklin, 1986) e (Gooding et al., 1989). Il 'risveglio' sembra però avvenuto con l'attenzione rivolta a settori disciplinari lontani dalla chimica, così che anche in autori affermati si ritrovano sciocchezze (dal punto di vista epistemologico: (Harré, 1990: 18)) e incertezze (interpretative: (Franklin, 1989: 449-453)). Sono quindi *assolutamente benvenuti* lavori come quelli di Eugenio Torracca che puntigliosamente e sottilmente entrano nei dettagli delle procedure conoscitive dei chimici, siano esse pratiche di laboratorio o elaborazioni teoriche (Torracca, 1989 e

1992). Solamente su una base storiograficamente ricca e differenziata sarà possibile un vero pluralismo epistemologico, che si sottragga — per quanto possibile — al dominio descrittivo e interpretativo delle discipline (scientifiche) dominanti.

Ho detto che sono particolarmente benvenuti i contributi storiografici sugli 'esperimenti' anche per il fatto che, dal punto di vista dei risultati conoscitivi, li trovo molto simili alle ricerche sul linguaggio degli scienziati. Sono, per me, risultati simili e reciprocamente interagenti, in quanto se è vero che *meaning-is-use*, è altrettanto vero che *use-is-meaning*. Tuttavia pur essendo evidenti le interazioni fra le linee di ricerca che ho appena menzionato, e fra queste ed altre di tipo più istituzionale (mezzi di comunicazione, strutture accademiche), la storia della scienza non è la somma di tante storie tematiche (il linguaggio, gli esperimenti, le teorie, le istituzioni) e nemmeno la somma di tante storie disciplinari o specialistiche (la chimica analitica o l'ostetricia). Porter ha affermato con forza che vi è il pericolo di «sovraspecializzazione, ristrettezza e frammentazione. [...] Le nostre storie di riferimento per le grandi trasformazioni come la Rivoluzione scientifica sono ora vecchie di venti o trenta anni», e dopo aver ironizzato: «nella specializzazione sta la sicurezza», ha aggiunto: «Ma è particolarmente preoccupante che gli ultimi cento anni circa di scienza fino al presente manchino, finora, di un'interpretazione complessiva» (Porter, 1990:43-44). Condivido in tutto le riflessioni di Porter, con un'accentuazione personale a proposito dell'Ottocento. Non solo manca un'interpretazione complessiva dell'ultimo secolo di storia della scienza, ma per il periodo che va dalle guerre napoleoniche alla prima guerra mondiale manca un'interpretazione qualunque. Le più recenti storie di questo periodo allineate sugli scaffali della Science Museum Library, risalgono ad un paio di generazioni fa. Concludo con una battuta che ripeto spesso ai miei (pochi) allievi: non c'è nessuna questione che una decina di anni di lavoro 'massacrante' non sia in grado di risolvere.

BIBLIOGRAFIA

- AMBI F., CASPARI E., *Atti del III Convegno Nazionale di Storia e Fondamenti della Chimica*, Comenza: Benner, 1991.
- AA.VV., *Scienziati e tecnologi dalle origini al 1875*, Milano: Mondadori, 1975.
- BARTISTINI A., *Letteratura e scienza*, Bologna: Zanichelli, 1977.
- BLEICHER J., *L'ermetica contemporanea*, Bologna: Mulino, 1986.
- BLOOMFIELD L., «Linguaggio formale e informale», in (Battistini, 1977), pp. 76-81 (1979).
- CAMPANELLA L., DI MIO A., *La chimica. Storia, Fondamenti, Prospettive*, Roma: Acc.Naz.Scienze, 1991.
- CANNIZZARO S., «Sunto di un corso di Filosofia Chimica fatto nella R. Università di Genova», *Nuovo Cimento*, pp. 321-366 (1858).
- *Sunto di un corso di filosofia chimica*, Palermo: Sellerio, 1991.
- CERRUTI L., «Reading Chemistry: 19th Century Chemical Books», conferenza tenuta alla Society for the History of Alchemy and Chemistry il 6 dicembre 1987, inedita, (1987).
- «The Language of a Progressive Science: Chemical Text-Books in the Late 19th Century», seminario tenuto allo Science Museum di Londra il 2 marzo 1988, inedito, (1988).
- «Il luogo del Santos», in (Cannizzaro, 1991), pp. 73-282 (1991a).
- *Lothar Meyer e la chimica teorica. Un'epistemologia tollerante*, materiali/preprint della Scuola Normale Superiore, Classe di Lettere e Filosofia, 11 pp. (1991b).
- «Payment by Residue: l'insegnamento della chimica nell'Inghilterra vittoriana e la figura di W.A. Tilden», in (Abbei e Crispini, 1991), pp. 181-194 (1991c).
- «Procedere conoscitive e culture disciplinari. Un'analisi storiografica», relazione tenuta a Roma il 19 aprile 1991, in corso di stampa, (1991d).
- «Storiografia, epistemologia, linguistica. Un'analisi delle *Modernes Theorien* di L. Meyer», in corso di stampa, (1991e).
- *Problemi di comprensione del linguaggio scientifico*, lezioni tenute presso il CIRDA di Torino, (1992).
- DEZBY R.G.A., «The Case of Physical Chemistry», in (Lemaire et al., 1976), pp. 63-73 (1976).
- DECRET O., TODONOV T., *Dictionnaire encyclopédique des sciences du langage*, Paris: Seuil, 1972.
- FLEX L., *Genesis e sviluppo di un fatto scientifico*, Bologna: Mulino, 1983.
- FORCAULT M., *L'archeologia del sapere*, Milano: Rizzoli, 1980.
- FRANKLIN A., *The Neglect of Experiment*, Cambridge: Cambridge UP, 1986.
- «The epistemology of experiment», in (Gooding et al., 1989), pp. 437-460 (1989).
- GAUDIANO A., «Avogadro, Amedeo», in (Autori Vari, 1975), pp. 82-84.
- GAU-LASSUS J.L., «Sur la combinaison des substances gazeuses les unes avec les autres», *Nouv. Bull. Soc. Philomath.*, 1, pp. 298-301 (1808).
- «Sur la combinaison des substances gazeuses les unes avec les autres», *Mém. Soc. Annuel.*, 2, pp. 207-234 (1809).
- GRU M., *Storia della chimica. Dall'alchimia alle dottrine moderne*, Torino: Chiantore, 1946.
- GOLINZI J.V., «Language, Discourse and Sciences», in (Oflly et al., 1990), pp. 110-125 (1990).
- GOODING D., PINCH T., SCHAFER S., *The uses of experiment. Studies in the natural sciences*, Cambridge: Cambridge UP, 1989.

- GRUBS A.G., *The Rhetoric of Science*, Cambridge: Harvard UP, 1990.
- HARRMAN J., «La pretesa di universalità dell'ermeneutica», in (Bleicher, 1986), pp. 229-258 (1971).
- *Conoscenza e interesse*, Bari: Laterza, 1990.
- HACKING I., *Representing and intervening. Introductory topics in the philosophy of natural sciences*, Cambridge UP: Cambridge, 1983.
- HARRÉ R., *Great Scientific Experiments*, Oxford: Oxford UP, 1990.
- HEIDEGGER M., *Essere e tempo*, Torino: UTET, 1978.
- IBER A.J., *The Development of Modern Chemistry*, New York: Dover, 1984.
- JACOBSON R., *Poesia e poesia. Questioni di teoria e analisi testuali*, Torino: Einaudi, 1985.
- KRAGE H., *An Introduction to the Historiography of Science*, Cambridge: Cambridge UP, 1989.
- KRISTEVA J., *Semiotiké. Recherches pour une sémiologie*, Paris: Seuil, 1969.
- LAUDAN L., «The History of Science and the Philosophy of Sciences», in (Olby et al., 1990), pp. 47-59 (1990).
- LEBLANC F., «Application à la chimie de la théorie d'Ampère et d'Avogadro sur la constitution des corps gazeux, par M. S. Cannizaro» *Rip. chim. pure*, pp. 201-205 (1839).
- LEMAIRE G., MACLEOD R., MULKAY M., WINGGART P., *Perspectives on the Emergence of Scientific Disciplines*, The Hague: Mouton, 1976.
- MEYER L., *Die modernen Theorien der Chemie und ihre Bedeutung für die chemische Statik*, Breslau: Maruschke, 1864.
- *Die modernen Theorien der Chemie und ihre Bedeutung für die chemische Statik*, Breslau: Maruschke, 1872.
- *Die modernen Theorien der Chemie und ihre Bedeutung für die chemische Mechanik*, Breslau: Maruschke, 1883.
- *Die modernen Theorien der Chemie und ihre Bedeutung für die chemische Mechanik*, Breslau: Maruschke, 1884.
- *Modern Theories of Chemistry*, tr. di P.P. Bedson e W.C. Williams, London: Longmans, 1888.
- MENDY B.W., «Avogadro on the Degree of Submolecularity of Molecules», *Chymia*, 12, pp. 151-155 (1967).
- OLBY R.C., CANTOR G.N., CHRISTIE J.R.R., HEDGE M.J.S., *Companion to the History of Modern Science*, London: Routledge, 1990.
- PASCUALI G., *Storia della tradizione e critica del testo*, Milano: Mondadori, 1974.
- PROCEEDING A., *Constructing Quarks: a Sociological History of Particle Physics*, Edinburgh: Edinburgh UP, 1984.
- PORTER K., «Charles Lyell and the principles of the history of geology», *Brit. J. Hist. Sci.*, 9, pp. 91-105 (1976).
- «The History of Science and the History of Society», in (Olby et al., 1990), pp. 32-46 (1990).
- QUINE W. VAN ORMAN, *Parola e oggetto*, Milano: Saggiatore, 1970.
- ROSSI P., *I segni del tempo. Storia della terra e storia delle nazioni da Hooke a Vico*, Milano: Feltrinelli, 1979.
- «Profilo della storia della scienza nel Novecento», in (Rossi, 1986), pp. 165-209 (1982).
- «Ludwik Fleck e una rivoluzione immaginaria», in (Fleck, 1983), pp. 9-42 (1983).
- *I segni e le forme. Un'apologia della storia della scienza*, Bologna: Mulino, 1986.
- STREPER G., *Dopo Babele. Il linguaggio e la traduzione*, Firenze: Sansoni, 1984.
- TALLEN W.A., *Introduction to the Study of Chemical Philosophy The Principles of Theoretical and Systematic Chemistry*, London: Longmans, 1876.

- TILDEN W.A., *Introduction to the Study of Chemical Philosophy. The Principles of Theoretical and Systematic Chemistry*, London: Longmans, 1888.
- *Hints on the Teaching of Elementary Chemistry in Schools and Science Classes*, London: Longmans, 1895.
- *Introduction to the Study of Chemical Philosophy The Principles of Theoretical and Systematic Chemistry*, London: Longmans, 1901.
- TORRINCA E., «Il ruolo degli esperimenti nella Chimica dell'Ottocento», in (Campanella e Di Meo, 1991), pp. 163-182 (1989).
- «Le origini della spettroscopia: i contributi di Bunsen e Kirchhoff», in *coro di stampa*, (1992).
- WERNER A., «Beitrag zur Konstitution anorganischer Verbindungen», *Z. anorg. Chem.*, 3, pp. 267-350 (1893).

Aspetti storici rilevanti della teoria cinetica dei gas: un approccio ipertestuale (**)

Summary - This paper points out a set of MS-DOS simulation softwares about the kinetic theory of gases. The paper presents many references of the historical approach to the matter (Ballot, Clausius, Boltzmann, Maxwell and Loschmidt). The historical references and the consequent simulation softwares are organized in hypertextual form, i.e. the various parts are connected by means of "links". The goal of the work is to design a new teaching tool, i.e., the student can select a personal learning track.

Iper testi, simulazioni e didattica

L'esigenza dalla quale siamo partiti è scaturita dall'intento di elaborare uno strumento d'integrazione tra i diversi ambienti attraverso i quali passa il percorso didattico che stiamo delineando. L'utilizzo dello strumento ipertestuale ci è sembrato particolarmente adatto, anche se in questa fase può apparire sovradimensionato, in rapporto alla limitata quantità di documentazione da gestire. Il software di cui ci siamo serviti, Hyperideal,¹ si è mostrato adeguato alle esigenze che in questa fase avevamo, in considerazione anche della strumentazione limitata di cui disponevamo. Lo stesso modulo sperimentale elaborato è facilmente utilizzabile sulla maggior parte dei computer in dotazione delle scuole.²

Il carattere sperimentale del modulo costruito ha consentito di evidenziare le potenzialità di utilizzazione dello strumento ipermediale. Ne è emersa la prospettiva di realizzazione di un lavoro molto più ampio, in cui si possano far «espandere», mediante l'ulteriore elaborazione di particolari insiemi di nodi tematici, aspetti concettuali che qui vengono affrontati a livello molto alto (si veda il caso del

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

(**) Relazione presentata al IV Convegno Nazionale di «Storia e Fondamenti della Chimica» (Venezia, 7-9 novembre 1991).

¹ *Hyperideal, Ambiente integrato per lo sviluppo di applicazioni ipertestuali*. Versione 1.0 per personal MS-DOS, di Corrado Ermacora, ed. McGraw-Hill Libri Italia, Milano, 1990.

² La dotazione minima richiesta è un computer PC-IBM e compatibili, sistema operativo MS-DOS, monitor a colori, scheda grafica CGA.

concetto di entropia, irreversibilità, ecc.), e la cui comprensione dà per scontata una vasta gamma di conoscenze prerequisite.

In sostanza è la filosofia ipertestuale che ci è sembrata particolarmente adatta allo sviluppo di uno strumento d'integrazione capace di articolare i contenuti attraverso reti di relazioni percorribili in modo relativamente autonomo.³ Nel nostro caso non si tratta solo del superamento dell'unilinearità testuale, che dovrebbe riguardare l'esposizione storica e teorica, ma della creazione di un unico ambiente ipermediale nel quale interagiscono, attraverso possibili percorsi associativi, testi e attività «laboratoriali».

La simulazione, che nell'insegnamento della teoria cinetica dei gas fornisce didatticamente l'unico «laboratorio» ipotizzabile per la realizzazione di esperienze di carattere anche quantitativo, diviene in questo contesto il generatore di elementi matematici (generatori di apprendimento) con la possibilità di verificare, confutare, approfondire singole elaborazioni teoriche. In sostanza si tratta di cercare di fornire ulteriori strumenti per contribuire a dar concretezza a idee astratte, che nella trattazione iconica, dinamica e operativa superano la comunicazione esclusivamente verbale, sia che questa avvenga nel linguaggio comune o in quello formale della matematica. Al tempo stesso lo spirito laboratoriale di ricerca viene riprodotto anche in questo ambito di simulazione, nel quale è possibile formulare ipotesi, analizzare situazioni limite, valutare esiti di diversi «esperimenti», senza tuttavia dimenticare i limiti dell'ambiente di elaborazione dei dati riguardanti l'hardware di supporto ed il software stesso costruito.

Non si tratta solo di un abbinamento tra immagine ed idea, che può risultare particolarmente efficace nel caso del browser (cfr. fig. 1) per fissare la griglia d'insieme (bussola di orientamento per la navigazione) che tiene legati i singoli aspetti concettuali, ma tra dinamicità del «verificarsi di eventi» e del modificarsi dei parametri significativi che intervengono nell'interpretazione molecolare dei fenomeni termici.

Dal punto di vista della psicologia cognitiva si pone, nell'attività didattica, il problema di un'adeguata metodologia che recuperi il pieno significato della navigazione ipertestuale, evitando che l'allievo si disperda nella molteplicità dei percorsi possibili. Si tratta pertanto dell'esigenza di un effettivo superamento di un uso dell'ipertesto in forma di browsing, per sviluppare un atteggiamento riflessivo, pur nella soggettività delle piste di lavoro percorse. L'acquisizione stabile di alcuni concetti presuppone un contestuale intervento del docente che, nella regolazione esterna sappia utilizzare lo strumento ipertestuale per costruire un ambiente di potenziamento delle capacità di autoregolazione del discente.

Il saper mettere in relazione le diverse conoscenze acquisite lungo un percorso di apprendimento, il saper riconoscere la significatività dei risultati conseguiti, il saper organizzare in modo sistematico le diverse informazioni in forma comprensiva e integrata, il saper trovare stimoli motivazionali che contribuiscano ad alimentare la volontà di sviluppo e approfondimento di nuove conoscenze, sono i campi

³ Si vedano sul tema: U. MARGIUTA, *Iperstesti e scienze cognitive: modelli di competenza comunicativa*, di imminente pubblicazione sulla Rivista «Informatica, telematica e scuola», 1991 e G. ALEXANDRINI, *Il paradigma ipertestuale nella didattica*, in «Informatica oggi» n° 75, 1991.

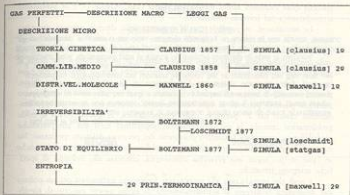


Fig. 1 - Browser.

concettuali più significativi in cui gestire gli ambiti cognitivi, affettivi e metacognitivi.⁴

Un sottile intreccio, dunque, tra intervento esterno e relativa autonomia dello studente nella graduale attivazione e regolazione dei processi interni di apprendimento, nella quale l'ipertesto fornisce un campo di sviluppo di aree operative personalizzate tra le molteplici possibili.

Percorso storico e ambienti «laboratoriali»

Scopo del lavoro è stato quindi l'elaborazione di uno strumento d'interfaccia di comunicazione con i programmi di simulazione sulla teoria cinetica dei gas, che fosse in grado di esplicitare in modo organico l'apparato storico-critico che è stato il supporto epistemologico di base nella produzione del software didattico. Possiamo affermare quindi che l'asse lungo il quale si articola la proposta didattica è di carattere storico (cfr. Browser, fig. 1) ed assume come riferimento le memorie sulla teoria cinetica di Clausius, Maxwell e Boltzmann. La non linearità dello sviluppo storico è evidenziata dalla presenza di confutazioni che rilevano la discordanza tra i risultati teorici e le situazioni sperimentali (obiezione di Ballot, 1858) o modellizzate (paradosso di Loschmidt, 1877). Da entrambe scaturiscono approfondimenti e aggiustamenti della teoria che danno luogo alla formulazione di nuovi

⁴ M. PELLEREY, *Iper testi, privilegio cognitivo e didattico*, relazione al Convegno Didattico 1990, Catania 2-3 maggio 1990.

concetti quali cammino libero medio, nel primo caso (Scheda 1), e di probabilità termodinamica nel secondo (Scheda 4).

Le simulazioni, in parallelo con la sequenza delle diverse citazioni riportate, forniscono lo strumento per l'approfondimento «sperimentale» e dinamico degli aspetti concettuali più significativi che via via, cronologicamente, e non, emergono dalla maturazione della teoria. Ogni nodo è fornito di un «bottone» che rinvia al possibile riferimento storico; viceversa ogni riferimento teorico presente nei passi riportati dalle memorie, attraverso l'evidenziazione di specifiche parole chiave, possiede corrispondenti nodi esplicativi. Tuttavia i riferimenti incrociati sviluppano numerosi possibili percorsi, in ogni caso tendenti a convergere verso un approfondimento critico del 2° principio della termodinamica. È questo infatti il nodo problematico centrale, la cui comprensione, soprattutto nella sua interpretazione probabilistica, costituisce l'obiettivo prioritario del percorso didattico ipotizzato. Ne consegue, pertanto, che i «links» hanno essenzialmente carattere referenziale, anche se l'asse storico segue una gerarchia cronologica, connessa allo sviluppo di specifiche questioni tematiche.

I nodi che introducono alla simulazione forniscono indicazioni per un utilizzo dei programmi finalizzato all'approfondimento di alcuni aspetti concettuali significativi della teoria. Si propone, ad esempio, l'utilizzo del programma "CLAUSIUS" per un primo approccio alla interpretazione microscopica di variabili macroscopiche, quali pressione e temperatura. Il riferimento storico in questo caso è costituito dalle memorie di Clausius del 1857, nelle quali si pongono le premesse epistemologiche della teoria cinetica. Un altro nodo, legato allo sviluppo storico e all'obiezione di Ballot del 1858, ripropone lo stesso programma per approfondire il significato del cammino libero medio molecolare e verificare «sperimentalmente», in termini statistici, i valori teorici calcolati. (Scheda 1)

Analogamente alla simulazione precedente, l'accesso al programma "MAXWELL" si può attuare mediante due nodi di collegamento, corrispondenti a due proposte di utilizzo della simulazione. Una consente di verificare lo sviluppo della distribuzione delle velocità molecolari, per effetto degli urti casuali molecolari, verso l'equilibrio, fornendo una sorta di «verifica» del significato del teorema-H. L'altra indica, operando con due gruppi di particelle con diversa assegnazione iniziale di energia cinetica, una possibile verifica del 2° principio della termodinamica osservando il progressivo livellamento dei corrispondenti valori di energia, con il graduale «riscaldamento» («raffreddamento») del gas più «freddo» («caldo»), per effetto degli urti casuali molecolari (cfr. Scheda 2). I riferimenti storici sono costituiti da citazioni significative sui temi affrontati, tratte dalle memorie di Maxwell (1860) e di Boltzmann (1872).

Ovviamente le proposte hanno un carattere puramente orientativo, rispetto agli aspetti concettuali sui quali si intende sviluppare la riflessione. Gli ambienti di simulazione sono comunque aperti anche ad altre possibili analisi dei fenomeni in rapporto alle esigenze che possono scaturire nel corso dello studio della teoria cinetica.³

³ Per ulteriori dettagli sulle simulazioni e su aspetti storici epistemologici si vedano: A. BROSSETTI, F. DI CONILDO, *Teoria cinetica dei gas e teoria molecolare: considerazioni storiche e ricerca di nuovi strumenti didattici*, in «La formazione scientifica nella scuola secondaria superiore».

SCHEDA 1

ORIEZIONE DI BALLOT (1858)

"Se dell'idrogeno solforato o del cloro vengono liberati in un angolo di una stanza, passano alcuni minuti prima che se ne senta l'odore nell'angolo opposto, anche se le particelle del gas dovrebbero poter attraversare tutta la stanza un qualche centinaio di volte al secondo"

Il riconoscimento della validità dell'obiezione posta da Ballot, induce Clausius a ricercare un aggiustamento del modello introdotto per la trattazione dei gas reali nei quali le molecole, non essendo trascurabili le dimensioni molecolari, non possono proseguire in linea retta per lunghe distanze. L'immediata replica di Clausius porterà all'introduzione di una speciale ipotesi probabilistica quale il cammino libero medio (c.l.m.) di una molecola che consente di superare lo scoglio posto da Ballot riconciliando i fatti con la teoria del moto rettilineo delle molecole.

STORIA

SIMULA clausius



CLAU...
 CLAU...
 CLAU...
 CLAU...
 CLAU...
 CLAU...
 CLAU...
 CLAU...
 CLAU...
 CLAU...
 CLAU...



CLAUSIUS 1858

"Se ora applichiamo i risultati (trovati sul cammino libero medio molecolare) al comportamento osservabile dall'esterno, di un gas in cui si assuma che non esiste altro moto complessivo oltre a quello molecolare, è facile convincersi che la teoria che spiega la forma espansiva del gas non porta alla conclusione secondo cui due quantità di gas a contatto debbono mescolarsi rapidamente e vicinamente: essa porta invece a concludere che solo un numero relativamente piccolo di atomi può giungere rapidamente a grandi distanze, mentre le quantità maggiori del gas si mescolano gradualmente nelle zone relative alla superficie di contatto"

Clausius, traducendo la domanda carica di portata falsificante in un linguaggio teorico rinnovato, reinterpretava i dati sulla diffusione come base empirica a favore della teoria rinnovata e apriva vie sperimentali che, attraverso misure di c.l.m., avrebbero implicato valutazioni sempre più favorevoli all'ipotesi molecolare.

STORIA

SIMULA clausius

SCHEDA 2

MAXWELL 1860

"Se un gran numero di particelle sferiche uguali sono in moto in un contenitore perfettamente elastico, hanno luogo collisioni tra le particelle, e le loro velocità sono alterate ad ogni collisione; cosicchè dopo un certo tempo la vis viva sarà divisa tra le particelle secondo una legge regolare e il numero medio delle particelle la cui velocità varia entro limiti assegnati, risulterà accertabile, sebbene la velocità di ciascuna particella cambi ad ogni collisione."

STORIA

SIMULA maxwell



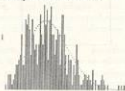
gruppo 1 - distribuzione iniziale
energia media iniziale = 14471



gruppo 2 - distribuzione iniziale
energia media iniziale = 472



gruppo 1 - distr. dopo 80525 urti
energia media = 7843



gruppo 2 - distr. dopo 80525 urti
energia media = 7300

BOLTZMANN 1872

Nella memoria "Studi ulteriori sull'equilibrio termico di un gas di molecole", Boltzmann svolge il tentativo più articolato di ricavare l'evoluzione irreversibile dello stato di un gas, come effetto risultante dal complesso di urti molecolari.

In questo lavoro lo scienziato austriaco persegue i seguenti obiettivi:

- ottenere un'equazione di variazione temporale della funzione di distribuzione in conseguenza degli urti molecolari;

- dimostrare che la funzione di distribuzione tende sempre e comunque con il tempo alla distribuzione di Maxwell (teorema H)

Il teorema H sembra realizzare una vera e propria dimostrazione su base microscopico-molecolare della seconda legge della termodinamica. Come nei lavori di Maxwell anche questo teorema si fonda sull'assunzione della microreversibilità e sull'ipotesi del caos molecolare.

STORIA

SIMULA maxwell

Il programma di simulazione «LOSCHM», diversamente, possiede un carattere puramente dimostrativo per realizzare e verificare concretamente l'obiezione di Loschmidt alla rigida determinazione temporale indotta dal teorema-H nella versione del 1872. La simulazione propone il modello descritto da Loschmidt, mostrando come l'evoluzione di un sistema tendente ad allontanarsi da una situazione «ordinata» iniziale possa essere rovesciata, per effetto di una inversione istantanea delle velocità molecolari, complessione estremamente improbabile, ma possibile tra le molteplici realizzabili, che conduce il sistema a riassumere la configurazione iniziale.

Ciò renderà manifesto il paradosso esistente nell'interpretazione dell'irreversibilità macroscopica in termini di collisioni molecolari reversibili, evidenziando il carattere non rigidamente deterministico dell'evoluzione del sistema verso l'equilibrio.

Nella simulazione riportata nella Scheda 3 Loschmidt descrive un modellino di gas assolutamente lontano dall'equilibrio: alcuni atomi fermi sul fondo del recipiente ed un solo atomo istantaneamente fermo sulla parete superiore del recipiente: lasciato a se stesso, l'atomo cade, urta gli altri atomi sul fondo e l'energia cinetica si distribuisce tra tutti, raggiungendo presto la distribuzione maxwelliana; ma invertendo ad un certo istante le velocità di tutti gli atomi si ritornerà inevitabilmente dalla distribuzione di equilibrio a quella iniziale, lontana dall'equilibrio, in cui tutti gli atomi sono fermi.

È interessante osservare che emergono qui i limiti dell'ambiente nel quale si opera; infatti un numero elevato di urti molecolari, per effetto dei troncamenti numerici realizzati nel corso dell'elaborazione dei dati, può condurre alla perdita della simmetria numerica e, di conseguenza, nella nostra rappresentazione, anche «temporale».

Infine, collegato con questa necessità di sviluppare un'interpretazione probabilistica dell'evoluzione di un sistema, è stata inserita una simulazione relativa alla diffusione di un gas in un contenitore diviso in due settori. A questo scopo è stato utilizzato un programma elaborato dal G.N.D.F. di Palermo, nell'ambito del Progetto strategico T.I.D. (CNR),⁴ che evidenzia la tendenza allo sviluppo della distribuzione delle configurazioni possibili verso una situazione in cui la configurazione corrispondente allo stato di uniformità del numero di particelle tra i due settori, risulta essere la più probabile. L'aspetto più rilevante che viene evidenziato è il fatto che gli stati (macrostat) più probabili all'equilibrio sono quelli realizzati da un maggior numero di configurazioni microscopiche, nell'ipotesi che tutte le configurazioni siano ugualmente probabili.

Al di là dell'immediata constatazione qualitativa dello sviluppo stesso delle distribuzioni ottenute, l'approfondimento quantitativo sul numero delle possibili

introduzione alla storia della chimica». Atti del Convegno (Venezia, 20-22 novembre 1986), Gruppo di Didattica delle Scienze, Università di Venezia; Atti del Seminario, *Aspetti storico-epistemologici della scienza ottocentesca: genesi e sviluppo della teoria atomistica - molecolare*, Venezia, 8-9 marzo 1988, Gruppo di Didattica delle Scienze, Università di Venezia; A. BONZETTI, F. DI CATALDO, *Microfenomeni e didattica*, in «Epsilon» n° 4, ed. PARAVIA, 1989.

⁴ R.M. SPERANDEI, R. MADONIA, G. TEDI, *Stat-gas: analisi statistica di un gas andamento all'equilibrio*, Progetto Strategico C.N.R. «Tecnologie ed innovazioni Didattiche», Unità del G.N.D.F. di Palermo (Università di Palermo), distribuito dalla Società Italiana di Fisica (Bologna).

SCHEDA 3

LOSCHMIDT 1877

Loschmidt descrive un modellino di gas assolutamente lontano dall'equilibrio, alcuni atomi fermi sul fondo del recipiente ed un solo atomo istantaneamente fermo sulla parete superiore del recipiente: lasciato a se stesso, l'atomo cade, urta gli altri atomi sul fondo e l'energia cinetica si distribuisce tra tutti raggiungendo presto la distribuzione maxwelliana all'equilibrio; ma invertendo ad un certo istante le velocità di tutti gli atomi, si ritornerà inevitabilmente dalla distribuzione di equilibrio a quella iniziale, lontana dall'equilibrio, in cui tutti gli atomi sono fermi.

Con questa critica acuta Loschmidt centra una zona tuttora oscura nella comprensione della questione "che cosa è l'irreversibilità?" e più puntualmente porta alle estreme conseguenze il paradosso insito nell'affermazione che attraverso delle collisioni molecolari reversibili, un sistema macroscopico, ad esempio un gas, si evolve, secondo un processo irreversibile, verso l'equilibrio.

Il bersaglio centrale della critica è tuttavia il teorema-H.

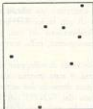
SIMULA loschmidt

STORIA

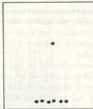
SITUAZIONI nella SIMULAZIONE



iniziale



dopo molti urti



dopo inversione velocità

BOLTZMANN 1877

Nelle due memorie del 1877 Boltzmann, rispondendo alle critiche di Loschmidt, opera una rigorosa formalizzazione del carattere probabilistico del 2° principio della termodinamica anche se non realizza un reale riesame critico del teorema H.

"Lo stato iniziale del sistema sarà in generale uno stato molto poco probabile ed il sistema tenderà sempre verso stati più probabili fino a pervenire allo stato più probabile cioè a dire allo stato di equilibrio termodinamico. Se noi applichiamo allora il 2° principio della termodinamica, noi potremo allora identificare la grandezza che continuiamo a chiamare entropia con la probabilità dello stato corrispondente..."

Consideriamo un sistema di corpi isolato, in virtù del 2° principio della termodinamica l'entropia totale del sistema non può che aumentare. Nella nostra interpretazione attuale, questo non significa altra cosa che il fatto che le probabilità dello stato dei corpi del sistema dovrà costantemente aumentare: il sistema non può passare che da uno stato ad un altro più probabile".

STORIA

SIMULA maxwell

SCHEDA 4

BOLTZMANN 1877

"Se in un'urna vi fosse un gran numero N di sfere identiche per gli altri aspetti, delle quali un certo numero fossero bianche, un ugual numero nere, un ugual numero rosse, e così via, allora la probabilità di estrarre 'a' sfere bianche, 'b' sfere nere, 'c' sfere rosse, ecc. è $N! / (a!b!c!...)$ volte la probabilità di estrarre sfere di un solo colore".

Proprio come in questo semplice esempio, l'evento che tutte le molecole di un gas abbiano la stessa velocità nella stessa direzione non è per nulla meno probabile dell'evento che ogni molecola abbia esattamente la velocità e la direzione del moto che essa possiede realmente ad un istante particolare nel gas. Ma se paragoniamo il primo evento con l'evento che valga nel gas la distribuzione delle velocità di Maxwell, troviamo che vi sono innumerevoli configurazioni equiprobabili da contare come appartenenti al secondo.*

$N! / a!b!c!...$ sono i coefficienti multinomiali determinabili al variare di $a, b, c, ...$ Si tratta di una generalizzazione del caso binomiale esprimibile mediante la relazione $N! / a!b!$.

DISTRIB. VELOCITA'

SIMULA STATGAS.

STORIA



contatore-->

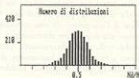
200

CONTINUA

Tabella Finire

contatore-->

2000



configurazioni conduce, attraverso semplici generalizzazioni, dalla distribuzione binomiale, corrispondente alla suddivisione in due settori, a quella multinomiale, nel caso di n suddivisioni.

Dal punto di vista storico si può così costruire un primo approccio didattico alla revisione critica del teorema-H, operata da Boltzmann nelle memorie del 1877 in conseguenza delle obiezioni di Loschmidt per giungere ad una chiarificazione critica del carattere probabilistico dell'entropia e dello stesso 2° principio della termodinamica.

La Scheda 4 riguarda una possibile

Utilizzazione didattica

È chiaro, da quanto detto sopra, che il modulo, proprio per il suo specifico carattere sperimentale, non ha la pretesa di un'immediata trasferibilità didattica, ma si configura come una sorta di prototipo per ulteriori sviluppi successivi. Vi sono molti aspetti concettuali appena enunciati, riferimenti storici non contestualizzati, percorsi potenziali di approfondimento ancora non realizzati. Vale tuttavia la pena di esplicitare, in forma ipotetica, limitati usi dell'ipertesto in situazioni o fasce scolari diverse.

Ad esempio, per quanto riguarda il biennio di scuola secondaria superiore, assumendo quale riferimento le proposte più recenti formulate dalla Commissione Ministeriale Brocca,⁷ è possibile intravedere un particolare uso legato all'insegnamento denominato «Laboratorio di fisica e chimica».

Dal punto di vista contenutistico, all'interno del Tema 6 (*Movimento e Energia*), si ritrovano espliciti riferimenti a conoscenze quali l'interpretazione cinetica della diffusione e della pressione di un gas, correlate ad attività di simulazione del moto molecolare, come approccio al modello microscopico interpretativo, come momento successivo allo studio sperimentale della fenomenologia dei gas. Il livello di età in cui si opera induce a riconoscere prematura l'attivazione di collegamenti storici, se non al più ad aspetti puramente descrittivi, riscontrabili ad esempio in alcune citazioni tratte dalla memoria di Clausius (1857).

Si tratta cioè di una fase scolare che costituisce un momento di carattere esplorativo in cui si elaborano primi modelli interpretativi dei fenomeni, «adeguati allo sviluppo cognitivo degli studenti», nella prospettiva di una successiva formalizzazione realizzata nel corso del triennio. La maturazione intellettuale che si presuppone in questo secondo momento della scuola secondaria superiore consente approfondimenti critici per quanto attiene sia gli aspetti epistemologici relativi ai fondamenti della teoria, sia quelli formali della trattazione fisico-matematica. Prioritaria comunque è l'assunzione di una metodologia didattica in cui si attribuisca particolare valore alla dimensione storico-critica, anche nell'insegnamento delle discipline scientifiche, nelle quali, diversamente, permane un diffuso atteggiamento che induce i docenti a riproporre esclusivamente gli aspetti tecnico-formali della disciplina, marginalizzando quelli relativi alle problematiche fondazionali delle teorie.

⁷ *Piani di studio della scuola secondaria superiore e programmi dei primi due anni*, Annali della Pubblica Istruzione, n° 36, ed. Le Monnier, 1991.

RIFERIMENTI STORICO-BIBLIOGRAFICI

- CLAUDE R., *On the moving force of heat, and the laws regarding the nature of heat itself which are deducible therefrom*, Philosophical Magazine, 1851, tradotto da «Annalen der Physik und Chemie», 155 (1850).
- *On the nature of motion which we call heat*, Philosophical Magazine, 1857, tradotto da «Annalen der Physik», 100 (1857).
- *Über die mittlere Länge der Wege*, «Annalen der Physik», 105 (1858).
- MAXWELL J.K., *Illustration of the dynamical theory of gases*, «Philosophical Magazine», (1860).
- BEZMANN L., *Weitere Studien über das Wärmeleichgewicht unter Gasmolekülen*, «Wien. Ber.», 66 (1872).
- *Bemerkungen über einige Probleme der mechanischen Wärmetheorie*, «Wien. Ber.», 75 (1877).
- LOSCHMIDT J., *Über der Zustand des Wärmeleichgewichtes eines System von Körpern mit Rücksicht auf die Schwerkraft*, «Wien. Ber.», 75-76 (1877).

La chimica a Firenze fra 800 e 900⁴

Summary - At the end of the 19th and the beginning of the 20th century Chemistry in Firenze was focused on two great scientists completely different in nature and culture: Hugo Schiff and Angelo Angeli.

Hugo Schiff was born at Frankfurt-on-Main in 1834. He studied and graduated at Göttingen in 1857 under Prof. Wöhler. He came to Firenze in 1864 and, apart from the years 1877-1879 which he spent in Torino as a successor of Paris, there he remained. Hugo Schiff had a complicated personality, almost paradoxical. A highly capable scientist and work organizer, he had a sense of duty bordering on paroxysm and his judgement and criticism were so caustic that his relationship with his colleagues was anything but friendly. Although held in great esteem as a scientist, his students were never fond of him. Hugo Schiff's research methods in organic chemistry were still tied to classical concepts. His most significant work was the discovery of the reaction between the amino and carbonyl groups to create what is now universally known as "Schiff's bases". The well-known "Schiff's reagent" is used to differentiate aldehydes from ketons. While in Firenze, along with Cannizzaro, Selmi, Tassinari and Gabba, he founded in 1870 the "Gazzetta Chimica Italiana". In 1909, at the age of 75 he was still lecturing in Firenze. He died in Firenze on 9th September, 1915.

Angelo Angeli came to Firenze from the University of Palermo and took up the chair of Pharmaceutical Chemistry in 1905. In 1915 he was appointed to the chair of Organic Chemistry, one of the earliest in Italy. Angeli was born at Tarcento (Udine) in 1864 and graduated at Bologna in 1891 under Ciamician who appointed him one of his assistants. In 1899 he obtained the chair of Pharmacy at the University of Palermo also thanks to A.Von Bayer who had great esteem for him. Shy and withdrawn, Angeli never took part in congresses and never spoke in public, and his shyness did not help him to become famous. In 1925 R.Willstätter, Nobel Prize's winner for 1915, wrote: "Prof. Angeli's work places him above any other Italian chemist and its originality and significance is of the highest distinction". At that time he was mentioned as a possible Nobel Prize's winner. In his studies Angeli tried to correlate structure and reactivity with particular attention to nitro compounds. Together with E.Rimini he prepared nitrohidroxylamine and discovered that it reacts selectively with aldehydic group. Angeli did brilliant research work in aracy compounds of which he demonstrated their asymmetric structure and the possibility of obtaining two isomers. He had a lively but polemical correspondence with A.R.Hantzsch on the real structure of the N-

¹ Dipartimento di Chimica Organica «H.Schiff», Università di Firenze.

² L.R.E. - Dipartimento di Chimica, Università di Firenze.

³ I.T.I.G., Empoli (FI).

⁴ Relazione presentata al IV Convegno Nazionale di «Storia e Fondamenti della Chimica» (Venezia, 7-9 novembre 1991).

oxide of nitro compounds. He contributed substantially to the knowledge of pyrolic and indolic compounds and studied the analogies of behaviour of the para- and ortho- derivatives of benzene. He died in Firenze in 1931 in the anonymous hotel room he had lived in for so many years.

DISCUSSIONE DEL DOTT. GIUSEPPE CARLINI E DEL DOTT. GIUSEPPE CARLINI

La chimica a Firenze fra la seconda metà dell'ottocento e i primi anni del novecento ruota intorno alle figure di due grandi uomini di scienza: Hugo Schiff (1834-1915) e Angelo Angeli (1864-1931), diversi fra loro per carattere, cultura e interessi, ma che hanno lasciato una impronta importante nello sviluppo, in Italia e nel mondo, delle scienze chimiche.

Intorno al 1870, come ricorda E. Paternò (1847-1935) in un suo scritto:

«... In Germania, in Francia, in Inghilterra la chimica era nel suo massimo rigoglio ... In Italia era da alcuni anni morto il Piria, il De Luca di Napoli dopo aver iniziato una promettente carriera era finito per la scienza, il Sobrero non produceva, il Selmi era assorbito dalla pubblicazione dell'Enciclopedia; onde un solo nome eccelle nella chimica il Cannizzaro, che, sebbene distratto dalla malattia purtroppo comune della politica, era sempre animato dal sacro fuoco della scienza e si teneva al corrente del progresso che andava compiendo. Tolto Cannizzaro, qualche ricerca compiuta in Italia era dovuta a stranieri: H. Schiff, A. Lieben, A. Naquet, W. Körner».¹

H. Schiff era venuto in Italia nel 1863 dove già si trovava il fratello maggiore Maurizio che aveva ottenuto la cattedra di Fisiologia a Firenze, e dopo una breve permanenza all'Università di Pisa nel 1863-1864² fu da Carlo Matteucci chiamato ad insegnare chimica nel vecchio laboratorio di via Romana sede del Museo di Storia Naturale.³

H. Schiff, che può essere considerato come il fondatore della scuola chimica fiorentina, era nato il 26 aprile 1834 «da una famiglia israelita di origine spagnola che, dedita soprattutto al commercio, aveva dato parecchi cultori nelle mediche discipline»⁴ ed è molto probabile che i suoi genitori volessero fame un commerciante, come inutilmente avevano tentato con il fratello Maurizio, il fisiologo, nato nel 1823. Il suo primo maestro di chimica fu il Bottger (1806-1881);⁵ completò i suoi studi all'Università di Gottinga, allievo del Wohler (1800-1882). Più tardi, a Firenze, lo Schiff ripeteva spesso agli studenti (gli scolari come li definiva) che frequentavano il suo laboratorio per la tesi di laurea:

¹ E. PATERNÒ, «Gazz. Chim. Ital.», 30, 1, (1920). Questo articolo fu scritto da Paternò a Pietroburgo nella primavera del 1907 e pubblicato, senza alcuna modifica, nel 1920 al momento in cui lasciò la direzione della Gazzetta.

² È di questo periodo il lavoro dello Schiff, *Ricerche sulle combinazioni poliariche*, pubblicato sul «Nuovo Cimento» e datato Università di Pisa, dicembre 1863.

³ C. MATTEUCCI, fisico, ministro della pubblica istruzione nel governo Rattazzi dal marzo 1862. Per l'insegnamento della chimica a Firenze nella seconda metà dell'800, vedi anche: N. GELSONINO in «Rend. Acc. delle Scienze», serie V, vol. XII, parte II, pag. 189 (1988).

⁴ C. FANO, *Commemorazione di Maurizio Schiff*, Firenze 1897.

⁵ R. BOTTGER, originale scienziato di Francoforte, pubblicò un gran numero di osservazioni e scopri nel 1846, il cotone fulminante, contemporaneamente a Schönbein.

«Si ricordi che Lei discende da Berzelius, perché Berzelius insegnava la chimica al vecchio Wohler e il vecchio Wohler la insegnava a me. Una scuola può essere onorata dai suoi allievi, ma può anche essere macchiata: ci pensi bene!»⁶

Hugo Schiff si laureò a Göttinga il 30 gennaio 1857 con una tesi dal titolo «Ueber einige Naphthyl und Phenyl Derivate». Dopo la laurea per ragioni razziali e politiche fu costretto ad emigrare a Berna, in Svizzera, dove, dal 1856, già si trovava il fratello Maurizio, professore di anatomia nella locale Università, anche lui esule per essere stato paladino delle nuove idee liberali ed aver servito nella rivoluzione del 1848 come medico. I primi lavori del periodo di Berna, dove lo Schiff insegnò all'Università come «Privatdozent», portano la data del 26 ottobre 1857.⁷

Lavoratore infaticabile fu uno dei più ardenti sostenitori della riforma nella chimica organica propugnata da C. Gerhardt (1816-1856) e A. Laurent (1807-1853) e si adoperò, con entusiasmo, a diffondere le idee di questi scienziati che onorò con un medaglione posto al centro della nuova aula di chimica in via G. Capponi.⁸

Amico dei più illustri chimici dell'epoca, partecipò nel 1860, su invito del Wiltzien, al congresso di Carlsruhe nel quale fu sanzionata in modo definitivo la fama di S. Cannizzaro (1826-1910). Così Schiff ricorda quel giorno in una lettera indirizzata allo stesso Cannizzaro il 19 novembre 1896:

«... permettete che anche qualcheduno della «vielle garde», si presenti in iscritto per porgervi testimonianza per il passato e cordiali auguri per l'avvenire. Concedete questa prerogativa più particolarmente a me, che dovevo insieme a voi ed a molti altri passare per quel periodo di sviluppo pieno d'incertezze, quel periodo ove la chimica berzeliana si sfasciava da tutti i lati, ove tutti cercavano il punto fisso al quale poggiarsi, per liberarci dalle tante eccezioni ad una regola, dietro la quale molti intravedevano il vero, senza che si potesse allora strappare il velo che ci nascondeva la luce del giorno. E questo velo l'avete strappato voi e ci avete fatto scoprire quel punto fisso che oggi, dopo quarant'anni, ci serve tuttora di appoggio e di guida ... Ma se soltanto pochi fra noi si ricordano di quei tempi, saranno pochissimi ancora quelli che hanno assistito ai vostri trionfi alla celebre adunanza a Carlsruhe nel settembre 1860. Fra i vostri colleghi in Italia sarò forse l'unico ad evocarne de visu la memoria. Ho davanti a me la circolare d'invito del Wiltzien. Tra i quarantasette firmatari soltanto sei rispondono alla chiamata, e certamente non moltissimi risponderanno di quelli che fecero parte dell'adunanza medesima, che si ricordano del discorso teatrale di Dumas e poi dell'impressione immensa della vostra esposizione, la quale, creando un fondamento per la nostra notazione, nel tempo stesso scuoteva tutti ab imis fundamentis»⁹

Insieme a Cannizzaro, Gabba, Selmi, Tassinari, Paternò fu tra i fondatori della «Gazzetta Chimica Italiana», fondazione decisa dopo due riunioni nel laboratorio

⁶ S. BERLINGOZZI, «Gazz. Chim. Ital.», 83, 693, (1953).

⁷ «Annalen», 204, pagg. 325, 331, 332.

⁸ Su Gerhardt e Laurent vedi anche E. TORRACCA, *Il periodo della Chimica classica*, in «Storia della Chimica», Venezia 1990.

⁹ «Occorranze al Professore Stanislao Cannizzaro» (XIII Luglio MDCCCXCVI) Rendiconto generale - Roma 1896.

dello Schiff in via Romana a Firenze, allora capitale d'Italia, il 30 settembre e il 1 ottobre 1870.¹⁰

Nel 1876 dette alle stampe una «Introduzione allo studio della chimica» che ebbe notevole successo e fu tradotta in tedesco nello stesso anno.¹¹

Dal 1877 al 1879 fu professore di Chimica Generale all'università di Torino occupando la cattedra che fu già di Piria. Da Torino ritornò definitivamente a Firenze per ricoprire la stessa cattedra nell'Istituto di Studi Superiori.¹²

Non si mosse più da Firenze e fu suo il merito dell'ampliamento del laboratorio di chimica in modo da stare a confronto con i migliori istituti dell'epoca. Durante quegli anni portò a termine una serie numerosa di lavori sperimentali che lo resero giustamente famoso e si può affermare che, al pari di altri, partecipò attivamente alla trasformazione e allo sviluppo che la chimica ebbe nella seconda metà del XIX secolo. Inoltre seppe creare una scuola dalla quale uscirono valenti chimici, molto apprezzati sia in Italia che all'estero, alcuni dei quali occuparono importanti posti nell'industria o ricoprirono cattedre universitarie; fra questi basta ricordare Guareschi (1847-1918), Pellizzari (1858-1938), Piatti (1857-1928), Betti (1875-1942).

Al suo primo lavoro sui nitrili e fenil derivati, fecero seguito gli studi sulla serie cinnamica, che si integrano con quelli di C. Bertagnini (1827-1860) e W.H. Perkin (1838-1907), e gli stessi lavori sulle aldeidi, fra i quali è da ricordare il reattivo fucsio-solfureo, noto come reattivo di Schiff, per il riconoscimento del gruppo aldeidico. Ma di grande interesse sono gli studi, intrapresi nel 1865 sulla condensazione delle aldeidi con ammine aromatiche per dare quei composti universalmente noti come «basi di Schiff» che, nota D.E. Fenton, «... must be regarded as fundamental building block in coordination chemistry». Le prime note su questa reazione apparvero sugli *Annalen*, sui *Comptes Rendus* e sul *Giornale delle Scienze di Palermo*.¹³

Importanti lavori sono pure quelli sul peso specifico delle soluzioni, sugli eteri borici, sulla reazione biuretica; per primo preparò il cloruro di tionile SOCl_2 , da SO_2 e PCl_5 . Portò anche a termine ricerche sulla costituzione di alcuni glucosidi naturali e fu tra i primi ad affrontare la struttura delle sostanze tanniche che, pur non arrivando a risultati definitivi, aprirono la strada alle successive ricerche di E. Fischer. Abile sperimentatore riusciva spesso con mezzi modesti a superare o ad eliminare quelle difficoltà che via via si presentavano durante il lavoro. A lui sono

¹⁰ Schiff riporta date diverse nella sua nota autografa scritta in apertura del primo volume della *Gazzetta conservata* nella Biblioteca chimica dell'Università di Firenze: «Pro memoria. Il 20 Settembre 1870, mentre suonarono le campane per la occupazione di Roma e poi il 29 settembre fu fondato in questo laboratorio di Chimica (via Romana 18 La Gazzetta Chimica Italiana. Presenti i Prof. S. Cannizzaro, F. Selmi, P. Tassinari, U. Schiff, L. Galba, e gli aiuti E. Paternò, I. Guareschi).

¹¹ Il titolo esatto è: *Introduzione allo studio della chimica, secondo le lezioni fatte nel Museo di Scienze Naturali in Firenze dal prof. Ugo Schiff*. Pubblicato a Torino da Ermanno Loescher. Volume di 282 pagine. Tradotto in tedesco da Theobald Grieben e pubblicato a Berlino sempre nel 1876.

¹² Per il periodo di Torino e la contestazione degli studenti vedi N. GREENWALD, cit. nota 3, (1988).

¹³ «Ann.», 140, 92 (1866); «Comp. Rend.», 61, 45 (1865); 67, 182 (1867); «Bull. Soc. Chim.», 7, 443 (1867); «Giornal. Sci. Nat.», Palermo, 201 e 257 (1866).

dovuti molti apparecchi di laboratorio semplici e pratici e fra questi basta ricordare l'aotometro che prende il suo nome.

Dotato di una grande memoria e profondo conoscitore della letteratura scientifica, era capace di citare con sicurezza e precisione nomi, dati e risultati. Aveva, inoltre, una cultura umanistica non indifferente che possiamo ritrovare nelle sue lettere e nei suoi appunti inediti ed anche nei suoi scritti di storia della chimica e delle scienze.

Uomo rude e severo, con se stesso e con gli altri, era alieno da titoli accademici e da onori, ma il suo merito di scienziato fu da tutti riconosciuto e la Società Chimica Inglese lo elesse socio onorario il 16 giugno 1892.

In una magistrale pagina di ricordi, S. Berlingozzi così scrive:

«Hugo Schiff fu un uomo dotato di personalità assai complicata e sotto certi aspetti, anche paradossale. Fu tuttavia uno scienziato di altissima classe, organizzatore ricco di iniziativa, lavoratore indefesso. In lui il senso del dovere era spinto fino al parossismo, assumendo forme oppressive. La sua severità costante, spesso brutale, ma sempre alimentata dal senso del dovere, è rimasta famosa ... Un'altra caratteristica dello Schiff era la estrema causticità del suo giudizio e della sua critica non sempre sereni. E pertanto i suoi rapporti con i colleghi non erano cordiali; anche i suoi allievi pur apprezzandone le alte qualità di scienziato, non lo amavano. Era sua abitudine di sgomentarli, allo scopo di stimolarne il senso di responsabilità ... Dobbiamo tuttavia rilevare in omaggio alla verità che in molti suoi apprezzamenti egli si lasciava trasportare dall'esagerato spirito polemico, molto al di là delle proprie intenzioni».¹⁴

Nel 1904, in occasione del suo settantesimo anno di età furono preparate solenni onoranze alle quali avevano aderito chimici di tutta Europa, ma egli volle che la cerimonia fosse semplice e alle diverse migliaia di lire raccolte ne aggiunse altrettante di suo ed espresse il desiderio che la somma servisse a dare vita ad un premio biennale per la migliore tesi di Laurea in chimica.¹⁵

Quando nel 1909 fu, per legge, fissato a 75 anni il limite di età dei professori universitari, Hugo Schiff fu tra i pochi a rimanere in cattedra per meriti eccezionali.

Mori l'8 settembre 1915 e fra le sue ultime volontà vi fu quella di avere un trasporto funebre semplicissimo, senza fiori né seguito, alla mattina presto e con il più modesto carro funebre.¹⁶

Filippo Torrigiani, Sopraintendente dell'Istituto di Studi Superiori di Firenze così lo ricorda nella sua relazione dell'Anno Accademico 1915-1916:

«... era il decano dei nostri professori e dette la sua opera efficace per ottenere il completamento della Facoltà di Medicina e si adoperò anche per la riorganizzazione della Scuola di Farmacia di cui per molti anni fu il Direttore. La sua scuola ed i suoi insegnamenti furono ricercatissimi e molto rinomati anche all'estero, i suoi discepoli sono sparsi per tutta l'Italia e molti occupano le principali cattedre universitarie».¹⁷

¹⁴ S. BERLINGOZZI, *cit.* nota 6.

¹⁵ «Rendiconto Generale e Statuto della Fondazione U. Schiff» a cura del comitato per le onoranze al prof. U. Schiff per il 70° anniversario della sua nascita (26 aprile 1904); Firenze 1905.

¹⁶ U. BETTI, *J. Chem. Soc.*, 169 (1916) trans. 424.

¹⁷ F. TORRIGIANI, *Annuario dell'Istituto di Studi Superiori per l'Anno Accademico 1915-1916*, Firenze 1916.

Negli ultimi anni della sua vita, pur professando una grande simpatia per le idee democratiche, si mantenne lontano da ogni azione politica attiva, fu, però, tra i fondatori e sostenitori del quotidiano socialista «l'Avanti»¹⁹ e non rimase insensibile ai lavori e alle ricerche dei suoi contemporanei, ma, piegato dai malanni, la fine fu affrettata anche dal dolore di vedere gli ideali umanitari e sociali, ai quali aveva dato il meglio dei suoi anni giovanili, dissipati da una guerra crudele.

Nel 1905 per la morte di A. Piccini (1854-1905), viene chiamato, da Palermo, Angelo Angeli per ricoprire la cattedra di Chimica Farmaceutica dell'Istituto di Studi Superiori di Firenze. Rotti, professore di fisica e Preside della Facoltà di Scienze, comunica a Schiff l'accettazione di Angeli a venire a Firenze, con il seguente telegramma il 15 aprile 1905: «Angeli accetta. Scriveravvi, risponderetegli incoraggiandolo perché timidissimo» e Angeli scrisse allo Schiff il 17 dello stesso mese, da Tarcento una lettera breve, di poche parole nel suo stile essenziale e scarno: «Illustre Professore. Mi faccio un dovere esprimerle la mia gratitudine e riconoscenza per la prova di stima che Ella, Illustre Professore, ed i Suoi colleghi mi hanno benignamente dimostrata designandomi a successore del compianto Piccini. Io farò di tutto per rendermene meritevole e se non ci riuscirò stia pure certo che non sarà per colpa del mio buon volere. Aggradisca, Illustre Professore, i sentimenti del mio profondo ossequio».²⁰

Angelo Angeli era nato a Tarcento, in provincia di Udine, il 20 agosto 1864. Si dice che fin da giovane dimostrasse un forte interessamento per la chimica, forse favorita da uno zio materno, Giovanni Carnelutti (1850-1901), studente al Politecnico di Vienna e poi allievo del Cannizzaro.²⁰ Si diploma all'Istituto Tecnico di Udine e dopo aver prestato il servizio militare, si iscrive all'Università di Padova. Qui ha un incontro decisivo per la sua vita futura, con Giacomo Ciamician (1857-1922). Ciamician riconosce in Angeli una intelligenza non comune e quando si trasferì a Bologna, nel 1889, lo volle con sé, come assistente, pur non essendo ancora laureato.

Si laurea a Bologna nel 1891 e nel 1893 gli viene conferita la libera docenza. Nel 1895 è primo al concorso per una cattedra di Chimica Docimastica, per l'importanza dei lavori pubblicati; ma non avendo titoli specifici nella materia, il concorso viene annullato con grave danno per la chimica analitica applicata.

Amico di Adolfo von Bacyer (1835-1917), presso il quale si era recato per un certo periodo nel 1894, fu da questo convinto ad accettare la cattedra di Chimica Farmaceutica a Palermo nel 1897 ed a continuare nelle ricerche, poiché intuiva nell'Angeli una sicura promessa per la scienza italiana. Di carattere schivo e timido non partecipò mai a congressi e mai parlò in pubblico e questo suo difetto non giovò certamente alla sua fama in Italia.²¹

¹⁹ L'Avanti del 9 settembre 1915.

²⁰ Con lettera del 26 ottobre 1905, il Soprintendente (Rettore) del R. Istituto di Studi Superiori Pratici e di Perfezionamento, comunica al Direttore della Scuola di Farmacia, che il Prof. Angeli presiede servizio a decorrere dal 1 novembre.

²¹ G. Carnelutti insegnò chimica applicata presso la Società d'Incoraggiamento d'Arti e Mestieri di Milano e fu direttore, nel 1888 del Laboratorio Chimico Municipale di Milano. Nel 1901 fu eletto presidente della Società Chimica di Milano.

²² L. CASATI, «Gazz. Chim. Ital.», 63, 527, 1933.

R. Willstätter (1872-1942), Premio Nobel nel 1915, scrive di Angeli nel 1925: «L'opera del Prof. Angeli supera quella di tutti i chimici italiani, e per la sua originalità e per il suo alto valore è degna della più alta distinzione».

Nel 1916 lascia la cattedra di Chimica Farmaceutica per quella di Chimica Organica che l'Ateneo fiorentino aveva creato per Lui. Rimase sempre a Firenze rinunciando ad andare a Roma nel 1909 e nel 1922 a succedere al suo maestro, Giacomo Ciamician, a Bologna.

Timido, introverso, non chiese mai onori e onorificenze, ma non rifiutò incarichi anche pericolosi che gli furono affidati durante la guerra 15-18. Fece in quel periodo la spola fra Roma, Taranto, La Spezia, ritornando spesso nel suo modesto studio di Firenze in via G. Capponi, che fino al 1989 era rimasto sempre lo stesso con i suoi mobili di legno chiaro, una scrivania, una libreria, un leggìo. Una memoria del passato che più non esiste.

Gli venne riconosciuto il diritto della campagna 15-18 e fu insignito della Croce di Guerra per gli speciali servizi compiuti al fronte presso Enti mobilitati.

L'opera scientifica di Angeli ha un carattere originale e non può essere riassunta brevemente. Nei quarantadue anni di attività pubblica oltre 220 lavori e fra questi le cinque grandi memorie riassuntive e fondamentali tradotte e diffuse all'estero:

1906 - Sopra alcuni composti ossigenati dell'azoto.

1911 - Azione degli acidi nitrico e nitroso sull'indolo e sul pirrolo.

1916 - Sulla costituzione degli azossicomposti.

1924 - Sulle analogie di comportamento tra alcuni derivati del benzolo e i corrispondenti derivati della serie alifatica.

1930 - Ricerche e considerazioni sopra le strutture dei diazocomposti.

Notevoli sono i risultati nel campo della chimica dei composti con l'azoto che hanno «radicalmente trasformato ciò che in questo campo era la base della scuola tedesca»²⁷ Si tratta delle ricerche sulla struttura degli azossicomposti aromatici, oggetto di vivaci polemiche con A. Hantzsch fin dal 1922. Angeli scoprì che i prodotti monosostituiti dell'azossibenzolo esistono in due forme isomere risolvendo la questione nel senso della forma asimmetrica. Lo stesso Hantzsch gli scrive in occasione della nomina di Angeli nella ristretta cerchia del comitato di onore della Società Chimica Tedesca: «anch'io pongo molto in alto la sua ricca opera di tanti anni, e lo stimo il maggiore dei chimici della sua Patria».

Le relazioni fra i sostituenti del nucleo benzenico e le isomerie degli azossicomposti lo portano a definire quella regola definita dai tedeschi «Theorie der Vernachlässigung des Benzolkerns» detta anche «della trascurabilità del nucleo benzenico». Angeli concludeva, nella sua memoria del 1924: «Le correlazioni si manifestano anche tra i sostituenti di due nuclei benzolici oppure fra due complessi terminali, purché fra essi sia interposta una catena non saturata; la catena saturata agisce come isolante».

Ma Angeli «lasciò la sua chiara fama anche nel vasto campo della chimica delle sostanze naturali. È sufficiente ricordare le ricerche sulla santonina che porta-

²⁷ R. POGGI, «L'Industria Chimica», n. 6, 1931.

rono a rivedere la struttura proposta dal Cannizzaro. Negli ultimi anni si dedicò a studiare alcune relazioni fra costituzione ed odore dove si associa l'attività olfattiva alla capacità di ossidazione, adombrando con chiarezza la componente chimica alla fisiologia dell'olfatto.²¹

Morì improvvisamente, nella modesta camera d'albergo dove aveva sempre abitato durante la sua permanenza a Firenze, una domenica mattina, il 31 maggio 1931.

Il 22 giugno 1968, in occasione del 10° Congresso Nazionale della Società Chimica Italiana, fu scoperta una lapide sulla casa natale di Angelo Angeli a Tarcento. La lapide, dettata dal prof. Livio Cambi, reca:

AD / ANGELO ANGELI / 1864 - 1931 / FIGLIO DEL FORTE POPOLO DEL FRIULI / GENIALE RIVELATORE DI CONCEZIONI PRECORRITRICI / DELLA CHIMICA MODERNA / STUDIOSE E TECNICI ITALIANI PARTECIPANTI / AL X CONGRESSO NAZIONALE DI CHIMICA / ALLA SUA TERRA CONVENUTI / MEMORI DELL'OPERA IMPERTURBA / CON DEVOZIONE SULLA CASA NATALE / QUESTA LAPIDE POSERO / 22 GIUGNO 1968.

²¹ E. FERRONI, *Le scienze Chimiche in Storia dell'Ateneo Fiorentino* (1989).

La formulazione di Bronsted della termodinamica completata col metodo originario di Sadi Carnot (**)

Re-formulating thermodynamic theory by following the original method of Sadi Carnot.

Summary - In 1824 Sadi Carnot produced a great part of thermodynamic theory without rejecting caloric hypothesis. By Clausius and Kelvin most of his results have been included in the modern formulation, yet his characteristic method has been disregarded. The recent historical studies stressed that i) caloric hypothesis weakly influenced Carnot's reflections; ii) his method is highly relevant for theoretical physics. Indeed, his theory is founded upon a general problem - rather than the nature of heat, the problem of the maximum efficiency of heat engines -; moreover it lacks of advanced mathematics; it introduces the notion of cycle for offering a new kind of reasoning in physics (for ex. an *ab absurdo* theorem), and it puts as the basic one for the theory a double negated statement. -- A, which is not equivalent to its positive statement A, for lack of experimental evidence.

The present paper re-formulates thermodynamic theory by following the original method of Sadi Carnot without referring to the caloric hypothesis. The starting point is Bronsted's reformulation of thermodynamics (1940) which refrains one more basic idea of S. Carnot's original method: any kind of work is the transport of a quantity between two levels of a potential function: $L = (P_1 - P_2)\delta K$. To such a formulation we add the following improvements: i) the theory is founded not on some abstract principles but on a general problem (what are the work variables of heat?); ii) entropy is introduced by cyclical machines and then by Carnot's theorem; iii) the general problem is defined by a double negated statement -- A.

At last one obtains a new formulation of thermodynamics which is very simple in mathematics and moreover it is very rigorous in its basic notions.

1. La formulazione di Bronsted della termodinamica¹ si basa sulla osservazione che tutti i processi energetici fondamentali avvengono grazie al trasporto di una quantità energetica K tra due stati a potenziale diverso P. Tale trasporto è denominato processo energetico fondamentale. Durante ogni processo energetico fondamentale viene eseguito del lavoro δA , che viene espresso come prodotto tra la quantità energetica δK e la differenza di potenziale $(P_1 - P_2)$ dei due stati.

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

(**) Relazione presentata al IV Consiglio Nazionale di «Storia e Fondamenti della Chimica» (Venezia, 7-9 novembre 1991).

¹ J.N. BRONSTED, *Principles and Problems in Energetics*, Interscience, New York, 1955.

In tal modo le quantità energetiche ed i potenziali appaiono come grandezze coniugate. Dopodiché la reversibilità di un processo è ottenuta accoppiando due processi energetici fondamentali, durante i quali le quantità energetiche δK vengono trasportate in direzioni opposte. Come risultato sperimentale si ha che durante un processo reversibile la sommatoria delle quantità di lavoro, associate al processo, si annulla. Tale risultato va sotto il nome di principio del lavoro.

Restringendoci al caso dei processi termici abbiamo che la quantità energetica è riconosciuta essere l'entropia δS , che viene trasportata tra stati a diversa temperatura T . Quest'ultima, quindi, assume il ruolo di potenziale che caratterizza gli stati dal punto di vista termico.

Nella formulazione di Bronsted il concetto di calore (ritenuto antropomorfo) non appare necessario o conveniente finché non passiamo a considerare i processi irreversibili. Infatti a temperatura costante la definizione di calore è sovrapponibile a quella di entropia, perché vale la relazione $\delta Q = (T_1 - T_2)\delta S$; solo quando la temperatura non è costante il calore ha una esistenza autonoma dall'entropia ed è utile in quanto traduce un concetto intuitivo. Dopodiché si passa ad enunciare il principio del calore e il principio di equivalenza. Il primo afferma che i processi irreversibili sono sempre accompagnati da un'evoluzione positiva del calore, il che si può scrivere con $\Sigma \delta A_i > 0$; $\delta Q > 0$. Il secondo afferma che per ogni tipo di processo vale l'uguaglianza $\Sigma \delta A_i = \delta Q$.

In tale formulazione il concetto di energia non è fondamentale e viene recuperato soltanto grazie al principio di equivalenza di calore e lavoro.

Questa formulazione è stata finora trascurata, probabilmente perché impone il distacco culturale da quegli schemi concettuali della fisica classica mediante i quali siamo abituati a ragionare. Ma essa potrebbe essere una formulazione da porre in alternativa alla termodinamica tradizionale, che presenta diversi difetti concettuali. Nel seguito vogliamo esplorare questa possibilità.

2. In effetti Bronsted appare seguire e sviluppare i lavori originari di Sadi Carnot.¹ Infatti pone alla base della sua formulazione la distinzione tra processi reversibili ed irreversibili; conferisce il ruolo di variabile principale all'entropia, mentre elimina completamente il concetto di energia interna al posto di quello di calore; il principio di conservazione dell'energia viene recuperato solo in un secondo momento, come risultato marginale. Allora effettivamente la formulazione di Bronsted è già una precisa soluzione all'esigenza di riformulare la termodinamica seguendo Carnot. Ma si può andare oltre.

Dopo Carnot la teoria termodinamica è stata riorganizzata da Kelvin e Clausius. Prima aveva una organizzazione centrata su un problema cruciale (la massima efficienza nelle trasformazioni energetiche) epperò ne induceva delle proposizioni di carattere universale; poi dopo invece è stata organizzata per principi, secondo uno schema aristotelico-euclideo (lo schema tipico della teoria meccanica e della sua concezione del rapporto matematica-realtà); ciò è stato compiuto al prezzo di usare una parola indefinita altrimenti, «equivalenza» (si noti che non si può dire ugua-

¹ S. Carnot, *Reflexions sur la puissance motrice du feu*, Bachelier, Paris, 1824 (trad. it.: *La potenza motrice del fuoco*, ENEA Scuola, 1988).

glianza) tra lavoro e calore; e al prezzo di porre per prima quell'affermazione che era stata scoperta 25 anni dopo la seconda.

Infine il 1° principio è platonico perché postula una riserva di tutte le energie, anche quelle future. Allora un'alternativa potrebbe essere costituita non tanto da una sua più adeguata formula matematica, quanto dal riportare la termodinamica ad una formulazione organizzata su un problema. Bronsted non sembra seguire Carnot in questo tipo di organizzazione della teoria. Però ad un esame più attento appare che anche la teoria di Bronsted può essere concepita come una teoria fondata su un problema: quali sono le variabili del lavoro termico?

Se rendiamo esplicita questa reimpostazione della teoria di Bronsted in maniera problematica, essa diventa una precisa alternativa a tutti i difetti dell'attuale versione del 1° principio, perché con essa, come si diceva prima, il concetto di energia non è fondamentale. Con ciò abbiamo trovato una prima soluzione del problema di superare la tradizionale formulazione della termodinamica.

3. Ma c'è un punto su cui Bronsted sicuramente non segue Carnot: nel ragionare mediante cicli; infatti egli introduce l'entropia sperimentalmente, con delle misure dirette. Così il teorema di Carnot diventa superfluo ai fini dell'introduzione dell'entropia (e della temperatura assoluta). Invece si può ben sostenere che il ragionamento per cicli costituisce la vera forza argomentativa della teoria di Carnot. Questa era anche la convinzione di Mach, il quale del ciclo di Carnot faceva uno strumento di ragionamento valido in generale per ogni campo di fenomeni.¹

Si noti di passaggio che anche da un punto di vista tradizionale si può enunciare tutta la termodinamica con cicli. Infatti la prima legge può essere posta nella forma

$$\oint dW_{ad} = 0 \quad (1)$$

cioè l'integrale lungo un ciclo chiuso del lavoro adiabatico è zero.² Si noti che questa versione della prima legge può essere derivata direttamente dai risultati sperimentali. Inoltre da una tale versione si deduce immediatamente la esistenza di una funzione energia interna; e di conseguenza si può iniziare ad introdurre il concetto di calore.

Si può formulare anche la seconda legge in modo analogo, pur di prendere come affermazione della seconda legge la «disuguaglianza di Clausius»

$$\oint dQ/T < 0 \quad (2)$$

cioè l'integrale lungo un ciclo chiuso del calore assorbito, diviso per la temperatura alla quale è assorbito, è uguale o minore di zero. Anche questa versione della seconda legge può essere considerata come un risultato sperimentale.

¹ E. MACH, *Die Principien der Wärmelehre*, Leipzig, 1896 (trad. ingl. Reidel, Boston, 1987) cap. XIX.

² H.L. ARISTONONG, *Statement of the Second Law of Thermodynamics*, «Am. J. Phys.», 28 (1960) 564.

Dall'equazione (2) possono essere derivati direttamente il teorema di Carnot e il principio dell'entropia. Per di più, si vede facilmente che l'uguaglianza si applica ai cicli reversibili. Infatti se il ciclo viene percorso in senso inverso, il segno di dQ cambia in ogni punto del ciclo, ma in complesso non viene modificato niente. Perciò il valore dell'integrale sarà esattamente l'opposto di quello ottenuto precedentemente. Ma anche questo valore deve essere minore o uguale a zero. Di conseguenza le due affermazioni possono essere compatibili soltanto se il valore dell'integrale è nullo. E ora si possono derivare tutte le conseguenze utili per la teoria molto più facilmente che dalle usuali formulazioni della seconda legge.

4. Tornando a Børsted, è possibile introdurre il concetto di ciclo pur di modificare il suo metodo operativo per misurare l'entropia: basta utilizzare a tale scopo il ciclo di Carnot.

Durante tutto il ciclo il sistema in esame compie una certa quantità di lavoro meccanico totale che è data da $L = \int P \delta V$ (P = pressione, V = volume). Essendo il ciclo un processo termico reversibile, in base all'idea di Børsted, ci sarà del lavoro termico espresso in termini di differenza di temperatura T e di entropia δS .

Infatti, se definiamo come serbatoio di entropia un oggetto che, posto in contatto termico con altri, non subisce variazioni di temperatura, allora possiamo dire che durante un ciclo si effettua un trasporto di entropia dal serbatoio a temperatura T_1 verso quello a temperatura T_2 .

In base al principio del lavoro di Børsted, la somma del lavoro meccanico L e del lavoro termico $\delta S (T_1 - T_2)$, effettuati durante tutto il ciclo, deve annullarsi; ovvero:

$$L + \delta S (T_1 - T_2) = 0, \quad \text{da cui } \delta S = L / (T_1 - T_2)$$

E così otteniamo una misura dell'entropia senza dover far ricorso a calorimetri di riferimento, così come fa Børsted, ma piuttosto a serbatoi di entropia.

5. In altri lavori⁵ si è mostrato che quando una teoria è organizzata problematicamente, essa, se ben formulata, inizia con una frase doppiamente negata, -- A, che non è equivalente alla frase affermativa corrispondente, A; essa appunto serve a stabilire il problema cruciale della teoria e a indicare la direzione di ricerca, la quale deve trovare sostegno scientifico per affermare quanto più è possibile attorno ad A.

L'opera di S. Carnot si fonda su un «principio» che in realtà è un principio non assiomatico, ma metodologico: l'impossibilità del moto perpetuo. Egli dice così nel punto cruciale della dimostrazione del suo famoso teorema: «... una creazione indefinita di forza motrice... è inammissibile».⁶ Si noti che il primo fisico che

⁵ A. DRAGO, *Evidence for a New Way of Reasoning as Suggested by Classical Physical Theories*, «ASL Logic Colloquium», Berlin, 1989 e *Verso la rinascita dei fondamenti della matematica*, *Lazare Carnot sull'analisi infinitesimale*, in L. Magnani (ed.): *Matematica e Coscienza*, Marcos y Marcos, Milano, 1991, 469-484.

⁶ S. CARNOT, *op. cit.*, p. 38-39 (21 ed. orig.).

utilizzò questo principio, Stevino, l'ha espresso anche lui con una doppia negazione: «un movimento senza fine ... è assurdo». Le corrispondenti frasi affermative non hanno significato fisico, perché non ci sono strumenti operativi per affermarle vere. Né hanno senso le frasi negate una volta sola. Questo è un chiaro esempio che siamo in una logica non classica, là dove vale $--A \neq A$.

Ma queste affermazioni $--A$ sono troppo generali e generiche, valgono per l'intera teoria fisica; noi vogliamo specificare il problema proprio per la teoria termodinamica. Allora ci può essere d'aiuto il fatto che in una nota a piè pagina S. Carnot si dichiara dubbioso sulla validità della teoria del calorico: «Molti fatti sperimentali appaiono quasi inesplicabili allo stato attuale della teoria [...] è difficile rifiutarsi di credere che in queste azioni non ci sia una vera produzione di calorico».⁷ Qui possiamo vedere quella frase doppiamente negata che può ben essere posta come il problema cruciale della termodinamica moderna: «Non è vero che il calore non è (prodotto dal lavoro)»; infatti solo questa esprime correttamente il 1° principio della termodinamica, senza ricorrere a concetti platonici.

Però ripensando il problema alla luce della formulazione di Bronsted, notiamo che il suo problema cruciale non è il rapporto tra calore e lavoro; in effetti questo rapporto esprimeva anche il rapporto più generale tra la nascente teoria termodinamica e la teoria meccanica; e cioè il problema drammatico di Clausius e di Kelvin di formulare la prima teoria fisica che fuoriusciva dalla teoria meccanica. Piuttosto il problema cruciale di Bronsted è quello di riuscire a scrivere $\delta A = (P_1 - P_2) \delta K$ in ogni caso, e quindi anche per i fenomeni termici. Allora il problema che può essere posto alla base della formulazione di Bronsted è quello della esistenza del lavoro per ogni caso, quello termico compreso.

Ma allora la frase doppiamente negata da porre alla base della formulazione di Bronsted può ben essere: «Non è vero che il calore non ha un potenziale». Questa frase non può essere volta in affermativa perché il calore non ha potenziale in generale, ma solo se la trasformazione è reversibile. E la direzione di ricerca diventa giustamente quella di definire quando c'è potenziale, e questo problema ci porta a definire come potenziale l'entropia così come fa Bronsted.

Però, questa frase esprime anche il contenuto della nota su citata di S. Carnot; infatti secondo la teoria del calorico il calore è una funzione di stato, quindi ha sempre potenziale. Nella nota S. Carnot ne dubita; ma non la nega. Piuttosto egli sostiene un'idea che è giustappunto espressa dalla frase doppiamente negata suddetta; e tutta la sua teoria può essere vista come ricerca nella direzione di questo problema.

6. Con ciò la formulazione di Bronsted è stata sviluppata secondo il punto di vista originario di Sadi Carnot, senza più problemi col 1° principio e senza i difetti della formulazione tradizionale. Probabilmente Bronsted non conosceva l'opera originaria di S. Carnot e comunque non dava importanza al ciclo e alla organizzazione problematica che ne costituiscono le caratteristiche peculiari; per questo si è accontentato della sua formulazione. Qui invece noi siamo giunti a ridare piena vali-

⁷ *Ibidem*, nota 14 (p. 37 ed. orig.); la frase tra parentesi quadra è solo nel manoscritto del libro; si veda la edizione critica a cura di R. Fox, ed. Vrin, Paris, 1978).

dità scientifica attuale alla formulazione di S. Carnot, così come lui l'ha sviluppata nel 1824.

Ciò è stato compiuto senza utilizzare nessuna matematica sofisticata; al contrario dell'altra reinterpretazione storica, quella di Baratha e Truesdell,⁵ che non solo organizza la teoria assiomaticamente e non problematicamente; ma anche fa uso del problema del differenziale esatto, cioè di equazioni differenziali; e quindi di quella matematica che S. Carnot aveva deliberatamente messo da parte quando scrisse il suo libro, relegandola ad una nota a piè pagina.⁶

⁵ C. TRUESDELL e S. BARATHA, *The Concept and Logic of Classical Thermodynamics as a Theory of Heat Engines*, Springer Verlag, New York, 1977.

⁶ S. CARNOT, *op.cit.*, p. 28.

GIULIANO DALL'OLIO (*)

Giovanni Bizio chimico veneziano dell'Ottocento (**)

Summary - Born in Venice in 1823, Giovanni Bizio was a chemist who carried out an intense scientific activity in the second half of the last century. He achieved remarkable goals in analytical chemistry, bromatology, scientific research and teaching.

After graduations in Philosophy in 1845 and in Chemistry in 1847 at the University of Padua, he was assistant of the naturalist L.A. Catullo (1782-1869) professor in Padua University. Afterwards his appointment as regular teacher at Scuola Reale Superiore di Venezia, he was sent, in 1858, by austrian government, to attending the chemical laboratory of Wien University under professor J. Redtenbacher (1810-1870). Bizio stayed in Wien for three years learning the latest progresses in analytical chemistry, particularly in spectroscopy which is the extremely sensitive method devised by Kirchhof and Bunsen in 1860. He was the first italian chemist who used spectroscopic analysis to detect lithium in water of the Adriatic Sea. Bizio had two opportunities to enter upon Academic career, that he refused, the first offered in 1862 by professor R. Piria in Torino, the second by italian government in Napoli. After a period of three months spented in Heidelberg under Bunsen, he was called in Venice Ospedale Civile Generale to perform clinical chemical analysis. He was secretary of Regio Istituto Veneto di Scienze Lettere ed Arti for 17 years.

Over 90 papers are the result of his scientific activity on analytical chemistry, bromatology, analysis of mineral waters and physiological chemistry.

Giovanni Bizio nasce a Venezia il 17 marzo 1823 da Bartolomeo e dalla N.D. Maria Gradonigo.

Il padre, farmacista a S. Trovaso in Venezia è ricordato tra i grandi della chimica italiana dell'800 per i numerosi e pregevoli lavori scientifici. Giovanni segue le orme paterne dedicandosi per tutta la vita agli studi di chimica, disciplina che insegna per 40 anni in vari istituti superiori di Venezia. Consegue notevoli traguardi anche nella ricerca e sperimentazione, in particolare nel campo della chimica analitica, della bromatologia, dell'idrologia ed in quello assolutamente nuovo della chimica analitica clinica.

La sua vita di studente inizia nel 1833 con le 6 classi ginnasiali ed il biennio di studi filosofici. Desiderando intraprendere il corso triennale per la laurea in

(*) Laboratorio di Chimica Clinica ed Ematologia; Ospedale «S. Bortolo» Vicenza.

(**) Relazione presentata al IV Convegno Nazionale di «Storia e Fondamenti della Chimica» (Venezia, 7-9 novembre 1991).

chimica frequenta la farmacia paterna fino a completare l'obbligo di allunato ed assistentato previsto dall'ordinamento degli studi allora in vigore. A 19 anni (1842), pubblica sugli *Annali di Scienze del Regno Lombardo Veneto* il suo primo lavoro scientifico: «Osservazioni sopra il congelamento dell'acqua, ed esperienze sopra la conseguente sua depurazione», seguito dopo breve tempo da un altro studio sullo zucchero di canna. Nel 1843 accede all'università di Padova dove frequenta contemporaneamente i corsi di chimica e di filosofia, disciplina in cui si laurea nel 1845. Si dedica anche alla ricerca scientifica e nel 1846 pubblica, sulla *Raccolta Físico-Chimica dello Zantedeschi*, la nota: «Sulla fermentazione vischiosa e sul grassume dei vini». Il 20 aprile 1847 si laurea in chimica presentando il lavoro: «Sopra la teoria delle chimiche sostituzioni» una interessante review su un argomento allora di grande attualità. La perizia con cui svolge la «tesi», successivamente pubblicata, e la propensione dimostrata per il lavoro scientifico gli valgono, nel luglio 1847, l'incarico di assistente del professor Tommaso Antonio Carullo (1782-1869) alla cattedra di Storia Naturale Speciale all'ateneo padovano. Nel settembre dello stesso anno partecipa, in qualità di segretario della sezione di chimica, ai lavori della IX Riunione degli Scienziati Italiani a Venezia, alla quale convergono più di 1500 studiosi: farmacisti, medici, veterinari, chimici, ingegneri, docenti universitari ed insegnanti di scuole di ogni ordine e grado.

Gli sconvolgimenti politici del 1848 inducono Giovanni a lasciare Padova ed il posto di assistente per fare ritorno a Venezia dove si arruola nella guardia civica raggiungendo il grado di capitano. In quei momenti di incertezza l'università di Padova rimane chiusa per l'anno accademico 1849-50 e Bizio consegue allora la patente per l'insegnamento privato della chimica e storia naturale che impartisce a numerosi studenti veneziani di medicina e farmacia. Non trasalacia la ricerca sperimentale, che probabilmente può effettuare nel laboratorio della farmacia di famiglia, e nel 1850 con il collega Antonio Piazenti pubblica un lavoro sul *Fucus Confervoides*. È di quell'anno anche una relazione, tenuta all'ateneo di Venezia, sulla rivendicazione di priorità di scienziati italiani su scoperte attribuite a studiosi stranieri, per la quale il Provenzal ebbe a definirlo «*rievocatore delle glorie italiane*» [1]. Nel 1850-'51 viene dato alle stampe il primo volume del lavoro più impegnativo del padre: «*Dinamica chimica*» opera autorevole e precorritrice nello studio delle affinità chimiche, della catalisi e delle pseudo-soluzioni. Giovanni si prodiga a suffragare le idee del genitore conducendo esperienze sopra «*i sali a base di ossido di ferro*» e «*intorno al condensamento dei gas in seno al carbone e di altre sostanze porose*» rilevando alcune inesattezze sui risultati ottenuti dallo Scheerer (1819-1875).

Nel 1851, con decreto dell'I.R. Laogotenenza delle Province Venete (19 novembre), riceve la nomina a professore supplente di chimica e storia naturale alla Scuola Superiore Reale e Nautica di Venezia, che manterrà fino al 1858, iniziando così l'attività didattica pubblica alla quale si dedica fino alla morte.

L'insegnamento gli consente di continuare la ricerca e in tale periodo pubblica ben 9 lavori. Di questi è interessante una ulteriore indagine chimico-fisiologica sul *Fucus Confervoides* ed una nota sul rinvenimento dell'arsenico nelle acque minerali del monte Civillina nei pressi di Recoaro (VI) (1855). Questa scoperta suscita tali clamori e apprensioni nell'opinione pubblica dell'epoca che I.R. Istituto Veneto di Scienze Lettere ed Arti nomina la «Commissione per la monografia delle acque



minerali del Veneto» affinché venga affrontato in maniera razionale e sistematica lo studio del suolo e delle acque minerali delle Province Venete. Della commissione fanno parte il geologo Abramo Massalongo (1824-1860), Pietro Pisanello (?-?) e Giovanni Bizio per le indagini chimico-analitiche ed il chimico Antonio Paziotti (1819-1891) per la parte fisica e bibliografica. La commissione svolgerà la sua attività nell'arco di molti anni (1856-1877) esaminando dal punto di vista idrogeologico, chimico, idropinico numerose sorgenti del Veneto, fra cui le rinomate di Recoaro. Nelle relazioni tenute all'I.R. Istituto Veneto e pubblicate sugli atti con il titolo «*Monografia delle acque minerali delle Province Venete*», Bizio e Pisanello riportano anche i metodi analitici seguiti nelle indagini chimiche che sono un vero e proprio compendio di chimica analitica.

Nel 1855 si assiste ad una rovente polemica tra il Bizio ed il professor Francesco Ragazzini (1799-1873), docente di chimica farmaceutica all'università di Padova. La disputa nasce da alcune osservazioni del giovane chimico sui metodi con cui il cattedratico ha condotto le indagini analitiche sulle acque termali euganee (1844) e sulla minerale della valle di Rabbi nel Tirolo italiano (1836), giudicati dal Bizio poco aggiornati e in alcuni punti applicati in maniera erronea. Fra numerose repliche dai toni accesi, apparse sulla «*Gazzetta ufficiale di Venezia*» e sulla «*Gazzetta di Farmacia e di Chimica*», la polemica procede fino al dicembre 1855. Bizio, in un ultimo articolo in cui dimostra una notevole preparazione chimico-analitica sia teorica sia pratica, citando con sicurezza i trattati e le più recenti metodologie di Liebig, Vochler, Will, Berzelius, Dumas, Rose, Fresenius, Gerhart, mette definitivamente a tacere il docente patavino con parole piuttosto dure. Il «*giovane ed inesperto censore*», come lo definisce il Ragazzini, così conclude la sua ultima nota: «... Vedendo il modo facile, col quale il signor Prof. Ragazzini scioglieva con poche parole il nodo di ogni scientifica questione, o per meglio dire intendeva rispondere alle prime mie osservazioni, compresi che per riuscire ad un termine mi conveniva serargli i panni addosso così da chiudere la via a qualsiasi uscita... Vaghi asseriti ed astratte confutazioni non varrebbero a convincere; ed io sarei allora costretto a ripigliare la penna per rimettere in via il mio oppositore, il quale mi spiacerebbe vedere amareggiato dall'aggiunta di nuove mende che mi potessero cadere sotto l'occhio dietro ulteriori esami de' suoi lavori, i quali non trarrebbero certamente da ciò vantaggio alcuno...» [2].

Fra i due doveva rimanere della ruggine, poiché nuovi attacchi vengono ancora dal Ragazzini alla commissione per la monografia delle acque, e quindi indirettamente a Bizio, sulla questione dell'arsenico nella fonte Civillina. Anche in questo caso, dopo più di un anno di dispute (1856-1857) le argomentazioni del Ragazzini vengono ribattute e demolite punto su punto dalla commissione [3].

Anche, nel 1857 Giovanni viene duramente criticato dai colleghi G.B. Fasoli (1818-1904) e G. Dalla Torre (1819-1888), redattori della «*Gazzetta di Farmacia e di Chimica*», in merito alla paternità di alcune prove sperimentali, citate dal Bizio in una dissertazione sulla dottrina fisico-chimica italiana, che essi rivendicano [4].

Nel 1858 Giovanni è designato dall'I.R. ministero a ricoprire permanentemente la cattedra di chimica alla Scuola Reale Superiore di Venezia e, prima di insediarsi, viene inviato dal ministero stesso a Vienna, dove dovrà frequentare per un anno gli istituti universitari di chimica. Qui, nel laboratorio del professor J. Redenbacher

TESI

PROPOSTE

DA GIOVANNI BIZIO

DI VENEZIA

per il giorno della pubblica sua promozione

ALLA LAUREA DOTTORALE IN FILOSOFIA

NELL' I. R. UNIVERSITÀ DI PADOVA



PADOVA

CO' I TIPI DI F. A. SICCA

1845

(1810-1870), si trova ad assistere in prima persona al rapido evolversi della chimica europea. Coscio dei vantaggi che gli possono derivare, dal punto di vista culturale, da una permanenza in un ambiente tanto effervescente in continuo contatto con i luminari dell'epoca, chiede di rimanere a Vienna per altri due anni «durante i quali lavorai sempre in quel Laboratorio, nel quale terminai coll'avere nel Redtenbacher non tanto il maestro, quanto l'amico più affettuoso e cordiale» [5] Pubblica, in questo periodo, lavori attinenti la chimica fisiologica, l'igiene, la chimica medica ma,

SOPRA L'ARSENICO

NELL' ACQUA FERRUGINOSA DI CIVILLINA

Relazione

DELLA GIUNTA PER LA MONOGRAFIA DELLE ACQUE

MINERALI DEL VERETO

composta dal prof.

A. MASSALONGO, A. PIZIANTI, P. PISANELLO, E G. BIZIO relatore.



Sono già troppo note quali sin dal principio sieno state le meraviglie che qui si fecero, quali i dubbi ed i timori che accompagnarono l'annuncio dell'esistenza dell'arsenico nell'acqua di Civillina. Eppure l'arsenico era in essa rinvenuto dopo che il Walchner, dandosi ad una serie di numerosissime e diligenti ricerche sopra minerali metallici, o ocre, e argille, e terre coltivabili discendeva alla rilevante conclusione che il rame e l'arsenico sieno così largamente diffusi alla superficie del globo quanto lo è il ferro (4); dopo che Francia e Germania ci presentavano il testimonio incontestabile di questo corpo rinvenuto nel maggior numero delle acque minerali sottoposte a nuova analisi, par-

(4) *Compt. rend. de l'Acad. des sciences*, Tom. XXIII, pag. 612;
e *Journ. de pharm.* Tom. XI, pag. 247.

soprattutto, da analista appassionato, segue da vicino la nascita della nuova e rivoluzionaria tecnica analitica che Gustav R. Kirchhoff e Robert W. von Bunsen, professori ad Heidelberg, mettono a punto in quegli anni: la spettroscopia (1859-60). Sarà infatti un divulgatore dello spettroscopio, primo a ripetere in Italia le esperienze dei due scienziati tedeschi e a rilevare con l'analisi spettrale il litio nelle acque dell'Adriatico e in alcune minerali [6].

Il valore di Giovanni Bizio, rientrato a Venezia nell'agosto 1861, deve ormai

essere noto negli ambienti scientifici, anche al di fuori del Lombardo Veneto. Nella primavera del 1862 riceve da Raffaele Piria (1813-1865), cattedratico di chimica all'università di Torino, l'invito a volerlo supplire per diversi mesi nell'insegnamento «promettendomi sicurtà dal Governo Italiano, nel seguente anno scolastico, la cattedra di chimica all'Università di Genova» [5]. Giovanni, per quanto lusingato dalla fiducia del celebre professore, rinuncia alla allettante offerta essendo in procinto di partire per un altro viaggio all'estero, per conto del governo austriaco, che lo porterà a visitare e a soggiornare nelle più importanti e famose scuole di chimica europee. «Presi pertanto la via della Germania della quale visitai i precipui laboratori e stabilimenti scientifici, e strinsi relazione coi chimici più rinomati, tra cui il Liebig, Giunto poi in Heidelberg, dove la chimica era con acume tutto particolare insegnata dall'illustre Bunsen, mi fermai a lavorare per tre mesi nel suo Laboratorio». [5] Prosegue quindi per l'Inghilterra e la Francia dove decide di fermarsi per qualche tempo. Il 27 settembre 1862 deve però lasciare urgentemente Parigi alla volta di Venezia chiamato al letto del padre gravemente ammalato e che morirà prima del suo arrivo.

Nel novembre 1862, a riprova della sua notorietà di scienziato e di insegnante, gli viene offerta dal governo italiano la cattedra di chimica organica all'università di Napoli (n. 116 Effemeridi della P.I. 8/XII, 1862). Deve rinunciare ancora una volta alla possibilità di inserirsi nel mondo accademico per gli impegni familiari sopraggiunti alla morte del padre. Accetta invece la nomina a professore ordinario di chimica nella Scuola Reale Superiore di Venezia e ottiene dal governo austriaco mezzi sufficienti per allestirvi un attrezzato laboratorio di chimica che «oltre ai bisogni della Scuola si presta largamente alle stesse esigenze della scienza» [5]. È in questo laboratorio che vengono effettuate la maggior parte delle analisi chimiche sulle acque minerali delle Province Venete. Diviene intanto socio dell'I.R. Istituto Veneto di Scienze Lettere ed Arti e nel 1864 vice segretario. Anche questi anni sono ricchi di pubblicazioni fra le quali va ancora ricordato il monumentale lavoro di chimica analitica relativo alle acque minerali che, alla morte del Pisanello, ricade totalmente sul Bizio. Si dedica anche a completare la «Dinamica Chimica», rimasta incompiuta alla morte del padre, curando la stesura dei capitoli sulla soluzione e sulla cristallizzazione, già previsti nel piano dell'opera.

Nel 1863 viene istituita a Venezia dalla Congregazione Centrale Veneta, la «Scuola pratica di Medicina e Chirurgia» con lo scopo di «rinfrancare i giovani medici nell'esercizio dell'arte» nonché «cooperare ai progressi della scienza». Insegnanti di questa scuola, che ha sede nell'Ospedale Civile Generale di Venezia, sono i primari dell'ospedale stesso: Ludovico Pelt e Giacinto Namias per la clinica medica, Michelangelo Asson e Angelo Minich per la clinica chirurgica ed altri ancora per la neurologia, dermosifilopatia, ostetricia, oculistica, pediatria, medicina legale. A Giovanni Bizio viene affidata l'esecuzione delle: «analisi chimico-organiche eseguite, dietro richiesta de' singoli docenti e nell'apposito Laboratorio dello Spedale...» [7].

L'ospedale di Venezia, già dal 1863, è quindi dotato di un laboratorio dove vengono eseguite le indagini chimiche su materiale biologico a scopo diagnostico, cioè di un laboratorio di chimica-clinica. Nel marzo 1865 poi, viene istituito presso lo stesso nosocomio un posto di chimico ispettore «il quale principalmente dovesse occuparsi delle indagini chimiche richieste da quei medici primari» [5].

QUANTO SPETTA AGL'ITALIANI

NELLA

CHIMICA SCIENZA

RITOLTO AGLI STRANIERI

dal

dott. **G. BIZIO** Figlio,

Legge letta all'Istituto di Venezia nella tornata ordinaria del 16 maggio 1850



VENEZIA,
co' tipi di P. Narantovich.

1850.

Bizio ottiene l'incarico senza concorso per unanime proposta della commissione designata. Può quindi essere considerato uno dei primi, se non il primo, chimico-clinico italiano, e senza dubbio il primo chimico a cui è affidato un laboratorio ospedaliero.

In questo periodo la produzione scientifica di Giovanni è rivolta alla chimica fisiologica e alla chimica-clinica attinenti al lavoro di chimico ospedaliero. È inte-

GAZZETTA DI FARMACIA E DI CHIMICA

È una GAZZETTA di ogni settimana. — Prezzo di abbonamento per tutto il Regno Lombardo, 2.000 L. 10 paggioli nell'anno, e per trimestre, o semestre, e ad anno — fuori d'Italia L. 15, ed all'estero franco di porto L. 18 anche. — L'abbonamento è obbligatorio per un trimestre. — Edizione, su un abbonato, qualunque lavoro giornale. — Lettere, giornali, manifesti, alla Redazione in Piazza S. Marco, associazioni, gruppi, redazioni alla Via Nazionale 5. Spedite in Calce che dichiarano sia una copia della loro opera, un pagamento due copie franco alla Redazione in Venezia.

2 MAGGIO 1887.

N. 48.

TONO TERZO.

Memoria letta alla discussione del dott. G. Bizio sulla Dottrina fisico-chimica italiana e rianchiesta di priorità di G. B. Fasoli e G. Dalla Torre. — BREVI CONSIDERAZIONI intorno alla nomenclatura dei composti minerali, e proposta di una nomenclatura unica, analitica poi moderna, che sono di una media di F. Ciappera. — SOLFURO DI CHLORIO (cartonato di Rocco Maschili, formolato a Felice). — SULLA PREPARAZIONE del ferro vitale di Zappare. — PREPARAZIONE dell'olio di Crotone Tiliaceo, di favore e di una sostanza, mediante il solvente di carbonio 2 di Leprieu e scappato di Gubler e Hayel, sopra la medicina. — INTRIO alla preparazione delle stiroline 2 studi ed esperienze di Wöhler. — LA POLVERE di carbone ossidato nella sua azione disinfettante. — INVESTIGAZIONE dell'effluvia nella urina. — SULL'ORIGINE e sul modo di una preparazione. Nota del sig. Hopp formolato in capo degli Ospitali di Zuercher. — ANNO analitico ed analitico di potassio 2 di F. Gubler. — DISTRUZIONE dell'acido borico 2 di Biranovic. — UNICA PREPARAZIONE dell'acido solforico nella medicina fra i solforici 2 di Fiume. — FARMACI, azione di un cristallino farmaceutico del sig. V. Bebert. — NOTIZIA DEL TRIBUNO. — ATTI.

Intorno alla discussione del dott. G. Bizio sulla Dottrina fisico-chimica italiana. — Rianchiesta di priorità di G. B. Fasoli e G. Dalla Torre.

Ma in mezzo le norme di una scienza, la scienza il principio di una scienza che ancora in altro modo che non che la scienza, e questo per noi non sono mai stati, nell'occasione, e per lo quale le norme che non che la scienza, questa scienza trascorre e per la sua sola, necessitata per la sua scienza il nome di una scienza moderna. — Nota del sig. Hopp, formolato, via Venezia, via Venezia, 1887.

Con queste displiche parole, ispirate di caldo affetto di patria, il dott. Giovanni Bizio apriva la sua Discussione sulla Dottrina fisico-chimica italiana, opera del chiarissimo di lui padre professor Bartolomeo.

Questa nostra teoria ha sul radice in quell'innocenti delle espressioni osservati dal Fremont, dal Carradon, dal Favonni e che vengono considerati dall'autore quale effetto d'una forza locale alle particelle dei corpi, per cui tendono a dilatarsi ed a restringersi reciprocamente.

Una tale dottrina adunque ammette che nella materia ri-

giada una potenza di ripulsione, per cui opera da ogni corpo a spingere molecole in condizione elastica, benché implicitamente domanda che non si debba essere la natura vera corpo suo, indipendentemente da forze impulsive sottintese che agiscono sopra lo stesso. Dimostrazione che noi prima di chiarezza abbiamo offerta nei nostri esperimenti sulle spontaneità, volatilità dei corpi duri, e che venne tanto opportunamente, sostegno della nostra teoria del Bizio mancherà nel suo essere di solido criterio sperimentale.

Debbono dichiarare innanzi tutto che noi non volemmo a cognizione della prefata dimostrazione del dott. Gio. Bizio se non dello scorcio del nostro testis spiritus, cioè cinque mesi dopo la sua pubblicazione (1), ed è che non è quell'epoca noi ignoravamo come la sua venga spontaneamente dimostrazione il nostro titolo di priorità, superiormente accennata, nella rigorosa dimostrazione della spontanea volatilità dei corpi, senza di cui, per le ragioni già recate innanzi, la nostra teoria rimaneva senza il rinvio del fatti, non può considerarsi appoggiata e solo criterio sperimentale.

Eppure l'autore di quella dimostrazione doveva ricordare i nostri studi, non solamente perché in essi la teoria sottesa del padre trovava un appoggio materiale di fatto, ma per essere per quello giustiziale che dobbiamo rendere a fatti quelli che concorrono al progresso della scienza (2). Il dottor Giovanni Bizio doveva accennare al nostro lavoro, onde dar ragione, che egli, che coordina la sua carriera scientifica mostrandoci lavoro d'anni consecutivi (3) sapeva approssimare per anno gli sforzi d'anni consecutivi e condisciplati, diretti ad attendere il patrimonio comune della scienza.

Egli, in quella vece, col suo studio silenzioso sui nostri esperimenti, non solo fu sito di disconoscere quel qualunque mo-

(1) Per quello rispettivamente che è in un fra studi di una medicina scienza noi dovevano attendere che il dott. Gio. Bizio e che non questa sua lavoro non noi si potremmo sempre volentieri d'incanto e lui il fatto, delle parole nostre scritte; ma solo con la l'ordine di lui, subito l'uno di noi stesso e soprattutto della prefata discussione del Bizio, letteralmente e moralmente nell'attuale silenzio della nostra stampa in argomento di chimica.

(2) Lettera del Prof. E. Bizio del 21 p. agosto al Cavallieri, inserita nel Journal de chimie médicale, de pharmacie et de toxicologie n. 2 ottobre pag. 420.

(3) Discussione del dott. G. Bizio (Giornale degli Italiani, ec.

ressante ricordare le ricerche «*Intorno all'esistenza del glicogene negli animali invertebrati*». Facendo seguito ai lavori di Claude Bernard (1813-1878) del 1857, che avevano portato alla scoperta della funzione glicogenica del fegato, Bizio ritiene che la presenza del glicogene nei tessuti sia collegata con l'influenza esercitata su di essi dal sistema nervoso, suppone di trovarlo più diffuso dove c'è minore innervazione. Con esperienze condotte su molluschi marini acefali dimostra la sua ipotesi. I risultati sono in seguito confermati da N.H. Chittenden assistente di chimica fisiologica a New-Haven, Connecticut, che in un suo lavoro del 1875 riconosce la priorità delle ricerche del Bizio (Über Glycogen und Glycooll in dem Muskelgewebe des Pecten Irradians. Justus Liebig's Annalen der Chemie. 178; 266-74; 1875). Questi dovrà invece fare delle rivendicazioni nei confronti del Bernard che nelle «*Leçons sur les phenomenes de la vie communs aux animaux et aux vegetaux*», pubblicate postume (1878), si attribuisce il rinvenimento del glicogene nelle ostriche nonostante fosse a conoscenza dei lavori del Bizio fin dal 1866.

Nel 1865, alla morte di R. Piria, si rende vacante la cattedra di chimica organica all'università di Torino per la quale viene bandito il concorso per titoli cui partecipa anche Giovanni Bizio. La commissione, composta da un rappresentante del ministero, con le funzioni di presidente, e dai professori Cannizzaro, Piazza, Sobrero e Tassinari, inizia la valutazione dei titoli dei candidati il 30 novembre 1866. Al momento del voto i commissari non arrivano ad un accordo (due contro due, astenuto il presidente) e la decisione viene demandata al consiglio superiore della pubblica istruzione. Bizio, venuto a conoscenza del tormentato «*iter*» di questa nomina, il 10 maggio 1867 invia al ministro una lettera nella quale chiede informazioni poiché teme «*che i miei connazionali avessero usato verso di me un rigore, che non avrei certamente incontrato tra chimici stranieri ... se, fra gli altri, fossero stati chiamati a dare un voto in mio riguardo que' chimici distinti che sono il Bunsen in Heidelberg ed il Redtenbacher in Vienna, ne' laboratori dei quali ebbi più anni a lavorare, non mi avrebbe certamente mancato un voto favorevole*» [8]. Il ministro, nella lettera di risposta (16 maggio 1867), assicura che la commissione «*Non mancò dunque dall'esaminare pur quelli della S.V. [titoli] e lungi dal portare sopra di Lei un giudizio rigoroso e dal venire a conclusioni che possano interpretarsi in senso meno favorevole al suo decoro, non ha tralasciato dal mettere in evidenza i suoi studi e il suo valore ...*» [8]. La cattedra di Torino però non viene assegnata a Bizio.

Nel 1869 accetta l'insegnamento della merceologia alla R. Scuola Superiore di Commercio di Venezia dove ricopre già la cattedra di chimica. Questo nuovo impegno, che si aggiunge alla reggenza provvisoria della Scuola Reale Superiore (poi R. Istituto Tecnico), lo induce a rinunciare all'incarico di chimico ispettore all'ospedale e a quello di vice-segretario al R. Istituto Veneto. Non gli mancano però il tempo né la combattività e preparazione per impugnare la penna in difesa dei lavori del padre contro E. von Gorup-Besanez (1817-1878), professore all'università di Erlangen, che dubita della natura dell'eritrogeno scoperto dal genitore nel 1823, e ancora sulla porpora degli antichi, sulle proprietà della luce di trasportare materia ponderabile e sul rinvenimento del rame nei murici porporiferi (1833) (Atti R. Istituto Veneto 1872, 1876, 1880). Ora l'attività del Bizio è volta principalmente all'insegnamento e alla ricerca. Nel 1874 viene invitato dal R. Istituto Veneto di

Scienze Lettere ed Arti a voler assumere l'incarico di Segretario (in sostituzione del defunto Namias) che ricopre fino alla morte avvenuta a Venezia il 19 aprile 1891.

Degli ultimi anni di attività scientifica ricordo solo il lavoro volto a dimostrare l'erroneità del metodo del Bechi per svelare l'olio di cotone nell'olio di oliva. Con la precisione analitica che gli è propria evidenzia sperimentalmente la mancanza di specificità del metodo dal momento che esso dà reazione positiva oltre che con l'olio di cotone anche con quello di colza, di ravizzone e di arachide.

Giovanni Bizio è descritto come uomo di media statura dall'aspetto sobrio con occhi vivaci e penetranti. Viene riconosciuto da tutti sperimentatore esatto, analista accurato, appassionato docente, conferenziere brioso, scrittore elegante, critico arguto [9].

Partecipò alla vita politica e sociale della sua città fin dall'annessione di Venezia al Regno d'Italia eletto con larghi consensi nel consiglio comunale e poi nel consiglio sanitario provinciale. La sua notorietà è dimostrata dalle numerose onorificenze ricevute: l'Ordine dei S.S. Maurizio e Lazzaro, l'Ordine della Corona d'Italia e la medaglia dei Benemeriti della Salute Pubblica per il suo impegno nell'epidemia di colera del 1873 a Venezia. Fu membro di varie accademie, della Società Italiana di Igiene, della Giunta Speciale di Sanità per il miglioramento igienico di Venezia, curatore della fondazione Querini Stampalia e per molti anni segretario del R. Istituto Veneto di Scienze Lettere ed Arti.

Il valore scientifico di Giovanni Bizio è testimoniato dagli innumerevoli scritti di cordoglio giunti alla famiglia e al R. Istituto Veneto da ministeri, corpi accademici ed illustri scienziati italiani e stranieri.

Ringrazio per la loro cortesia il dott. Alessandro Franchini e la dott. Caterina Griffante dell'Istituto Veneto di Scienze Lettere ed Arti di Venezia.

BIBLIOGRAFIA DI GIOVANNI BEZIO

- *Osservazioni sopra il congelamento dell'acqua, ed esperienze sopra la conseguente sua depurazione.* Annali delle Scienze del Regno Lombardo Veneto, 1842.
- *Su una speciale trasformazione dello zucchero di canna messo a contatto di sostanze azotate.* Annali di Fisica e Chimica del Majocchi, 1843.
- *Sulla fermentazione vinchiosa e sul gassare dei vini.* Raccolta fisico-chimica dello Zantedeschi, 1846.
- *Sopra la teoria delle chimiche sostituzioni.* Lavoro per la laurea, Cecchini, VE, 1847.
- *Lettera al Dott. Nannas intorno allo Sferococco Conferoside.* Giornale per servire ai progressi della patologia ecc. dei dott. Fantonemi e Nannas, 1847.
- *Investigazioni analitiche sopra lo Sferococco Conferoside.* GVSM, 1850.
- *Cenni popolari sull'illuminazione a gas.* Il Progresso, 2, 1851.
- *Studi sperimentali e teorici sopra i sali a base di ossido ferrico.* Giornale fisico chimico italiano, 1851.
- *Considerazioni intorno al condensamento dei gas in seno del carbone e di altre sostanze porose.* Giornale fisico chimico italiano, 1851.
- *Osservazioni intratte in Venezia durante la eclisse solare del 28 luglio 1851.* Tip. Naratovich, VE, 1851.
- *L'opinione di identità del bromo e dell'iodo avvalorate da un fatto scoperto dall'autore.* GVSM, 1854.
- *Sull'esistenza del bromo in sostituzione del iodio nello sferococco conferoside.* GVSM, 1854.
- *Quanto spetta agli italiani nella chimica scienza ritolta agli stranieri.* Tip. Naratovich, VE, 1850.
- *Osservazioni e considerazioni sul passaggio del tartaro di rame dallo stato polveroso allo stato cristallino.* GVSM, 1855, AIV, 1855.
- *Su un fenomeno presentato dalla stearina del burro di cocco, nel suo rappigliarsi dopo la fusione.* Programma della I.R. Scuola Superiore per l'anno 1855.
- *Scoperta dell'arsenico nell'acqua ferruginosa di Cavillina, detta acqua Cataliana.* AIV, 1855; GVSM, 1855.
- *Sopra l'acidificazione del petrolio a contatto dell'aria.* GFC, 1856.
- *Sopra la dottrina fisico chimica italiana.* Prospetto acq. della I.R. Scuola S., VE, 1856.
- *Sopra le analisi del Prof. Ragazzoni.* Gazzetta Ufficiale di VE, Sett. 1855, GFC, 1856.
- *Rapporto sulla presenza dell'arsenico nelle acque minerali.* AIV, 1856.
- *Sopra l'arsenico nell'acqua ferruginosa di Cavillina.* Relazione della Giunta dell'Istituto* per la monografia delle acque minerali del Veneto, AIV, 1857.
- *Sopra la presenza dell'iodo in un radore.* GFC, 1859. Resoconti dell'accademia imperiale delle scienze di Vienna, 39, 1860.
- *Analisi chimica dell'acqua minerale, detta salza o di S. Gottardo, in Ceneda, provincia di Treviso, con saggi di confronto sopra l'acqua salso-iodica di Sales nel Piemonte.* GFC, 1860. Resoc. acad. imp. scienze di Vienna, 1860.
- *Sopra l'olio di camomilla (M. Chamomilla).* Ricerche chimiche, GFC, 1861. Resoc. acad. imp. scienze di Vienna, 43, 1861.
- *Nuovo soccorso analitico scoperto dai signori Bussen e Kirchhoff. Studi sperimentali che ne rilevano l'utilità e l'importanza.* GFC, 1861. (Contiene anche i tre articoli che seguono). Anche negli AIV, 1861.

- *Analisi del gas uscente dai pozzi artesiani di Venezia*. AIV, 1861.
- *Sopra il litio nell'acqua dell'Adriatico e di alcune fonti minerali*. AIV, 1861.
- *Sopra i due nuovi metalli il Cesio e il Rubidio*. AIV, 1861.
- *L'eritrogeno e le sue proprietà difese contro il Goryp-Besarez*. AIV, 1862.
- *Prefazione alla monografia delle acque minerali sciete*. AIV, 1861-62.
- *Indagini sopra la fenilammmonia e le sue combinazioni*. Resoc. Acad. di Scienze di Vienna, 44, 1861.
- *Sulla determinazione quantitativa del rubidio e del cesio*. AIV, 1863.
- *Sulle acque madri della fonte termale di Mar in Baden Baden*. Zeitsch. F. Anal. Chem., II, 161, 1863.
- *Appendice all'analisi chimica delle acque minerali di Recoaro*. AIV, 1863.
- *Su una concrezione rinvenuta nell'intestino d'un cavallo*. Analisi chimica. AIV, 1864.
- *Il Magenta ed il Soferino, od il violetto ed il rosso di anilina*. Messaggero Veneto, 46, 1864.
- *Sui contenuti del burro di cocco*. AIV, 1863-64.
- *Ricerche intorno al presupposto acido coccoico*. AIV, 1864.
- *Saggi chimici sopra l'acqua dei fiumi Brenta e Sile*. Gaz. Ven., 1867.
- *Monografia delle acque minerali delle Provincie Venete*. AIV, 1865, 1868, 1869, 1871, 1877 (analisi delle acque minerali dei Vegri di Valdarno, Storo, Torrebelvicino, Crespano, Monte Ortona, S. Daniele, Costa d'Azqua).
- *Sull'influenza dell'urina nel modificare alcune chimiche reazioni*. AIV, 1865.
- *Sopra un altro caso di sudore tiriti in azzurro dall'indaco*. AIV, 1865.
- *Analisi chimica dell'acqua minerale di Castellina*. AIV, 1865.
- *Rapporto dell'applicazione fatta dal sig. Gio. Giacomuzzi, dell'ossido di uranio ai lavori di vetro*. AIV, 1865-66.
- *Intorno all'esistenza del gliosgene negli animali invertebrati*. AIV, 1866, 1867, 1881. Comp. rend. de l'Acad. de France, marzo 1866, luglio 1867.
- *Cenno storico sopra la depurazione dell'acqua mediante il congelamento*. Nuovo Cimento, luglio 1867.
- *Osservazioni critiche sopra alcune recenti analisi dell'acqua del Brenta e del Sile*. Tip. del Commercio, VE, 1867.
- *Osservazioni sulla decomposizione dell'acido ossalico sciolto nell'acqua*. AIV, 1868, 1883.
- *Scolorimento e disinfezione*. Letture all'Ateneo Veneto, 1868.
- *Commemorazione di Antonio Galeani, membro dell'Istituto*. AIV, 1869.
- *Rapporto intorno al compendio di chimica generale del prof. Tesari*. AIV, 1870.
- *Intorno alla ricerca del bromo in presenza dell'urea*. Gazzetta Chimica Italiana, 1872.
- *La polvere degli antichi, e la sostanza colorante trovata nell'urna di S. Ambrogio in Milano*. AIV, 1872.
- *Relazione intorno ad una straordinaria comparsa nel mare Adriatico d'una densa poltiglia che impedisce l'uso delle reti da pesca*. AIV, 1871-72.
- *Osservazioni sulla ricerca del bromo in presenza dell'urea*. GFC, 1872.
- *Sul protocloruro di fosforo*. AIV, 1872-73.
- *Relazioni sui premi scientifici ed industriali del R. Istituto Veneto*. AIV, dal 1874 al 1889.
- *Lezioni sopra il caffè, lo zucchero, il petrolio*. Tip. del Commercio, VE, 1870, 1872, 1873.
- *Un discorso sulla scienza nelle sue attinenze col commercio*. Prohincione Scuola Sup. Com. Tip. Grimaldi, VE, 1875-76.

- *Osservazioni e considerazioni intorno alla sofisticazione delle farine di frumento*. Memorie R. Ist. Veneto, 1875.
- *L'azione meccanica dei raggi luminosi sperimentalmente dimostrata da Bartolomeo Bizio prima dell'anno 1823*. AIV, 1876.
- *Osservazione sull'azione riduttrice della gelatina su un composto che forma questa col bicloruro di mercurio*. AIV, 1876.
- *Analisi delle acque potabili di Due Ville*. AIV, 1878.
- *Analisi delle acque minerali di Pejo*. AIV, 1878.
- *Analisi delle acque minerali di Civiltina nuova analisi e raffronti*. AIV, 1879.
- *Analisi delle acque minerali di Valgrande nel Concello superiore*. AIV, 1879.
- *Sopra il glicogeno negli animali invertebrati. Nuove indagini*. AIV, 1881.
- *L'applicazione del nitroto d'argento sull'esame chimico degli olii, confusati*. AIV, 1885.
- *Ancora sull'esame chimico dell'olio d'oliva*. AIV, 1885.
- *Intorno all'ultima proposta del Bechi per distinguere l'olio di cotone*. Relazione. G. Bizio, L. Gabba. Tip. Antonelli, VE, 1886.
- *Sui processi d'indagine dei grassi ed in particolare sull'assaggio dell'olio d'oliva*. G. Bizio, L. Gabba. Rendic. Ist. Lombardo, 1886.
- *Il più recente metodo del Bechi per scoprire l'olio di cotone nelle miscele confusate da G. Bizio*. AIV, 1887-88.
- *Lettera sulle ultime conclusioni relative alla questione delle miscele dell'olio di cotone con quello di oliva*. Il Tempo, VE, 1887.
- *Lettera contro le recenti prove eseguite in Firenze sopra le miscele dell'olio di cotone con quello di oliva*. Tip. Antonelli, VE, 1887.

AIV = Atti dell'Istituto Veneto di Scienze Lettere ed Arti

GVSM = Giornale Veneto di Scienze Mediche

GFC = Gazzetta di Farmacia e di Chimica

NOTE BIBLIOGRAFICHE

- [1] PROVENZAL G., *Profili bio-bibliografici di chimici italiani*, Ist. «Seronno», Roma s.d.
- [2] Polemica. Alla rettificazione del Prof. Ragazzini, risposta del dott. G. Bizio figlio. *Gazzetta di Farmacia e di Chimica*, gennaio 1856.
- [3] DALL'OLIO G., *La scoperta dell'arsenico nell'acqua della fonte Civillina. Una disputa durata due anni (1855-1857)*. Appunti. *Vita della valle dell'Agno*, n. 3, 1991.
- [4] FASOLI G.B., DALLA TORRE G., *Intorno alla dissertazione del dott. G. Bizio sulla Dottrina chimico-fisica italiana. Rivendicazione di priorità*. *Gazzetta di Farmacia e di Chimica*, maggio 1857.
- [5] Manoscritto «Giovanni Bizio notizie intorno alla sua vita». Autobiografia. Per gentile concessione della famiglia Magrini di Venezia.
- [6] TESTI G., *Storia della chimica*. La Mediterranea, Roma 1940.
- [7] VANGAN MARCHINI N.E., *La memoria della salute. Venezia ed il suo ospedale dal XVI al XX secolo*. Catalogo della mostra. Venezia 20 aprile - 31 ottobre 1985.
- [8] Archivio centrale dello stato. Ministero della Pubblica Istruzione. Fascicoli personali 1860-1880. Giovanni Bizio.
- [9] SOYCA P., *Commemorazione di Giovanni Bizio*. *Atti R. Ist. Veneto di Scienze Lettere ed Arti*, 1891.
- [10] Istituto Veneto di Scienze Lettere ed Arti, *Catalogo generale delle pubblicazioni 1840-1984*. Venezia 1989.
- [11] *Storia della cultura veneta*. Vol. 6, Neri Pozza Vicenza, 1986.

F. CAPUANO¹ · B. CAVALCHI² · P. MANZINI³

Trasformazione di un territorio: l'analisi chimica come verifica della qualità ambientale da Lazzaro Spallanzani ad oggi⁴

Summary - Lazzaro Spallanzani made very important studies on the gaseous components of water, analysing his well water and those of Tresinaro stream, a little water-course which flows near Scandiano.

Spallanzani experiments reproduction, even if with some instrumental change, allows to verify, at about two hundred years, data reproducibility and alterations in the environment inside which the scientist operated.

Particularly, chemical and bacteriological analyses of Spallanzani well water allow to confirm, with modern methods, what once Spallanzani observed with few and rudimental instruments he had at his disposal.

Premessa

Alla fine del XVIII secolo diversi studiosi promossero con i loro studi il passaggio dalla teoria del flogisto a quella dell'intervento dell'Ossigeno nella combustione.

Lazzaro Spallanzani effettuò studi importantissimi sulla respirazione degli animali, delle piante e dei pesci. In questo ambito analizzò le acque del suo pozzo e quelle del Torrente Tresinaro, piccolo corso d'acqua che scorre nei pressi di Scandiano (RE), sua terra natale, determinandone i componenti gassosi.

Oggi la riproduzione degli esperimenti di Spallanzani sugli stessi bacini, pur con qualche variante strumentale, consente di verificare, a distanza di duecento anni, i cambiamenti intervenuti nel contesto ambientale nel quale agì lo studioso.

¹ Chimico, Servizio Igiene Pubblica, USL12-Scandiano (RE).

² Chimico, Presidio Multiazionale di Prevenzione, USL9 (RE).

³ Biologo, Presidio Multiazionale di Prevenzione, USL9 (RE).

⁴ Relazione presentata al IV Convegno Nazionale di «Storia e Fondamenti della Chimica» (Venezia, 7-9 novembre 1991).

Metodiche operative adottate da Spallanzani

Lazzaro Spallanzani verificò sperimentalmente la presenza di gas disciolti nelle acque del suo pozzo e del Torrente Tresinaro e la composizione delle miscele gassose. Si tratta di esperimenti effettuati il 17 e 18 luglio 1798 come si apprende dai suoi appunti recentemente ritrovati (Fig. 1).

L'estrazione dei gas venne realizzata capovolgendo in acqua «un grande recipiente» pieno di liquido ed esponendolo al sole per due giorni.

La determinazione quantitativa dell'ossigeno e dell'azoto era invece effettuata utilizzando l'eudiometro di Giobert (Fig. 2), strumento descritto in modo preciso nel *Chimico esame* (1796).

La determinazione dell'ossigeno, mediante l'uso di fosforo depurato, oltre a

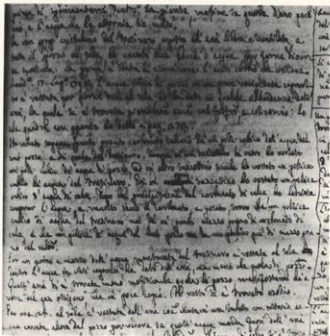


Fig. 1 - Manoscritto di Lazzaro Spallanzani

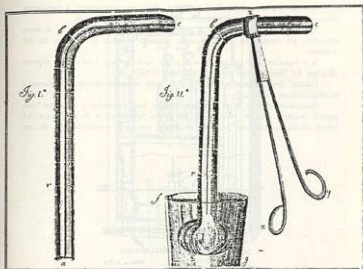


Fig. 2 - Eudiometro di Giobert.

confermare le ipotesi di Lavoisier sulla luminescenza del fosforo, rappresenta un brillante esperimento in cui si combinano tra loro le analisi qualitative e quantitativa del gas ricercato.

Spallanzani si propose infine di misurare anche l'anidride carbonica disciolta in acqua, preparando soluzioni sovrassature di carbonati, mediante acqua di calce.

Dopo la precipitazione dei sali, pesò il residuo «fatta andar via l'acqua e raccolto questo carbonato di calce ed asciugato al sole ...».

Risultati analitici

Dai propri esperimenti Spallanzani ricavò che l'acqua del suo pozzo produceva maggior sviluppo di gas rispetto a quella del Tresinaro. Il gas sviluppato dall'acqua di pozzo viene definito dallo studioso «pienamente azotico» in quanto, a conferma della teoria antilogistica, non ottiene combustione col fosforo, mentre l'acqua del Tresinaro viene definita «meno mefitica, manifestando gaz ossigeno, ma in poca copia ...».

Successivamente, misurando i carbonati, rileva una componente a prevalenza calcarea maggiore nelle acque profonde che non in quelle superficiali.

Essendo tutt'oggi accessibile il pozzo di casa Spallanzani (Fig. 3) si sono riprodotti gli esperimenti effettuati dallo studioso secondo le modalità da lui descritte.

Si è registrato che l'acqua del suo pozzo ha sviluppato 1/10 di gas rispetto all'acqua del Tresinaro con maggior contenuto di CO_2 .

L'analisi dei carbonati condotta con le stesse modalità operative, conferma i risultati ottenuti dallo studioso.

Successivamente si sono effettuate analisi batteriologiche e chimiche con metodi moderni (Fig. 4) sulle acque del pozzo Spallanzani e di altri pozzi del centro storico scandinese, prelevate in diverse situazioni meteorologiche, da cui

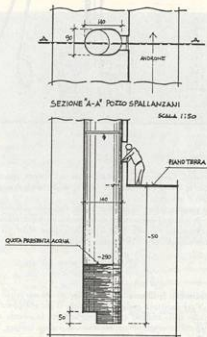


Fig. 3 - Planta Pozzo Spallanzani.



Fig. 4 - Apparecchio di Orsat.

emerge una progressiva diminuzione dell'ossigeno disciolto in periodi di piovosità, con forte alterazione degli indici di inquinamento fecale ed organico: aumentano infatti i coliformi totali e fecali indicativi di un inquinamento recente, contestuale alle precipitazioni (Tab. 1).

Conclusioni

Il territorio scandinavo ha subito, nel corso degli anni, profonde modificazioni di natura antropica: il capoluogo si è trasformato in una cittadina di circa 20000 abitanti (Figg. 5 - 6), mentre il territorio circostante è caratterizzato da numerosi insediamenti agrozootecnici e industriali, molti dei quali gravitanti sul bacino del torrente Tresinaro.

Le osservazioni di Spallanzani, ricavate con strumenti rudimentali e in assenza di conoscenze sui processi degradativi delle sostanze organiche ad opera dei microrganismi, consentono di ricavare indicazioni sulla qualità dell'ambiente per confronto con la situazione odierna.

Infatti:

— allora come oggi le acque del pozzo a camicia di casa Spallanzani evidenziano un inquinamento di tipo organico, generato da contesti territoriali completa-

Tab. 1. - Analisi acque del pozzo Spallanzani e di altri sei pozzi del crinale vicino Sordaniere.

| Proveggi mese/anni | O ₂ mg/l | CO ₂ mg/l | N mg/l | Pozzo Spallanzani/ Col. Tot. n°/100ml | 56 fec. n°/100ml | Pozzo La Comabbia/ Col. Tot. n°/100ml | 56 fec. n°/100ml | Pozzo Feltruzzi/ Col. Tot. n°/100ml | 30 fec. n°/100ml |
|-----------------------|------------------------|-------------------------|-----------|--|---------------------|--|---------------------|--|---------------------|
| Dic. 3° | 0,0 | | | | | | | | |
| Dic. 4° | 0,0 | | | | | | | | |
| Gen. 1° | 0,0 | | | | | | | | |
| Gen. 2° | 0,0 | | | | | | | | |
| Gen. 3° | 0,0 | | | | | | | | |
| Gen. 4° | 0,0 | 13,6 | 26,3 | 22,7 | ASS. | 8 | 1 | 120 | ASS. |
| Feb. 1° | 0,0 | | | ASS. | ASS. | | | | ASS. |
| Feb. 2° | 0,0 | | | | | | | | |
| Feb. 3° | 0,0 | | | | | | | | |
| Feb. 4° | 0,0 | | | | | | | | |
| Mar. 1° | 12,6 | | | | | 130 | | | |
| Mar. 2° | 4,5 | | | | | | | | |
| Mar. 3° | 24,4 | | | 4 | 1 | 100 | 40 | 0 | ASS. |
| Mar. 4° | 2,3 | | | 42 | 25 | 850 | 117 | 16 | ASS. |
| Mag. 1° | 33,3 | | | | | | | | |
| Mag. 2° | 55,0 | | | | | | | | |
| Mag. 3° | 47,7 | | | | | | | | |
| Mag. 4° | 0,0 | | | | | | | | |
| Giul. 1° | 85,0 | 1,5 | 8,3 | 3,2 | 150 | 100 | 30 | 200 | 100 |
| Giul. 2° | 7,8 | | | | | 40 | 1 | | 80 |



Fig. 5 - Ieri (1822).



Fig. 6 - Oggi (1989).

mente diversi. Alla fine del settecento l'assenza di fognature, la vicinanza con le scuderie del palazzo ducale e l'area cimiteriale prospiciente la chiesa producevano infiltrazioni nella prima falda. Oggi le condizioni di captazione degli effluenti organici delle abitazioni civili sono sicuramente migliorate, ma sussiste un inquinamento generalizzato delle prime falde, come mostrano i controlli batteriologici estesi ad altri pozzi del centro storico di Scandiano;

— le acque del torrente Tresinato, secondo i dati di Spallanzani, pur con qualche dubbio sull'esattezza delle analisi effettuate tre giorni dopo il prelievo, contenevano ossigeno ed «il gorgo» dal quale furono prelevate era «cristallino». Oggi invece le acque del torrente risentono di pesanti inquinamenti di origine industriale e zootecnica.

BIBLIOGRAFIA

- ASONI F., *Spallanzani e la diffusione delle teorie chimiche di Lavoisier in Italia*, in AA.VV., *Leziano Spallanzani e la biologia del Settecento*, a cura di G. Montalenti e P. Rossi, Firenze, Olshki, 1982, pag. 323.
- BMRE, *Ms. Regg. B 49, Giornale delle mie esperienze concernenti la Respirazione degli Animali*, cc. 137r-137v, secondo la numerazione meccanica. La c. 137r corrisponde a p. 274 autografa.
- VILLAVICCHIA G.V., *Dizionario di merceologia e chimica applicata*, 2 ed., Milano, Hoepli, 1929, II, pp. 1027-1028.
- SPALLANZANI L., *Le Opere di Leziano Spallanzani*, pubblicate sotto gli alti auspici della Reale Accademia d'Italia, Milano, Hoepli, 1932-1936, III, p. 34.
- SOLATY J., *L'evoluzione del pensiero chimico dal '600 ai nostri giorni*, Milano, Mondadori, 1976, p. 64.
- SCHÖLLER H., *Les eaux souterraines*, Paris, Masson, 1962, pp. 272-273.

Abbreviazioni:

BMRE = Biblioteca Municipale «A. Panizzi» Reggio Emilia.

R. BADIELLO - A. BRECCIA (*)

Lo studio delle scienze nell'antica Università di Fermo (**)

The study of the sciences in the old University of Fermo.

Summary - The present paper deals with two important aspects regarding the planning of the study of mathematical, physical and chemical sciences in the old University of Fermo at the beginning of 1800:

— the organization, programmes, time-tables and fees;

— the analysis of a multidisciplinary essay of mathematics, physics and chemistry.

The unusual coupling of scientific and medical subjects is emphasized as well as the width of the programme of physics, which also involves the until then known aspects of the general chemistry. In particular, the consistency of the programme may be deduced from the multidisciplinary educational essay rather than from the general curriculum. The paper also focuses on the widening of the scientific programme at the beginning of 1800, compared with the same at the beginning of 1700.

1. *Lo Studio pubblico e l'Università di Fermo*

La nobile città di Fermo è stata uno dei più vivaci ed interessanti centri di studio italiani.

Antico centro piceno, Fermo divenne nel 264 a. C. colonia romana (Fermum Picenum) e poi municipio. Occupata più volte dai barbari alla fine dell'Impero, Fermo passò ai Longobardi che la unirono al Ducato di Spoleto, quindi nel 774 fu ceduta alla Chiesa.

Verso la fine del secolo decimo divenne il Centro della Marca Fermiana, che si mantenne autonoma fino al secolo dodicesimo, pur rimanendo nominalmente soggetta alla Chiesa. Inglobata nella marca Anconetana, fu dapprima assoggettata all'Impero del Barbarossa e si eresse quindi a libero Comune. Dopo esser passata da signoria a signoria, verso la metà del secolo quindicesimo tornò allo Stato della Chiesa.

(*) Istituto di Scienze Chimiche, Università degli Studi di Bologna.

(**) Relazione presentata al IV Convegno Nazionale di «Storia e Fondamenti della Chimica» (Venezia, 7-9 novembre 1991).

Occupata dai Francesi verso la fine del 1700 fu capoluogo del Dipartimento del Tronto durante il Regno Italico.

Fin dall'epoca romana Fermo si caratterizzò come centro di cultura con scuole che nemmeno le invasioni barbariche riuscirono a cancellare del tutto, anche se le alterne vicende storiche della città di Fermo si ripercossero nella storia dell'antico Studio.

Nell'anno 825 fu fondato uno Studio pubblico con l'editto di Olona emanato da Lotario I, figlio dell'imperatore Ludovico il Pio. Oltre a Fermo le sedi scelte furono Pavia, Ivrea, Torino, Cremona, Firenze, Verona, Vicenza e Givisdale del Friuli. Lo Studio si innestava in una scuola monastica aperta precedentemente dal Vescovo Lupo. Questo aspetto risultò di grande importanza sia perché lo Studio fermano ebbe subito a disposizione testi di studio, sia perché l'influenza della Chiesa permise sempre nei secoli successivi anche l'Università e ne decretò la grandezza e la fine.

A Fermo affluivano soprattutto gli studenti del Ducato di Spoleto per apprendere la grammatica, il calcolo ed i principi della legge non solo giustiniana, ma anche salica e longobarda. Nei primi anni della sua fondazione lo Studio fermano annoverò fra i grandi maestri il monaco scozzese Dungalò.

La costituzione dello Studio di Fermo in Università è un capitolo della lunga storia di interventi papali tutori e normativi.

Secondo la tradizione la fondazione dell'Università di Fermo è del 16 Gennaio 1503, con l'emanazione della bolla da parte del Pontefice Bonifacio VIII.

A Fermo l'Università nacque, pertanto, tre mesi prima dello Studio della Sapienza di Roma. L'Università di Fermo venne creata a somiglianza dell'Università di Bologna e le discipline coltivate furono la Teologia, il Diritto Canonico e Civile e le Arti.

L'Università di Fermo fu la prima ad essere direttamente fondata dal Pontefice e probabilmente la prima ad avere la cattedra di Teologia ed a concedere la relativa laurea.

I secoli successivi videro periodi di decadenza e di nuova fioritura per l'Università di Fermo, come d'altronde per altre Università italiane.

Di particolare importanza la rifondazione dell'Università nel 1586 da parte del Pontefice Sisto V, già Vescovo di Fermo. Con la bolla pontificia di quell'anno si attribuirono nuovi privilegi allo Studio fermano e forti finanziamenti. Questo permise all'Università di Fermo di primeggiare nel 1600 insieme alle altre Università famose come quelle di Bologna e di Parigi. Fu in quel periodo che assunsero grande risonanza la laurea in Medicina e l'Accademia degli Erranti che ebbe come soci molti docenti di Bologna, Roma, Perugia, etc.

Altro momento importante fu la restaurazione per «motu proprio» del Papa Pio VII nel 1804. Con questo atto si diede incarico ad una deputazione provinciale di formulare i criteri per la ripartizione delle spese ed i risultati di questi lavori furono pubblicati in un Prospetto del Nuovo Stabilimento per l'Università di Fermo.

Dopo l'ultimo ordinamento degli Studi, emanato dal Pontefice Leone XII nel 1824, l'Università chiuse di fatto nel 1826 in un periodo di grave crisi economica. Rimase funzionante la laurea in Teologia fino al 1860 (Regno d'Italia) che permet-

teva il riconoscimento di alcuni esami giuridici per la laurea in Legge del Regno Pontificio. A Fermo sono poi riprese alcune attività universitarie con la Scuola diretta a fini speciali di Musicologia nata nel 1988, sotto l'egida dell'Università di Macerata.

2. *Organizzazione dello Studio Fermano, Orari e Tasse*

Senza andare troppo indietro nel tempo, si prendono in esame due documenti relativi agli ordinamenti degli studi: il primo dell'inizio del settecento, il secondo dell'inizio dell'ottocento.

Nel primo documento sono indicati l'orario delle lezioni ed il calendario dell'Anno Accademico 1725-26 (Tav. I).

All'inizio del settecento le materie insegnate riguardavano materie giuridiche per la laurea in Diritto Romano e Canonico, materie morali e teologiche per la laurea in Teologia, materie di logica e filosofia per la laurea scientifica ed infine materie mediche per la laurea in Medicina.

Nel settecento inizia la crisi dell'Università fermana ed anche se alla data di stampa dell'ordinamento vi erano ancora più di ottocento studenti, la presenza dei docenti è scarsa. Fra i docenti figurano quasi tutti personaggi di Fermo o Gesuiti. È il primo segno che la scarsità di fondi impone la forma autarchica nel reclutamento dei docenti. La sede settecentesca dell'Università era presso il Palazzo degli Studi.

L'Anno Accademico iniziava in novembre e finiva in giugno, con orari variabili in relazione alla puntualità del «Campanaro». Il calendario in oggetto presentava 67 giorni di lezione con 10 lezioni al giorno. Per confronto il calendario dell'Università di Bologna superava le 80 giornate di studio con oltre 90 feste religiose speciali.

Molte erano le giornate festive, quasi tutte religiose e l'Anno Accademico comprendeva sette mesi, con il mese di febbraio di vacanza perché periodo di Quaresima.

L'ordinamento della restaurazione pontificia dello Studio è molto più vario ed organico, come indicato dalle classi delle Scuole stabilite nel 1805 (Tav. II). Esso si diversifica già negli insegnamenti dei vari corsi di laurea, che risultano anche in numero superiore con insegnamenti più moderni e molto articolati. Vi troviamo i corsi di laurea in Grammatica e Canonica (Lettere), Filosofia (Scienze), Storia e Lingue, Giurisprudenza, Medicina e Teologia. Vi risultano insegnamenti di Fisica, Matematica, Chimica etc. Vi si studiano le moderne teorie di Lavoisier, Priestley, la geometria di Cartesio, la fisica di Newton. Interessanti sono gli emolumenti dei docenti. Il primato spetta alla Medicina teorica ed alla Chimica con 500 scudi mentre quello del Lessico ne aveva solo 30.

L'ordinamento aveva anche i programmi dei corsi, molto ampi per le materie giuridiche e morali, brevissimi per quelle scientifiche.

Altra parte importante è la notificazione ove sono regolamentate le norme per la chiamata dei cattedratici, che veniva fatta dai Priori della Città.

Nella notificazione sono richiamate anche le condizioni di vita dei giovani

studenti che venivano collocati in casa di persone probe le quali erano responsabili delle azioni degli studenti stessi. È questa una chiara indicazione che i Collegi, di cui andava fiero un tempo lo Studio fermano, erano ormai scomparsi.

La proiezione di apertura dell'Anno Accademico era fissata il 2 Novembre nella Sala delle Aquile del Palazzo dei Priori. In questa sala si discutevano le tesi e si proclamava il laureato con una cerimonia ricca di tradizioni imperiali e pontificie.

Nella predetta sala si svolge anche la dissertazione scientifica, oggetto del prossimo capitolo.

3. Una tipica dissertazione scientifica

Il saggio (Tav. III) che tre studenti universitari dovevano discutere nell'agosto 1820 dinanzi all'Eminentissimo Cardinale Arcivescovo e Principe di Fermo, nonché Rettore dell'Università, ai docenti cattedratici ed agli altri studenti, rappresentava una forma di esame di fine anno. La preparazione del saggio era meticolosa sia nella parte scritta, sia nella predisposizione delle tavole illustrative e degli esperimenti.

Il contenuto della dissertazione è molto ampio, spazia dalla geometria all'algebra ed alla trigonometria, dalla meccanica alla fisica dei gas ed all'ottica di Newton ed alla verifica di alcuni esperimenti di chimica compresi quelli ormai classici di Lavoisier. Il livello è sicuramente superiore a quello di studio dei primi anni della nostra Università, rapportato alle conoscenze del tempo.

In particolare assai vasto è il programma della fisica che coinvolgeva anche gli aspetti, allora noti, della chimica.

Erano quelli gli anni della crescita della chimica e del suo sviluppo a disciplina autonoma con l'applicazione del metodo empirico-galileiano e con il trionfo della misura. Pochi anni erano trascorsi dai classici studi sui gas di J.L. Gay-Lussac, H. Cavendish e J. Priestley e dalle teorie di A.L. Lavoisier pubblicate nel suo Trattato elementare di Chimica, che è da considerarsi il primo testo moderno di chimica con una visione unitaria della conoscenza di questa disciplina.

Il saggio appare estremamente aggiornato e moderno perché vengono riportati argomenti di grande attualità per quel tempo e relativi alle scoperte più recenti.

Pochi anni prima il chimico inglese O.H. Davy aveva studiato l'elettrolisi dell'acqua (Ann Chem, 63, 167, 1800) ed aveva applicato la corrente elettrica alla scissione di composti ed all'isolamento di metalli alcalini ed alcalino terrosi (Phil. Trans. 1, 1808) formulando la sua teoria elettrochimica (Phil. Trans. 1, 1807) mentre il francese Gay-Lussac aveva enunciato le ben note leggi sui volumi di combinazione dei gas (Memoires de la Société d'Arcueil 2, 207, 1808).

Lo stesso Gay-Lussac e L.J. Thenard avevano portato importanti contributi alla chimica del cloro e dell'acido cloridrico (Memoires de la Société d'Arcueil, 2, 339, 1808) ed a Gay-Lussac si deve la scoperta del cianogeno (Ann. de Chim. 95, 156, 1815), che, pur essendo un composto inorganico, resta al confine fra la chimica inorganica ed organica.

Il comportamento del cianogeno come elemento (fu fin d'allora notata la sua analogia con gli alogeni) giovò non solo alla conoscenza dei derivati del cianogeno,

1913

1503

BIBL. NUOVA 1823

SAGGIO PUBBLICO
DI
MATEMATICA, E FISICA
DEDICATO
A SUA EMINENZA REVERENDISSIMA
IL SIGNOR CARDINALE
CESARE BRANCADORO
ARCIVESCOVO, E PRINCIPE DI FERMO
DA ALCUNI ALUNNI
DEL FERMANO ATENEO
IN ATTESTATO
DI PROFONDO RISPETTO, E GRATITUDINE.



FERMO
DAI TORCEJ DEL PACCASASSI
CON APPROVAZIONE.
MDCCCXX.

Tavola III

come lo stesso acido cianidrico ed i cianuri, ma anche allo sviluppo delle teorie dei radicali in chimica organica.

Nel saggio compaiono questi ed altri argomenti, sia di carattere accademico e filosofico come quello sul calorico, sia di carattere pratico e tecnico come quello relativo alle acque minerali ed alle analisi delle stesse.

In conclusione il saggio è assai vasto e prevedeva non solo una preparazione assai accurata da parte degli alunni (ed ovviamente dei docenti e degli estensori dei testi) ma anche un notevole stato di aggiornamento sugli sviluppi della scienza.

In questo contesto giocarono un ruolo importante sia la Biblioteca civica di Fermo, sia le società letterarie o Accademie nate nei secoli precedenti ed ancora vivaci all'inizio del 1800, prima della loro cessazione parallela a quella dell'università.

Fra queste la Colonia Albriziana, derivata dalla Società letteraria Albriziana, istituita a Venezia nel 1724 da Almaro Albrizi, stampatore e libraio veneto. La Stamperia Albrizi fu la prima nel mondo a pubblicare e diffondere settimanalmente gli estratti ed i riassunti dei libri da loro e da altri stampati: l'interesse per il «Reader's digest», sia dal punto di vista culturale che commerciale, nasce in quel periodo.

Fu lo stesso Albrizi a venire a Fermo nel 1731 per fondarvi la colonia nel Collegio dei Gesuiti, raccogliendo in essa tutti i cultori dei nuovi studi universitari e religiosi dell'epoca.

La modifica e l'aggiornamento così rapido dei testi di studio a Fermo può essere spiegata dall'esistenza «in loco» di una stamperia attenta e preparata e da una Biblioteca che nel 1700 era seconda solo a quella dei Domenicani di Bologna.

In conclusione il saggio rappresenta uno spaccato di vita universitaria del primo ottocento e mostra un rigore ed una serietà di svolgimento di piacevole lettura.

BIBLIOGRAFIA

- Saggio Pubblico di Matematica e Fisica*, Tipografia Paccaossi, Fermo 1820.
- BARTOLOMEO GODELLA, «L'università di Fermo», Roma, 1824.
- VINCENZO CURI, *Le Accademie di Fermo*, Società Storico-Archeologica delle Marche in Fermo, Stab. Tipografico Bachiet, 1877.
- *L'Università degli studi di Fermo*, Aureli Stampatore, Ancona 1880.
- LEIGE VINCI, *Delle Accademie nella città di Fermo*, Ascoli Piceno, 1906.
- JAMES R. NEWMAN, *The World of Mathematics*, Simon and Schuster, New York, 1956.
- AARON J. HIDE, *The Development of Modern Chemistry*, Dover Publication Inc., New York, 1964.
- RICHARD S. WESTFALL, *Never at Rest. A Biography of Isaac Newton*, Cambridge University Press, Cambridge 1980.
- CARL B. BOYER, *A History of Mathematics*, Princeton University Press, Princeton, New Jersey, 1985.
- LETIZIA ANTONI, ALBERTO BRECCIA FRATADOCCHI, *Storia dell'Antica Università di Fermo*. Lo Scarabeo, Bologna, 1991.
- Dissertazione Scientifica tenuta nell'Antica Università di Fermo nel 1820*, a cura di Roberto Badello ed Alberto Breccia, Lo Scarabeo, Bologna, 1991.

FERRUCCIO RIZZUTI (*)

«Etudes sur les affinités chimiques» di C.M. Guldberg e P. Waage. Una lettura storica di un concetto fondante del pensiero chimico (**)

Summary - The law of chemical equilibrium was proposed for the first time in 1867 by C.M. Guldberg e P. Waage, two norwegian scientist, a mathematician and a chemist. They worked for a long time looking into a new way to measure the forces between substances during a reaction.

We want to consider how the research chemists in 1867 change the point of view about the concept of "Affinité" and how they explained why all substances react and undergo changes by coming into contact with other. We want also to confront the way used now to introduce the law of the chemical equilibrium in the chemistry textbooks with the original paper.

1.1 INTRODUZIONE

Il presente lavoro nasce da una riflessione sul modo più adeguato per introdurre il concetto di equilibrio in curriculum scolastico utilizzando la fonte diretta: il lavoro originale di Guldberg e Waage, in cui per la prima volta venne formalizzata la legge di azione di massa. L'intento è stato quello di notare come nell'opera sugli Studi delle affinità chimiche, pubblicata in francese nel 1867,¹ era presentata la legge di azione di massa, e quali considerazioni venivano svolte per arrivare alla determinazione della costante di equilibrio. Infatti, è quanto mai formativo per gli adolescenti essere posti davanti alle «verità scientifiche» con la constatazione del loro relativismo e della loro storicità.

1.2 Primo incontro col problema dell'equilibrio

La prima volta che lessi qualcosa sull'argomento fu quando, studente, preparai l'esame di chimica generale sul testo del Prof. Lamberto Malatesta.² In queste

(*) SCI Calabria, Gruppo Ricerca Didattica Chimica.

(**) Relazione presentata al IV Convegno Nazionale di «Storia e Fondamenti della Chimica» (Venezia, 7-9 novembre 1991).

¹ C.M. GULDBERG e P. WAAGE, *Etudes sur les affinités chimiques*, Chromia, 1867.

² L. MALATESTA, *Chimica generale*, Giunti Ed. Milano 1967, pag. 248-249.

pagine si può leggere, infatti, che il concetto di equilibrio chimico viene presentato utilizzando considerazioni cinetiche, sulla velocità delle due reazioni, quella diretta e quella inversa. L'equilibrio chimico viene presentato come quello stato che corrisponde all'uguaglianza delle velocità di trasformazione delle specie chimiche interagenti, in relazione alle concentrazioni che determinano tale uguaglianza. Definita la relazione tra velocità e concentrazione con un rapidissimo passaggio matematico si giunge alla espressione dello stato di equilibrio.

«Il valore della costante di equilibrio K della reazione è uguale al rapporto delle due costanti di velocità della stessa reazione considerata una volta da sinistra a destra e una volta da destra a sinistra».¹ Un breve corsivo avverte subito dopo il lettore che «l'esempio su cui ci si è basati per la dimostrazione è particolarmente favorevole poiché le due reazioni, diretta e inversa, sono entrambe dell'ordine corrispondente all'equazione stechiometrica. In altri casi, la dimostrazione per questa via diventa assai complicata; si arriva allo stesso risultato per mezzo di una dimostrazione termodinamica rigorosa che non è argomento della trattazione».²

Il povero studente, soprattutto se alle prime armi, è fin dall'inizio sistemato. A questo punto del suo studio, dovrebbe già possedere delle conoscenze tali da riuscirci ad operare, concettualmente, una distinzione tra ordine di reazione e molarità di una reazione: dovrebbe possedere, anche, conoscenze adeguate per comprendere la distinzione tra massa attiva e concentrazione.³ Il povero malcapitato studente, a questo punto, dovrebbe poter fare buon viso a cattivo gioco e tentare di apprendere quella nozione cercando più tardi di darsi una ragione di molti fatti, quando il suo bagaglio culturale sarà più ampio. Non sempre, infatti, la formazione culturale, acquisita nei livelli di scolarità precedenti, è tale da consentire lo studio della chimica, in modo adeguato, sin dal primo momento. Il ricordo di quei momenti mi ha, in seguito, sempre tormentato; è stato un fattore di stimolo per la ricerca di maggiori chiarimenti. Continuando nella lettura del testo di chimica del Prof. Malatesta si può trovare, nel tentativo di rendere ancora più esplicita la spiegazione del concetto sull'equilibrio chimico la seguente affermazione: «generalizzando, in un sistema chimico allo stato di equilibrio e a temperatura costante, il quoziente tra il prodotto delle concentrazioni delle sostanze formate e il prodotto delle concentrazioni delle sostanze reagenti è una costante che si chiama «costante di equilibrio». «Quindi data una qualunque reazione $aA + bB = cC + dD$

$$\text{vale} \quad K = \frac{[C]^c [D]^d}{[A]^a [B]^b}$$

«Questa espressione rappresenta la legge di Guldberg e Waage (1867) detta di azione di massa; (essa) è valida per tutti i sistemi e può essere dotata mediante rigorose dimostrazioni termodinamiche».⁴ A questo punto, e il ricordo è ancora vivo, lo «sprovveduto» studente si trova una nota, in cui viene detto che «la

¹ L. MALATESTA, *ibidem*.

² L. MALATESTA, *op. cit.*, pag. 248.

³ P. LIZZA e M.G. MANDO, «Chimica nella Scuola», 3 Nov. 1989, pag. 16.

⁴ L. MALATESTA, *op. cit.*, pag. 249.

formulazione originaria di questa legge afferma che la «forza agente» tra A e B è proporzionale alle «masse attive» di A e di B ed analogamente la «forza agente» tra C e D alle «masse attive» di C e D. All'equilibrio le due forze agenti si eguagliano. Benché il concetto di «forza agente» e «massa attiva» fosse più lasciato all'intuizione che definito, tuttavia l'enunciazione di questa legge costituì la pietra miliare per il successivo trattamento dell'equilibrio chimico.⁷ Come si può notare non sempre le buone intenzioni raggiungono lo scopo. Per me, da studente, quelle parole procurarono maggiore confusione e dubbi e rimasero a lungo impresse nella memoria soprattutto, quando ho scelto di insegnare: il concetto di equilibrio chimico è certamente difficile da trasmettere, arduo da apprendere.

1.3 *Insegnamento del concetto di equilibrio chimico*

Quali sono le prospettive per un insegnante che voglia superare tali asperità e voglia fornire una formulazione attendibile dei concetti chimici, tenendo conto del loro sviluppo storico, della loro correttezza formale, in relazione allo sviluppo cognitivo degli studenti nelle diverse fasce di età. Contemperare le esigenze di fornire un contenuto disciplinare esatto con un metodo didattico efficace è abilità rara, ed i tentativi per potenziare queste competenze sono indice di un'alta capacità professionale. I diversi approcci al problema didattico di illustrare l'equilibrio contenuti nei libri di testo in uso nelle scuole è stato analizzato in dettaglio dal Prof. Paolo Mironi.⁸

Di recente il gruppo di Ricerca Didattica Chimica di Genova coordinato dal Prof. Aldo Borsese ha affrontato il problema, mediante la programmazione curriculare e l'utilizzo delle Gerarchie di Apprendimento di Gagné, nel corso di un convegno tenutosi a Genova il 25-28 Ottobre 1988. In quella sede, come riferito anche nella nota comparsa su *Chimica nella scuola*,⁹ il Prof. Nicolini ha sostenuto che nemmeno il procedimento seguito da Guldberg e Waage per arrivare alla prima formulazione della legge di azione di massa è didatticamente trasferibile nella classe «tout court». D'altra parte proprio Aldo Borsese e Rinaldo Cervellati¹⁰ avevano richiamato l'attenzione sul fatto che la legge di azione di massa, può anche essere enunciata e formalizzata sulla base di osservazioni macroscopiche, relative alla costanza delle concentrazioni dei reagenti e dei prodotti, in un sistema che ha raggiunto l'equilibrio ad una certa temperatura. Data, quindi, la complessità dell'argomento è venuto quasi d'obbligo un contatto diretto con il testo originale. Anche se può risultare più complesso, dal punto di vista didattico, presentare il concetto dell'equilibrio chimico con un approccio di tipo storico, ciò non di meno ha il fascino di una esplorazione di un mondo nuovo, una osservazione senza filtri interpretativi e schemi mentali precostituiti, che potrà consentire agli stessi studenti di osservare come la scienza sia un complesso di concetti in evoluzione, più che un

⁷ L. MALATESTA, *op. cit.*, pag. 248.

⁸ P. MIRONI, *Il testo di chimica per la scuola secondaria superiore, contenuti e criteri di scelta*, CNR - Progetto Strategico «Tecnologie e Innovazioni Didattiche», Montagnani, Modena, 1986.

⁹ M. BAZZONI, *Chimica nella Scuola*, n. 1-2 1990, pag. 45.

¹⁰ A. BORSESE e R. CERVELLATI, «Chimica nella Scuola», n. 5 1988, pag. 6.

sistema cristallizzato e immutabile raccolto in un complesso di frasi da ripetere a memoria ad una interrogazione o ad un esame.

2 ANALISI DEL TESTO «ÉTUDES SUR LES AFFINITÉS CHIMIQUES»

2.1 *Struttura dell'opera*

Già nel primo contatto con il frontespizio dell'opera ci si rende conto di alcuni aspetti significativi.

Cato Maximilian Guldberg (1836-1902) e Peter Waage (1833-1900), riferiscono dei loro studi sulle affinità chimiche e il libro costituiva il programma della Università Reale di Norvegia per il primo semestre del 1867. Dei due autori, C.M. Guldberg era allora Professore di matematica applicata alla Scuola Reale di Artiglieria e del Genio di Norvegia mentre P. Waage era Professore di chimica e direttore del laboratorio di chimica all'Università Reale di Norvegia. L'opera si divide in tre parti. Nella prima parte i due autori affrontano i nodi teorici dell'affinità chimica. Nel 1861, all'inizio del loro studio sull'affinità chimica Guldberg e Waage pensavano che fosse possibile trovare dei valori numerici per esprimere la grandezza delle forze chimiche.¹¹

A quel tempo, infatti, oltre alla teoria di Bergman formulata nel 1775 e quella di Berthollet sviluppata tra il 1801 e il 1803,¹² ma non c'era una teoria completa dell'affinità chimica, capace di dar conto della reattività delle varie sostanze in tutte le reazioni chimiche allora note.¹³ Guldberg e Waage pensavano che fosse possibile trovare qualche elemento o qualche combinazione chimica, che permettesse loro di ricavare, per confronto con altri similmente a come avvenne per il peso atomico, dei valori per le affinità chimiche.¹⁴ Gli sforzi iniziali furono quindi dedicati alla dimostrazione della necessità di affrontare lo studio delle affinità chimiche, analizzando le condizioni dello stato di equilibrio che si instaura tra le forze delle sostanze nel corso di una reazione. Nel corso dello studio furono considerati anche altri possibili fattori che possono avere influenza nell'andamento della reazione, tra cui la massa delle sostanze. La seconda parte, quella sperimentale, contiene la spiegazione delle esperienze condotte per studiare l'azione dei sali insolubili su quelli solubili e l'azione degli acidi sui metalli. Le reazioni di equilibrio venivano studiate tenendo conto delle condizioni in cui potevano avere influenza il tempo, le masse, la temperatura, la presenza di corpi estranei.

Per il primo gruppo di reazioni (reazioni di decomposizione del solfato di bario ad opera del carbonato di potassio) furono eseguite 287 prove ripartite in 30 serie. I risultati sono stati riportati in 8 grafici esplicativi. Per lo studio dell'equilibrio chimico, mediante l'azione degli acidi sui metalli, sono state eseguite 1866 prove raggruppate in 81 serie e furono elaborati 24 grafici esplicativi. Sulla base

¹¹ C.M. GULDBERG e P. WAAGE, *op. cit.*, pag. 74.

¹² C.L. BERTHOULET, «Annales de Chimie», p. 153, An. IX.

¹³ C.M. GULDBERG e P. WAAGE, *op. cit.*, pag. 2.

¹⁴ C.M. GULDBERG e P. WAAGE, *op. cit.*, pag. 74.

delle prove sperimentali Guldberg e Waage riescono a ricavare un metodo di calcolo per spiegare i fenomeni chimici nelle reazioni allo stato di equilibrio, che provarono a verificarne la validità, calcolando in via teorica i risultati di alcune ottenute per via sperimentale da altri autori.

Nella terza parte dell'opera, infatti, sono descritte le applicazioni della loro teoria a cinque casi diversi, con lo studio di reazioni quali la formazione di eteri, l'azione del carbonato di potassio e del cromato di bario o quello dell'acido carbonico sugli idrossidi di calcio e di bario, e dell'azione dell'acido silicico e del carbonato di sodio. Alcuni aspetti sono subito evidenti, anche ad una rapida lettura: la mancanza di una formula dell'equilibrio per come ogni studente impara presto a conoscere come la legge di azione di massa di Guldberg e Waage; la quantità rilevante di dati sperimentali riportati e di grafici.¹⁵

2.2 Il problema dell'affinità chimica

Scriveva nel 1864 Lothar Meyer nelle conclusioni del suo libro sulle teorie moderne della chimica che «se tutti questi segni non falliscono dobbiamo considerare come assai prossima la comparsa di una teoria cinetica dell'affinità, se si riesce, come dobbiamo sperare a considerare l'essenza propria della elettricità come forma particolare di movimento».¹⁶ I motivi per cui le sostanze tendono a combinarsi a riarrangiarsi ed a scomporsi o l'una a sostituire l'altra nei propri composti rimanevano alquanto oscuri, al tempo in cui Guldberg e Waage iniziarono il loro studio. D'altra parte incominciavano ad assumere maggiore rilevanza le reazioni che sembravano non arrivare ad un compimento, ma che si arrestavano ad un limite, in cui si aveva la contemporanea presenza delle specie chimiche interessate alla reazione, in una sorta di equilibrio, che sembrava a molti dovesse dipendere dalle condizioni in cui la reazione aveva luogo. I chimici si trovavano a spiegare la reattività delle sostanze con la teoria dell'affinità di Bergman, che spiegava i fenomeni in termini di attrazione che i corpi esercitano gli uni sugli altri, la cui grandezza può essere espressa da numeri determinati. I diversi corpi possono infatti presentare delle diverse attrazioni. Se il corpo A ha una attrazione più grande del corpo B che per il corpo C, il corpo B sposterà C dalla sua combinazione con A.

Bergman aveva elaborato, sulla base di questa idea, delle tavole di affinità per le varie sostanze.

Qualche anno più tardi il chimico francese Berthollet aveva formulato una diversa teoria dell'affinità contraria a quella di Bergman, in cui era affermato che tutti i corpi hanno dell'affinità gli uni per gli altri. Egli affermava che la grandezza dell'affinità è differente per i diversi corpi e dipende dalla «Cohésion» (l'insolubilità) e dalla «Volatilité» (l'elasticità dei gas). Inoltre precisava che i gas non reagiscono, l'uno su l'altro se non quando le loro particelle più piccole non sono che a

¹⁵ C.M. GULDBERG e P. WAAGE, *op. cit.*, a pag. 68 c'è un riferimento significativo per compiere i valori della densità in una miscela mediante una formula di interpolazione grafica ad un lavoro precedente di C.M. GULDBERG, *Sur la densité des mélanges*, Forhandlinger ved de Skandinaviske Naturforskeres øndes Møde, 1861.

¹⁶ LOTHAR MEYER, *Les Théories Modernes de la Chimie*, Paris 1887.

contatto intimo, che l'azione chimica d'un corpo su un altro dipende dall'affinità e dalle quantità dei due corpi, e che un corpo si sottrarrà all'azione chimica tutte le volte che esso precipita allo stato insolubile o quando prende la forma gassosa.¹⁷

2.3 Lo studio dell'equilibrio

Nel tentativo di trovare un metodo adeguato per determinare la grandezza dell'affinità delle sostanze Guldberg e Waage orientarono la loro ricerca verso la determinazione di valori numerici per la misura delle forze chimiche all'origine delle combinazioni e delle reazioni. Per fare questo si mossero nell'ambito di una statica chimica, in cui uno stato di equilibrio si instaura tra le forze agenti di tutti i corpi presenti nella reazione. Una serie di fatti sperimentali nuovi, quali le esperienze di Regnault,¹⁸ sull'azione dei metalli ed il vapore d'acqua oppure le reazioni di formazione e di idrolisi degli eteri, li stimolò a supporre che «il risultato di una reazione chimica non dipendesse solamente dall'affinità dei corpi agenti, ma che ci fossero altri fattori che esercitano una grande influenza su questi risultati».¹⁹

L'orizzonte culturale e scientifico era quello deterministico della meccanica newtoniana, in cui Guldberg-Waage si erano formati. Infatti, scrivevano che «in chimica come nella meccanica, bisognava studiare le forze dal loro effetto». «Ma sembra tuttavia esserci una grande differenza tra le forze meccaniche e le attrazioni chimiche».²⁰

Questo era anche lo spirito che animava Berzelius, quando scriveva che «tous les effets naissent de causes ou sont produits par des forces; ces derniers, (semblables aux désirs) tendent à se mettre en activité et à se satisfaire, pour arriver à un état de repos».²¹

Una reazione veniva vista come un insieme di forze di attrazione che le specie chimiche esercitano le une sulle altre, in modo che la nuova combinazione chimica sia quella risultante dall'equilibrio tra le forze di attrazione esercitate a quella temperatura. Pertanto «Dans la chimie comme dans la mécanique, la méthode la plus naturelle sera de déterminer les forces dans leur état d'équilibre».²² Le reazioni parziali furono pensate come delle reazioni incomplete nelle due direzioni, in cui potevano avere luogo contemporaneamente, sia le reazioni di addizione, che quelle di divisione o quelle di sostituzione e di rigenerazione.

Ma nella seconda metà del 1800 gli studi di Regnault, Malaguti, Marignac sui sali silicotungstenici, quelli di Deville sul fenomeno della dissociazione, oltre quelli sulla formazione degli eteri avevano messo in discussione le teorie sull'affinità chimica sia quella di Bergman che quella di Berthollet. Cominciava a prendere forma l'idea che in una reazione, ad una determinata temperatura, bisognava considerare non solo la forza di attrazione di una specie su un'altra ma, una forza costante che

¹⁷ C.L. BERTHOULET, *Essai de Statique chimique*, Demouville e Socius, Parigi 1803.

¹⁸ H.V. REGNAULT, «Ann. de Chimie et de Physique», tome 62.

¹⁹ C.M. GULDBERG e P. WAAGE, *op. cit.*, pag. 3.

²⁰ C.M. GULDBERG e P. WAAGE, *op. cit.*, pag. 4.

²¹ J.J. BERZELIUS, *Traité de chimie*, trad. 1851, t. III, pag. 527, citato da G. BACHELARD, *Le pluralisme cohérent de la Chimie Moderne*, Vrin, Paris, 1973 pag. 52.

²² C.M. GULDBERG e P. WAAGE, *op. cit.*, pag. 6.

risulta essere la componente di tutte le forze di attrazione agenti nel corso della reazione. Questa costante i due autori la chiamavano coefficiente di affinità.²¹

Nel loro lavoro Guldberg-Waage puntarono l'attenzione sulle reazioni di sostituzione, soprattutto quelle in cui il calore liberato era zero, per esempio la reazione tra il carbonato di potassio e il carbonato di bario.²² Nelle reazioni di doppia sostituzione prese in considerazione, in cui «due corpi A e B si trasformano in due corpi nuovi A' e B' e questi a loro volta, nelle stesse condizioni possono trasformarsi in A e B, allora né la formazione di A' e B' né la rigenerazione di A e B sarà completa e alla fine della reazione si avrà sempre la presenza contemporanea di quattro corpi A, B, A', B' e «la forza che produce la formazione di A' e B' sarà equilibrata dalla forza che produce la formazione di A e B».²³

Affermano Guldberg-Waage che «la forza che produce la formazione di A' e B' si accorda proporzionalmente al coefficiente di affinità per la reazione $A + B = A' + B'$ ma dipende inoltre dalle masse di A e di B. Abbiamo dedotto dalle nostre esperienze che la forza è proporzionale al prodotto delle masse attive dei corpi A e B».²⁴ Il concetto di massa attiva di un corpo era stato introdotto da Guldberg-Waage, con scopo di dimostrare l'analogia che le forze chimiche hanno con quelle meccaniche. Queste agiscono a distanza molto piccola e non creano accumulazione di atomi ma semmai una disposizione determinata di essi. «La sfera con raggio uguale alla distanza del nucleo al di fuori della quale l'effetto della forza è insensibile viene chiamata sfera di attrazione o sfera di azione, la cui grandezza non può essere determinata in valore assoluto». «Ma fortunatamente è sufficiente conoscerne la grandezza relativa scegliendo un volume arbitrario per esempio 1 cm³ e che pertanto la quantità di un corpo che si trova in 1 cc del volume totale viene chiamata la massa attiva del corpo».²⁵ Guldberg - Waage designano le masse attive di A e B con p e q e il coefficiente di affinità con k e ricavano una espressione per la forza = $k p q$.²⁶

Se nello stesso modo si calcola la forza per la reazione inversa si può trovare che la forza sarà $k'p'q'$. All'equilibrio le due forze si equivalgono: $k p q = k' p' q'$ «e di conseguenza determinando le masse attive p, q, p', q' attraverso delle prove sperimentali si potrà trovare il rapporto tra i coefficienti di affinità k e k' ».²⁷

Infatti, «viene più oltre sostenuto che una volta trovato il rapporto tra i coefficienti di affinità k/k' , questo consente di poter calcolare in anticipo il risultato di una reazione per qualunque stato iniziale dei quattro corpi. I nostri due autori riescono così a determinare un sistema di equazioni di equilibrio tra le forze che mettono in relazione i corpi impegnati in una reazione vicendevolmente. Ma sembra più importante ad un certo punto considerare in dettaglio le forze di attività che si manifestano nel corso della reazione».²⁸

²¹ C.M. GULDBERG e P. WAAGE, *op. cit.*, pag. 6.

²² C.M. GULDBERG e P. WAAGE, *op. cit.*, pag. 4.

²³ C.M. GULDBERG e P. WAAGE, *op. cit.*, pag. 4.

²⁴ C.M. GULDBERG e P. WAAGE, *op. cit.*, pag. 6.

²⁵ C.M. GULDBERG e P. WAAGE, *op. cit.*, pag. 4.

²⁶ C.M. GULDBERG e P. WAAGE, *op. cit.*, pag. 6.

²⁷ C.M. GULDBERG e P. WAAGE, *op. cit.*, pag. 7.

²⁸ C.M. GULDBERG e P. WAAGE, *op. cit.*, pag. 8.

La risultante delle forze di affinità è rappresentata dal coefficiente di affinità, «quando il coefficiente di affinità è zero o è negativo non ha luogo alcuna reazione e d'altra parte si può concludere che la reazione non potendo avere luogo, il coefficiente d'affinità è uguale a zero, supponendo di avere una soluzione diluita fino al punto di avere le molecole di A e di B al di fuori delle sfere d'azione si dovrà trovare che la reazione necessariamente non ha luogo». ¹¹ Ma nella sfera d'azione possono anche essere presenti delle altre specie chimiche considerate come corpi estranei ma che intervengono con le loro forze di attrazione ad accelerare o a rallentare la reazione tra A e B. È verosimile pensare che le forze di affinità siano della stessa natura e quindi seguano la stessa legge. La forza risultante di tutte queste forze è una forza totale che produce la reazione tra A e B. ¹²

Esiste una differenza tra i coefficienti d'affinità e quelli d'azione poiché questi ultimi sono molto più piccoli e al più possono ostacolare ma non del tutto la reazione per cui da A e B si possono formare A' e B' anche se in modo più limitato. In un sistema con un corpo estraneo si origina una condizione di equilibrio tra le due forze totali: l'equazione che esprime l'equilibrio tra le sue forze permette di determinare i coefficienti di affinità e i coefficienti d'azione. ¹³

I due autori rimandano alla terza parte l'analisi dei sistemi chimici in cui studiare la composizione dei coefficienti d'azione. Ma la considerazione sul tipo di sistema in cui ha luogo la reazione porta ad una nuova grandezza incognita costituita dalla massa attiva di un corpo solido, ma Guldberg-Waage confidavano di poterla determinare sperimentalmente. La massa attiva di un corpo come si è già detto si può trovare dividendo la quantità assoluta del corpo per il volume totale della «dissoluzione». ¹⁴

Dopo avere sviluppato tutte le considerazioni sull'equilibrio chimico da un punto di vista statico, nell'ottavo paragrafo viene per la prima volta l'idea che le reazioni abbiano luogo in un tempo più o meno lungo. Non è possibile che una reazione chimica possa avere luogo istantaneamente, anche se il tempo reale è veramente breve. ¹⁵

Anche le reazioni in cui sono implicati dei corpi solidi, come i precipitati che possono formarsi da soluzioni, avvengono in un tempo sensibile la cui durata è differente nelle diverse reazioni e si sarebbe potuto trovare in questo modo un mezzo per determinare la grandezza dell'affinità. «Una dinamica chimica basata sullo studio delle velocità di reazione sembra più feconda di una statica chimica basata sullo studio delle forze ma le considerazioni sui corpi solidi, la grandezza degli atomi introduce nuove incognite e l'applicazione della velocità per misurare la forza totale è ancora incerta ed esige precauzioni particolari». ¹⁶

¹¹ C.M. GULDBERG e P. WAAE, *op. cit.*, pag. 8.

¹² C.M. GULDBERG e P. WAAE, *op. cit.*, pag. 8.

¹³ C.M. GULDBERG e P. WAAE, *op. cit.*, pag. 9.

¹⁴ C.M. GULDBERG e P. WAAE, *op. cit.*, pag. 9.

¹⁵ C.M. GULDBERG e P. WAAE, *op. cit.*, pag. 10.

¹⁶ C.M. GULDBERG e P. WAAE, *op. cit.*, pag. 11.

2.4 I dati sperimentali delle loro esperienze

Guldberg e Waage cercavano di individuare un altro metodo per la determinazione della grandezza dell'affinità, diverso da quello che prevedeva la misura del calore che viene scambiato nel corso di reazioni e prendono in considerazione quelle reazioni nel corso delle quali il calore liberato è uguale a zero. Per questo motivo studiano la reazione di equilibrio tra il carbonato di potassio e il solfato di bario. Nella reazione che porta alla formazione del solfato di potassio e del carbonato di bario, a qualunque temperatura la quantità di calore che si libera è, a loro dire «necessariamente uguale a zero, e il tipo di reazione non potrebbe essere spiegata solo sulla base delle teorie chimiche del calore».¹⁷ La reazione di decomposizione del solfato di bario ad opera del carbonato di potassio avviene in modo lento, alla fine si ha la presenza di tutte le specie, sia come sali solubili che insolubili, le cui proporzioni relative dipendono dalla temperatura, dalla massa dei corpi iniziali e dalla presenza di corpi estranei.

Guldberg e Waage eseguono numerose serie di reazioni in cui studiano l'influenza di diversi parametri come il tempo, la massa, la temperatura, i corpi estranei sulla velocità di decomposizione del solfato di bario. Le prove venivano eseguite aggiungendo quantità diverse di carbonato di potassio al solfato di bario o viceversa in flaconi di vetro o di argento, per evitare che i carbonati di potassio attaccassero il vetro durante il trattamento a caldo. I flaconi della misura di 40-50 mm di diametro e di 70 mm di altezza che venivano messi in rudimentali bagni termostatici alla temperatura di 4°, 15°, 100°C per intervalli di tempo controllati, da poche ore a intere giornate. I flaconi venivano chiusi con un tappo forato attraverso cui passava un tubo di vetro di circa 70 cm con le estremità tirate a capillare, che fungeva da refrigerante. Guldberg e Waage hanno anche misurato la perdita di acqua per evaporazione delle soluzioni a 100°C ed hanno trovato che in 9 ore la perdita di acqua era solo di 0,052 gr. Dopo che l'equilibrio veniva raggiunto nel tempo predisposto e nelle condizioni volute, il contenuto dei flaconi veniva filtrato alla stessa temperatura a cui era stata condotta l'esperienza. Sul filtro dopo il lavaggio rimanevano i sali insolubili di solfato di bario e di carbonato di bario nelle proporzioni che dipendevano dalle condizioni in cui era stato raggiunto l'equilibrio. Il carbonato di bario veniva solubilizzato per aggiunta di acido cloridrico, su questa soluzione il bario veniva determinato per successiva precipitazione mediante aggiunta di acido solforico, dopo lavaggio e calcinazione veniva pesato come solfato. Il solfato di bario, invece, che rimaneva sul filtro, dopo lavaggio e calcinazione, anch'esso veniva pesato. Si avevano così le due frazioni che esprimevano percentualmente la quantità delle specie presenti all'equilibrio.¹⁸

Lo studio dell'equilibrio mediante l'azione dell'acido sui metalli veniva condotto facendo agire un eccesso di acido su dei cilindretti di metallo in appositi contenitori che permettevano la raccolta dell'idrogeno che si sviluppava e la sua misura. Anche in questa serie di esperienze si considerava l'influenza dovuta al tipo di metallo usato, al tempo in cui si raggiungeva l'equilibrio, la massa e il corpo

¹⁷ C.M. GULDBERG e P. WAAGE, *op. cit.*, pag. 13.

¹⁸ C.M. GULDBERG e P. WAAGE, *op. cit.*, pag. 15.

estraneo.³⁹ Le prove erano eseguite con zinco e acido solforico a 0°, 18°, 35°C, anche in presenza di solfato di zinco. Sono state prese in considerazione anche la forma e la dimensione del metallo e il tipo di acido usato.

2.5 Le applicazioni della teoria

Nella terza parte Guldberg e Waage tentarono di verificare la fondatezza della loro teoria applicandola allo studio di reazioni riportate nella letteratura del tempo.

La prima serie di esperienze che presero in considerazione è costituita dalle reazioni che portano alla formazione degli eteri studiati di Berthelot e Pean de Saint Giles.⁴⁰ Questo tipo di reazione rappresentava un caso di equilibrio in un sistema non omogeneo, l'etere, infatti, non si mescola con l'acido. La formazione di eteri per l'azione di un acido su un alcool era già nota da tempo; ma il fatto che l'alcool e l'acido potessero essere rigenerati per decomposizione dell'etere con l'acqua era una reazione che incominciava ad essere studiata relativamente da poco tempo. La scelta era dovuta a diversi motivi:

- la reazione avveniva in modo lento e progressivo
- la combinazione non era completa.

La quantità di etere che si formava tendeva ad un limite fissato, che non dipendeva dalla temperatura.⁴¹

Una seconda serie di reazioni era quella dell'azione dei carbonati alcalini sul solfato di bario. Guldberg e Waage scelsero opportunamente le reazioni, per altro alcune già riportate nella parte sperimentale, in modo tale da avere un sistema molto simile a quello usato da Faustino Malaguti,⁴² che aveva lavorato con il carbonato di potassio e il cromato di bario.

La terza serie di reazioni riguardavano l'azione dell'acido carbonico sull'idrossido di calcio e su quello di bario; questi sistemi furono studiati da Debus.⁴³

Nella quarta serie di esperienze è stato riportato il lavoro che Scheerer,⁴⁴ che aveva eseguito usando l'acido silicico e il carbonato di sodio, con l'intento di determinare gli equivalenti del primo.⁴⁵

Infine, per studiare l'azione degli acidi sui metalli Guldberg e Waage considerarono le esperienze di Calvert e Johnson,⁴⁶ i quali avevano studiato l'influenza di tipi diversi di piombo per l'azione di 50 cc di acido solforico su una superficie di 30 centimetri.⁴⁷ Dal confronto tra i dati osservati e quelli calcolati, che pure manifestavano una leggera differenza, che Guldberg e Waage attribuirono al fatto di avere trascurato la presenza di sali formati durante la reazione e dei loro relativi

³⁹ C.M. GULDBERG e P. WAAGE, *op. cit.*, pag. 23.

⁴⁰ M. BERTHELOT - L. PEAN DE SAINT-GILES, *Annales de chimie et de physique*, 1862.

⁴¹ C.M. GULDBERG e P. WAAGE, *op. cit.*, pag. 53.

⁴² F. MALAGUTI, *Annales de Chimie et de Physique*, 1857.

⁴³ H. DEBUS, *Annales der Chemie und Pharmacie*, 1863.

⁴⁴ A.N. SCHEERER, *Annales der Chemie und Pharmacie*, Bd. CXVI.

⁴⁵ C.M. GULDBERG e P. WAAGE, *op. cit.*, pag. 64.

⁴⁶ CALVERT e JOHNSON, *Erman's Journal*, 1864.

⁴⁷ C.M. GULDBERG e P. WAAGE, *op. cit.*, pag. 68.

coefficienti d'azione, ricavarono la convinzione che con buone probabilità la loro teoria fosse valida.⁴⁸

3 L'OPERA E IL SUO TEMPO

3.1 I problemi aperti della chimica nel 1860

Molti erano i problemi aperti della scienza chimica nel 1861, che ormai veniva affermandosi come una scienza a se stante. Per rendersi conto degli aspetti ancora molto dibattuti tra i chimici basta un solo esempio molto interessante e significativo che li contiene tutti: la lettera, inviata ai più eminenti chimici del momento, per invitarli a partecipare al congresso di Karlsruhe.⁴⁹ La lettera, datata 10 Luglio 1860, annunciava la convocazione di un incontro, ai più alti livelli, per tentare, attraverso una paziente discussione, di trovare un accordo sui seguenti principali punti:

- a) una più precisa definizione del concetto di atomo, molecola, equivalente,
- b) discussione sugli equivalenti veri dei corpi e delle loro formule;
- c) inizio di un piano per una razionale nomenclatura.⁵⁰

Al tempo in cui aveva luogo il congresso di Karlsruhe Peter Waage, evidentemente non era ancora affermato come chimico, se è vero che non figura nella lista dei partecipanti che Wurtz preparò a conclusione di lavori.⁵¹ Quando nel 1861 Guldberg e Waage incominciarono il loro studio sui problemi dell'affinità si può immaginare il lavoro che poteva svolgersi nel laboratorio di chimica alla Università Reale di Norvegia, un luogo decentrato rispetto ai grandi centri di ricerca della Germania e dell'Inghilterra o della Francia.⁵² Lontani, quindi, dal clamore e dallo stress della produzione scientifica, finalizzata a trovare dati sperimentali, nuove tecniche per elaborare nuove sostanze secondo le esigenze di una industria che premeva per crescere e svilupparsi, potevano lavorare con molta pazienza ed interpretare così sia i dati sperimentali che raccoglievano che interpretare quelli che ricavano dagli altri lavori riportati in bibliografia. Dato il periodo in cui si trovarono a lavorare (1861-1867) una riflessione è d'uopo: quale scala atomica usarono Guldberg e Waage per determinare gli equivalenti delle sostanze usate nei loro esperimenti. Infatti quando hanno iniziato nel 1861, da poco c'era stato il congresso di Karlsruhe che avrebbe successivamente assunto un ruolo molto importante per la chimica, avendo contribuito a rivoluzionare il modo di vedere la questione degli atomi e delle molecole, secondo il suggerimento di Cannizzaro, che riprendeva l'ipotesi di Avogadro sulla molecolarità di alcune sostanze elementari, ipotesi che era stata ignorata per cinquant'anni.⁵³

Da lì a qualche anno sarebbe stato pubblicato il libro di Lothar Meyer sulle teorie della chimica moderna, che avrebbe avuto grande influsso presso tutti i

⁴⁸ C.M. GULDBERG e P. WAAGE, *op. cit.*, pag. 74.

⁴⁹ CLARA DE MILI, *The congress at Karlsruhe*, «J. Chem. Ed.», August 1951, 421.

⁵⁰ A.J. BIDE, *The Karlsruhe Congress: A Centennial Retrospect*, «J. Chem. Ed.», 38, (2), 1961, 83.

⁵¹ C.A. WURTZ, *Dizionario di chimica*, Vallardi, Milano 1892 (traduzione dell'opera originale composta a Parigi nel 1868).

⁵² F. RIZZUTI, «Chimica nella Scuola», Maggio 1984, pag. 38.

chimici ed è da supporre che sicuramente Guldberg e Waage ne avrebbero preso conoscenza. Per questo c'è da ritenere che nel corso del loro lavoro il cambiamento della scala dei pesi atomici deve aver comportato una rielaborazione dei conti, di cui però non si trova traccia in tutto il lavoro.

3.2 La legge di azione di massa e i contemporanei

Ai fini della determinazione delle condizioni di equilibrio, si è visto, che andava assumendo sempre maggior importanza la massa attiva dei corpi presenti nella reazione. Il problema era molto controverso soprattutto per le sostanze insolubili. Guldberg e Waage affermavano che «sembra probabile che la massa attiva di un corpo solido è molto piccola in confronto delle masse attive di un liquido e per conseguenza l'azione di un corpo solido deve essere piccola»³¹ contrariamente a quanto riteneva Berthollet, che riteneva la massa attiva di un corpo solido nulla. Negli anni settanta del XIX secolo cambia il modo di affrontare il problema dell'equilibrio chimico, anche se permane l'idea di considerare l'affinità delle forze di cui ogni sostanza è dotata. Questa idea veniva ritenuta da Ostwald inesatta.³²

La maggiore attenzione nello studio dei processi inversi aveva portato a confutare l'idea dell'affinità come forza che trattiene le sostanze elementari tra loro. Lo studio delle reazioni in cui è possibile lo spostamento reciproco di diversi elementi nel corso di due reazioni che possono avvenire alla medesima temperatura imponeva nuove idee.

Come esempio Ostwald³³ considerava la reazione che può avvenire tra il ferro e il vapore d'acqua, ma che può avere luogo anche tra l'ossido di ferro e l'idrogeno:



Queste reazioni sembravano mettere in discussione l'idea dell'affinità come capacità di una sostanza di spostare un corpo da un altro. Nelle reazioni che possono avvenire nei due modi non è possibile ipotizzare una forza prevalente. Lo studio in dettaglio delle reazioni di equilibrio «ha provato che lo svolgersi di un processo chimico non dipende solo dalla natura delle sostanze che vi prendono parte e dalla temperatura, ma anche dal rapporto tra la quantità delle sostanze presenti e il volume che esse occupano, cioè dalla concentrazione delle sostanze stesse».³⁴

Ostwald definiva l'equilibrio chimico come «uno stato nel quale due processi inversi sono uno limitato dall'altro»³⁵ «Mentre tempo addietro si credeva che un tale stato si presentasse solo in casi eccezionali, ora invece si hanno ragioni per ammettere che tutti i processi chimici conducono ad un equilibrio».³⁶ È molto interessante

³¹ C.M. GULDBERG e P. WAAGE, *op. cit.*, pag. 10.

³² W. OSTWALD, *I Fondamenti della Chimica Inorganica* (traduzione sulla seconda ed ultima edizione tedesca a cura del Dott. Federico Giolitti, Vallardi, Milano, pag. 90).

³³ W. OSTWALD, *op. cit.*, pag. 104.

³⁴ W. OSTWALD, *op. cit.*, pag. 105.

³⁵ W. OSTWALD, *op. cit.*, pag. 105.

³⁶ W. OSTWALD, *op. cit.*, pag. 106.

il modo in cui Ostwald ricostruisce una storia del concetto di equilibrio chimico, prima che si riconoscesse l'importanza della concentrazione delle sostanze che partecipano alla reazione e della temperatura a cui essa avviene. Per oltre un secolo si riconobbe l'importanza del rapporto tra le quantità delle sostanze che prendono parte ad un dato processo, esercitando un'azione sull'equilibrio chimico.

Ma molto più tempo invece intercorse fino al momento in cui si riuscì a formalizzare tale rapporto in una espressione matematica esatta. Ostwald non cita il lavoro di Guldberg e Waage, anche se ne sviluppa le loro idee. L'azione di massa non implica l'idea che la massa delle sostanze abbia un'influenza essenziale sull'andamento del processo allo stato di equilibrio ma piuttosto che lo abbiano le quantità relative delle diverse specie interessate, contenute nell'unità di volume. Quello che conta non sono le quantità assolute, che possono essere anche variabili da caso a caso, ma il rapporto tra la quantità delle sostanze sia solide che liquide o gassose che sono contenute nell'unità di volume: ossia la concentrazione. Il termine concentrazione scelto da Ostwald coincide con quello di «massa attiva» definita da Guldberg e Waage. «Infatti il concetto di equilibrio chimico ha potuto svilupparsi soltanto quando, dopo molti tentativi infruttuosi per determinarne una giusta espressione, si introdusse come unità di misura la concentrazione (detta da prima «massa attiva».²⁵ Per concentrazione di una sostanza presente all'equilibrio Ostwald considera quella quantità di essa, espressa in grammi mol. divisa per il suo volume espresso in cm³.

Nelle tabelle, in cui riportarono i dati sperimentali, Guldberg e Waage riferiscono tutto ad una molecola, anche se le quantità delle sostanze sono sempre espresse in grammi. La concentrazione è quindi la chiave di volta che permette nel breve volgere di pochi anni un diverso modo di affrontare il problema dell'equilibrio chimico e dell'affinità chimica. Qualche pagina oltre Ostwald definisce la legge di azione di massa come quella che regola tutti i fenomeni di equilibrio chimico. L'equilibrio ha luogo quando la concentrazione delle sostanze che prendono parte in soluzione elevati per il coefficiente di reazione soddisfano la equazione in cui compare la costante di equilibrio. Questa semplice equazione è la base di tutta la teoria degli equilibri chimici e si adopera in tutti i casi nei quali si tratta di simili questioni.²⁶

Ma a ben vedere l'espressione dell'equilibrio è quello che in forma più generale Guldberg e Waage avevano elaborato successivamente, e che era comparso nel 1879. Quindi il giudizio di Ostwald evidenzia il modo in cui dopo circa dieci anni era cambiato l'atteggiamento della comunità dei chimici verso la legge di azione di massa. Inoltre leggendo attentamente il libro di Ostwald si nota che non viene svolta alcuna considerazione di tipo cinetico per definire l'equazione della costante di equilibrio.

²⁵ W. OSTWALD, *op. cit.*, pag. 107.

²⁶ W. OSTWALD, *op. cit.*, pag. 146.

4.1 CONCLUSIONI

Nella seconda metà dell'800 per la scienza chimica si registrò un cambiamento dei paradigmi epistemologici, nel senso della teoria di Kuhn.⁵⁴ In tale contesto si può ritenere che il fattore di successo dell'opera di Guldberg e Waage risieda proprio nel fatto che nel corso del loro lavoro, essi cambiarono totalmente il punto di vista rispetto all'oggetto di studio.

Guldberg e Waage, partiti per definire un metodo di misura dei coefficienti di affinità delle sostanze in alcune reazioni di equilibrio, finirono poi per studiare l'equilibrio stesso e le condizioni entro cui esso si instaura. Da questo punto di vista c'è il radicale cambiamento del paradigma e perciò il loro lavoro è «rivoluzionario» e di conseguenza provocò la crescita delle conoscenze chimiche. Quando nella terza parte i due autori prendono in considerazione i risultati, riportati in letteratura, da altri autori, è da notare proprio il modo nuovo con cui essi tentarono di interpretarli. Come altri, anch'essi per prima si mossero nell'ambito di una ricerca che tendeva a misurare e determinare l'affinità dei corpi, che era l'esigenza largamente sentita dalla comunità dei chimici del tempo. I dati sperimentali e il metodo di lavoro, il sistema di calcolo elaborato non consentirono loro di risolvere il problema della determinazione dei valori dell'affinità chimica, ma hanno consentito di elaborare una «teoria generale delle reazioni chimiche, mediante lo studio di reazioni nello stato di equilibrio quando questo si instaura tra forze opposte».⁵⁵

In questo aspetto può essere ravvisata tutta la valenza didattica e formativa dell'approccio diretto al testo originale.

⁵⁴ T. KUHN, *La struttura delle rivoluzioni scientifiche*, Einaudi, Torino, 1969.

⁵⁵ C.M. GULDBERG e P. WAAGE, *op. cit.*, pag. 74.

VIRGILIO GIORMANI (*)

Giovanni Arduino e il problema del salnitro nella Repubblica Veneta (**)

Summary - This paper describes the picking and exploitation of saltpetre, that was monopoly of the powerful guild of "salnittrari" (i.e. the saltpetre-pickers). The saltpetre is an essential component of the gunpowder which was the only known explosive up to the first half of XIX century. It was also used in the Murano's glass industries.

The agrarian Academy of Verona in 1790 announced a competition to achieve a better and easier production of saltpetre by means of dung. The venetian chemist Giovanni Arduino, which was Superintendent of Agriculture of the Venetian Republic try to order by law a new method to produce dung in some experimental fields reaching good results. Nevertheless the "salnittrari" were successful in blocking the bill and its appliance. On the Arduino's death (1795) the Venetian Republic abandoned definitively the attempt to find new methods to produce saltpetre.

Fino alla seconda metà dell'800, l'unico esplosivo esistente è la polvere da sparo, la cui composizione è di 6 parti di nitrato potassico, 1 di zolfo ed 1 di carbone. Il reperimento dello zolfo e del carbone non presenta difficoltà, diversamente da quello del nitrato potassico o salnitro. Esso è molto diffuso in natura, ma è raro trovarlo in quantità apprezzabile, a causa della sua gran solubilità in acqua: solo in regioni senza pioggia, come nel Cile, Guatemala, California, Africa sud-occidentale, Persia, Arabia, India, etc., è possibile trovarne degli accumuli nelle vicinanze di villaggi o di antichi insediamenti, ove sono originati dalla nitrificazione dell'orina e di altro materiale organico esistente nel terreno.¹ Nell'Europa si può trovarne come efflorescenza sulle pareti di stalle, scuderie, colombaie e cantine e come pure nei loro pavimenti, solitamente in terra battuta. Altra fonte di salnitro, i calcinacci di vecchie abitazioni demolite. Tutto questo materiale, contenendo nitrati alcalini e alcalino-terrosi, veniva raccolto, estratto con acqua, trasformato in

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

(**) Relazione presentata al IV Convegno Nazionale di «Stoica e Fondamenti della Chimica» (Venezia, 7-9 novembre 1991).

¹ J.W. MELLOR, *A comprehensive Treatise on inorganic and theoretical Chemistry*, II, London, Longmans, Green and Co., 1922, pp. 802, 808.

nitrate potassico mediante aggiunta di cenere di legna, ricca di carbonato potassico, concentrato a caldo e cristallizzato. Il crescente sviluppo dell'artiglieria indusse a cercarne l'ottenimento artificiale, imitando la natura: in Sardegna ad esempio, si sfruttò la lunga permanenza delle greggi ovine in certe caverne, per ripararsi dal forte calore dell'estate. Qui veniva predisposto un letto di terra fine e leggera e quando questa «trovavasi ben impregnata» dalle urine e dal letame degli animali, i pastori vi aggiungevano della cenere ed estraevano il salnitro.² Nella terraferma veneta, ove le pecore dell'altipiano dei Sette Comuni calavano a pascolare dai primi di ottobre alla fine di aprile, le diverse condizioni climatiche portavano alla costruzione di appositi ripari (detti «tezzoni»), ove le pecore si riparavano dal freddo e dalla pioggia, in particolare nelle ore notturne. Sul pavimento dei tezzoni venivano disposte delle lettiere con paglia, foglie e terra sossile, residuo dell'estrazione con acqua delle terre nitrose. Data l'importanza della polvere da sparo, la fabbricazione del salnitro era un monopolio dello stato, che lo affidava a degli appaltatori, i salnitrai, che, muniti di un particolare contrassegno e anche autorizzati a portar armi, provvedevano a raschiare le efflorescenze e a scavare le terre nitrose, che venivano poi trasportate, a spese del comune, al tezzone più vicino. I comuni dovevano fornire la paglia e il fieno per le 200 pecore necessarie per ogni tezzone, i tini per l'estrazione delle terre, le caldaie per la concentrazione, la legna necessaria per alimentare i fornelli e la cenere. Le pecore avevano diritto di pascolo sugli spalti e nelle fosse delle città murate, mentre nei villaggi, potevano andare a pascolare lungo le pubbliche strade, nei pascoli comunali e, se necessario, anche in campi privati, purché incolti.

Oltre che a preparare la polvere da sparo, il salnitro è necessario per la conservazione dei salumi e, nella prima metà del '700, anche le vetrerie di Murano cominciarono ad usarlo per preparare il cristallo all'uso di Boemia, ottenendolo dallo stato ad un prezzo politico, ossia quello che lo stato stesso pagava ai salnitrai per le loro consegne. Sempre a Venezia, lo ottennero a questo prezzo anche i fabbricanti di acido nitrico e di due sali di mercurio, il sublimato corrosivo e il precipitato rosso (HgO), prodotti ad alto valore aggiunto, richiestissimi all'estero, per cui la Repubblica Veneta ne incoraggiava e ne favoriva la fabbricazione.³

Venezia nella seconda metà del '700 è in uno stato di neutralità disarmata. Così delle 79 tonnellate circa di salnitro prodotto nel 1783, solo il 12% è trasformato in polvere da guerra, il 27% in polvere da caccia e il 61% serve per le industrie, che tendono a richiederne quantità sempre crescenti.⁴ Allora si pensa a fonti alternative: ad esempio nel 1789 si riprende in esame un vecchio progetto cinque-

² «Nuovo Giornale d'Italia spettante alla scienza naturale e principalmente all'agricoltura, alle arti ed al commercio» (N.G.I.I. 3 (1972), n. 32 (3 dicembre 1791), p. 249. Vedi anche P. AMAR DE S. PIZZO, *Unità protoindustriali nella Sardegna sabauda. Produzione di salnitro e di polvere da sparo*, in «Rendiconti della Accademia nazionale delle scienze, detta dei XL», t. 5, 12 (1988), t. II (Memorie di scienze fisiche e naturali), pt. II: Atti del II Convegno nazionale di storia e fondamenti della chimica, Roma, 16-19 settembre 1987, a cura di F. Calosci-Betta - E. Terracina, pp. 89-102.

³ W. PASCERA, *Antico regime e chimica di base: la produzione del salnitro nella Repubblica Veneta (1550-1797)*, in «Studi Veneziani», n.s., 16 (1988), pp. 45-92.

⁴ M. MORIN, *La polvere nera nel passato*, in «Diana-Armi», n. 4 (1978), p. 76.

centesco di costruire un tezzone al Lido di Venezia, ove sogliono pascolare qualche tempo i montoni arrivati per nave dalla Dalmazia, per potersi rimettere dal viaggio, prima di essere venduti e macellati. Al Lido si potrebbero utilizzare tutte le immondizie della vicina città, i rifiuti del macello e gli animali morti. I pareri degli esperti sono contrari a questo progetto: Anton Mario Lorgna nei suoi esperimenti ha sempre ottenuto sale marino e niente salnitro.⁵ Analogamente, Giovanni Arduino, nelle efflorescenze, nelle piante e nella terra dei pavimenti delle stalle al Lido, ha trovato un rapporto di 28 parti di sal marino contro solo 1 di salnitro.⁶ Anche gli accademici di Padova considerano che il Lido, isola tra laguna e mare, non sia l'ambiente più favorevole e che bisognerebbe forse provare il nuovo sistema nell'entroterra. Del resto uno di loro, il professore di chimica nello studio patavino, Marco Carbuti, nel 1774 aveva già elencato tutta una serie di rifiuti organici, utilizzabili in rinforzo delle deiezioni ovine.⁷ Nella terraferma intanto il sistema dei tezzoni diventa sempre più pesante per i contadini e per i comuni. I salnitri nel raschiare le efflorescenze, portano via tutto l'intonaco dei muri e scavano tanta terra dai pavimenti, da mettere a repentaglio la stabilità delle costruzioni coloniche.

Ecco un lamento di contadino, come appare da una pubblicazione a stampa, apparsa naturalmente appena dopo caduta la Repubblica Veneta. «Qualche volta, con poco denaro ed una buona colazione li salnitri se ne sono andati senza

⁵ ARCHIVIO DI STATO DI VENEZIA (A.S.V.), *Provveditori all'artiglieria*, b. 13: scrittura 6 maggio 1789, in esecuzione a decreto del senato, 22 gennaio 1788 m.v. (= 1789), approvata poi con decreto del senato del 30 maggio 1789. Una bella copia di tale parere, con posillie del Lorgna in BIBLIOTECA CIVICA DI VERONA (B.C.V.), fondo *G. Arduino*, II, p. 10, ove reca la data del 26 luglio 1787.

⁶ A.S.V., *Provveditori all'artiglieria*, b. 13: scrittura 6 maggio 1789. Risulta che l'Arduino si era già occupato del salnitro nel 1784, avendo analizzato alcuni campioni di terra del Veronese, che Antonio Stratico gli aveva spedito. Si trattava di salnitro nativo, che era stato scoperto dallo speziale veronese Giambattista Cavicholi. Antonio Stratico a Giovanni Arduino, Verona, 26 dicembre 1784, in «Progressi dello spirito umano», 5 (1784), pp. 1618-19; G. Arduino ad A. Stratico, Venezia, 27 dicembre 1784, *ivi*, pp. 1619-20; A. Stratico a G. Arduino, Verona, 1 gennaio 1785, *ivi*, p. 1620. Quando nel 1787, la Repubblica aveva chiesto un parere a vari esperti, tra i quali l'Arduino e il Lorgna, per l'istituzione di una nitriera artificiale al Lido, risulta che il Lorgna si era rivolto all'Arduino per saperne di più sulla nitrificazione nell'ambiente lagunare. B.C.V., fondo *G. Arduino*, I, g. 20; A.M. Lorgna a G. Arduino, Verona, 22 giugno 1787; G. Arduino ad A.M. Lorgna, Venezia, 26 giugno 1787, *ivi*, ff. 12; A.M. Lorgna a G. Arduino, Verona, 7 luglio 1787, *ivi*, I, g. 21. L'Arduino si mise poi in contatto con i suoi corrispondenti esteri per avere notizie sulle nitriere artificiali della Prussia e della Svezia. *Ist.*, I, g. 17-19; J.A. Retzius a G. Arduino, Lund, 18 gennaio 1787; G. Arduino a J.A. Retzius, Venezia, 24 maggio 1787, *ivi*, ff. 11 (poi pubblicata in *Nobili nozze De Bonini - De Zigno*, Rovigo, Minelli, 1870), JJ; Ferber a G. Arduino, Berlino, 27 luglio 1787, B.C.V., fondo *G. Arduino*, I, g. 22-23. Tutte queste informazioni, venivano trasmesse dall'Arduino ai provveditori all'artiglieria. *Ist.*, ff. 13-15; G. Arduino ai provveditori, Venezia, 20 luglio 1787, *ivi*, I, ff. 16; G. Arduino ai provveditori, Venezia, 31 agosto 1787, *ivi*, ff. 24; G. Arduino ai provveditori, Venezia, 3 maggio 1789. Per queste indicazioni archivistiche, vedi E. VACCARI, *Primo contributo all'inventario del carteggio di Giovanni Arduino*, in «Nuncius, Annali di storia della scienza», 5 (1990), fasc. 1, pp. 79-126 (alle pp. 110-114).

⁷ A.S.V., *Provveditori all'artiglieria*, b. 37: fasc. 2, n. 18: conte Marco Carbuti ai provveditori all'artiglieria, Venezia, 1° marzo 1774. Si potevano usare erbe e sterpi, segatura «e schegge di legname, segatore di corna ed unghie ed immondizie e rifiuti qualunque di materie animali».

neppure visitarlo». Sono però ritornati dopo qualche mese e questa volta gli «hanno profondato la cantina, rovinato le muraglie ed asciugato le botti».⁴

Inoltre da anni, i podestà delle città di terraferma riferivano al senato della Repubblica che i pecorai dei Sette Comuni abusavano del loro diritto di pascolo, entrando con gli animali nei seminati, negli uliveti, nei vigneti e perfino negli orti e nelle stalle, «minacciando e ferendo coll'armi chi osava di lamentarsene».⁵

Ora l'Accademia agraria di Verona poteva ogni anno bandire un concorso di idee sopra temi di pubblica utilità. Così il 10 aprile 1790, essa propone un premio di 18 zecchini a chi presenterà una istruzione in forma di dialogo per insegnare ai contadini quale sia il modo più economico per produrre il salnitro, quale sia inoltre il modo migliore per diffondere queste conoscenze nelle provincie e quale sia il sistema più pratico di raccogliere il salnitro prodotto in uno o più magazzini del governo, qualora il governo stesso volesse sostituire questo nuovo modo di fabbricazione, all'usuale, ossia a quello basato sull'oramai odiosa «servitù dei tezzoni».⁶

All'Accademia verranno presentati tre lavori in merito e verrà proclamato vincitore Pietro Ponzilacqua.

Il metodo proposto è semplicissimo: il letame non deve essere più tenuto all'aperto sull'aja, come si fa abitualmente. Va invece conservato al riparo dal sole e dalla pioggia e stratificato con terra, foglie, cenere, fuliggine e vari rifiuti organici. Per un anno bisogna irrorarlo periodicamente con le urine degli animali e curare che la massa sia bene arieggiata, rimuovendone periodicamente la superficie con le pale. A questo punto il salnitro si è formato: va estratto a freddo, in presenza di calcinacci polverizzati e trattato con cenere di legna, eliminando il precipitato formatosi. Si concentra ora a caldo; operazione questa, che per i salnittrati è «la più dispendiosa e la più bisognosa di attenzioni», ma che per i contadini sarà «di nessuna spesa e piuttosto di divertimento». Nel lavoro del Ponzilacqua, in forma di dialogo, il fattore espone al suo gastaldo come ciò avverrà. In questo momento che parliamo, siamo vicini al fuoco, per ripararci dal freddo: «se fosse appesa una caldaia sopra quella fiamma, otterremmo due vantaggi, quello di ripararci dal freddo e d'eguir anco l'evaporazione». Non occorre mano d'opera estranea e non si sottrae tempo ai lavori dei campi, perché si fa d'inverno, «poiché meglio si cristallizza il salnitro», «quando il freddo è più rigido», ossia quando il contadino è costretto a passare «alcuni giorni interi nella propria abitazione».

Spiega poi come col calore si formerà della schiuma, da asportare con un mestolo forato e come, procedendo la concentrazione della soluzione, si formeranno ancora dei precipitati, da allontanare. Quando poi una goccia del concentrato, posta su di un pezzo di ferro freddo e pulito, diventa solida come il sego, sarà segno che l'operazione è finita: si toglierà dal fuoco, si lascerà raffreddare e, prima che sia del tutto freddo, lo si verserà in altri recipienti puliti. Dopo quattro giorni si decan-

⁴ G.B. GAZOLA, *Sopra la facile produzione del nitro. Dialoghi due del cittadino Giambattista Gazola, pubblicati per ordine del Governo centrale*, Verona, Giudici, 1797, p. 4.

⁵ Vedi ad es., in *Relazioni dei rettori veneti in terraferma*, IV *Udovestaria e capitanoato di Padova*, Milano, Guffis, 1975, la relazione del podestà e vice capitano Giulio Contarini, presentata al senato il 14 febbraio 1770, p. 594.

⁶ «N.G.L.», 2 (1791), n. 3 (15 maggio 1790), p. 24.

terà via l'acqua madre dal salnitro greggio cristallizzato. «Arte», quindi, «che da chiunque può eseguirsi»: lavoro «facile, breve [ed] economico».

Si rendeva conto l'autore del metodo, che gli appaltatori del salnitro avrebbero avuto grandi contrarietà contro questa concorrenza spicciola. Invano si affannava a spiegare che i due metodi potevano coesistere e che si poteva intanto sperimentare il nuovo metodo in quelle località attualmente trascurate dai salnitri, perché troppo lontane dai tezzoni.¹¹ I salnitri riuscirono a ritardare prima di tutto il pagamento del premio al Ponzilacqua, proclamato vincitore il 12 agosto 1791, ma premiato nell'aprile del 1792.¹² Fu poi solo il 22 dicembre 1792, che il senato concesse finalmente il «permesso a chiunque di poter, in via d'esperimento, porre in esecuzione il sistema in essa dissertazione suggerito» e per un tempo non inferiore ai quattro anni.¹³ Esultarono il Ponzilacqua e il suo protettore, Giovanni Arduino, che l'aveva sostenuto nel «Giornale d'Italia spettante alla scienza naturale e principalmente all'agricoltura, alle arti ed al commercio», giornale fondato nel 1764 e che dirigeva dal 1789, allorché era divenuto il «Nuovo Giornale d'Italia». L'Arduino, appena due mesi dopo che l'Accademia di Verona aveva bandito il concorso così contestato, aveva pubblicato un lavoro di G.B. Scandella «sopra i modi migliori di preparare ottimi concimi per l'agricoltura e per trarne anche, se si vuole, del salnitro», ove la novità consisteva nell'allontanare il letame dall'aia e nel tenerlo al riparo dalla pioggia e dal sole.¹⁴

Questo lavoro era tanto piaciuto all'Accademia di Verona che, in attesa della conclusione del concorso, decideva di farne intanto un riassunto e di inviarlo subito a tutti i suoi soci, che ne dessero la più ampia diffusione nei comuni di loro residenza. Il riassunto veniva anch'esso pubblicato dall'Arduino,¹⁵ come pure il «metodo pratico per migliorare ed accrescere il concime nella Lombardia», più dettagliato, ma molto simile nella sostanza.¹⁶ Ancora, l'Arduino illustrava nello stesso giornale il modo di fare il salnitro in Sardegna, cui si è già accennato.¹⁷

In attesa che venisse concesso dal senato l'auspicata libertà per chiunque di fabbricare il salnitro, l'Arduino, nella sua qualità di soprintendente all'agricoltura, aveva ufficialmente incaricato il Ponzilacqua di sperimentare subito sui campi il letame preparato secondo la sua nuova tecnica. I risultati, comunicati il 27 agosto 1793 all'Arduino e da lui pubblicati sempre nel giornale, parlavano di frumento con spighe «più lunghe e più grosse» e «nette di loglio».¹⁸

C'erano così tutti i presupposti per una felice introduzione delle nuove

¹¹ P. PONZILACQUA, *Della maniera di fare il nitro* [...], Verona, Eredi di Marco Moeni, 1792, pp. 10, 14, 21, 22, 38, 39, 54, 63, 66.

¹² «N.G.I.», 4 (1793), n. 1 (28 aprile 1792), p. 7.

¹³ A.S.V., *Senato Terzo*, filza 2994: decreto del 22 dicembre 1792.

¹⁴ G.B. SCANDELLA, *Memoria sopra i modi migliori di preparare ottimi concimi per l'agricoltura e per trarne anche, se si vuole, del salnitro*, in «N.G.I.», 2 (1791), n. 14 (31 luglio 1790), pp. 108-122.

¹⁵ «N.G.I.», 2 (1791), n. 22 (25 settembre 1790), pp. 175-176.

¹⁶ «N.G.I.», 2 (1791), n. 31 (16 aprile 1791), pp. 401-402.

¹⁷ «N.G.I.», 3 (1792), n. 32 (3 dicembre 1791), p. 249.

¹⁸ «N.G.I.», 5 (1794), n. 19 (31 agosto 1793), pp. 151-152; Pietro Ponzilacqua a G. Arduino, Este, 27 agosto 1793.

pratiche agricole. Senonché vi furono dei contadini «infingardi», che avendo trascurato «l'esattezza» nella preparazione dei letami con le semplici tecniche loro suggerite, «dopo alquanti mesi trovarono la massima parte delle materie intatte ancora ed inaridite». Così abbandonarono «l'impresa e s'opposero alli meravigliosi effetti riportati dagli [altri] più diligenti [...] per sì prezioso concime».¹⁹

Inoltre i salnitroni, con i loro appoggi in senato, riuscirono — il 30 marzo 1793 — a far istituire una commissione che studiasse e riferisse entro un anno al massimo. La commissione, per malattie dei suoi membri, si riunì due sole volte in un anno e, alla fine del suo mandato, fu prorogata per un altro anno, a partire dal 29 marzo 1794.²⁰ Risulta così che il nuovo metodo del Ponzilacqua non venne mai messo in opera, forse anche per la morte dell'Arduino, avvenuta il 21 marzo 1795. Al Ponzilacqua resterà solo il triste compito di commemorare il suo protettore nel solito giornale, il 18 aprile.²¹

¹⁹ «N.G.I.», 5 (1794), n. 48 (22 marzo 1794), pp. 378-379; Pietro Ponzilacqua a Giovanni Antonio Perlini [edizione del N.G.I.], Verona, 1.^o marzo 1794.

²⁰ A.S.V., *Senato Terra*, filza 5001: decreto del 30 marzo 1793; *ibid.*, filza 5033: decreto del 29 marzo 1794.

²¹ «N.G.I.», 6 (1795), n. 52 (18 aprile 1795), pp. 410-416.

GIULIA LEVI (*)

Krebs e il ciclo dell'acido citrico (**)

Summary - In this work H.A. Krebs and his studies are concerned, with particular regard to his contacts with Warburg and Szent-Gyorgyi.

In 1900 biochemistry had just risen up as a new science, and was asserting its importance in different way according to the country: in England it rapidly found its autonomy, while in Germany it was more difficult because of lacking of institutional basis.

Krebs worked in both of these countries and was influenced by both experiences.

The work of Szent-Gyorgyi on peroxidase marked out the way to understand the process of hydrogen transfer in biological systems; then the role of malic, fumaric, oxalacetic acids in muscles was acknowledged, as hydrogen carriers to cytochromes. The formulation by Krebs of the cycle of citric acid, as common pattern to carbohydrates, proteins and lipid metabolism, took to the development of modern biochemistry.

Il ciclo di Krebs costituisce un punto fermo nello svolgimento del programma di chimica della scuola superiore. Proprio questa «fissità» rischia di sclerotizzarlo in una dimensione atemporale, perciò è utile cercare di collocarlo storicamente e di sottolineare le tappe che hanno contribuito alla sua formulazione definitiva.

Hans Krebs nacque a Hildesheim, figlio di un illustre otorinolaringoiatra, George Krebs, e di Alma Davidson. Studiò medicina nelle Università di Gottingen, Freiberg e Berlino, dove dopo la laurea nel 1925, lavorò al Dipartimento di chimica dell'Istituto di Patologia, uno dei pochi dove emergessero le nuove tendenze di biochimica. La biochimica infatti era andata conquistandosi uno spazio autonomo — come studio chimico dei fenomeni biologici — a partire dal 1890, orientando il proprio interesse soprattutto (ma non soltanto) sulla dinamica delle reazioni chimiche che avvengono durante il metabolismo cellulare. Ma questo sviluppo intellettuale aveva dovuto confrontarsi con le opportunità istituzionali che ogni nazione offriva. Nelle Università tedesche, per esempio, lavoravano probabilmente le menti più acute per dar vita alla nuova disciplina, ma essi occupavano o cattedre di fisiologia in senso stretto o cattedre di chimica organica, perciò la biochimica stentava a trovare un proprio ruolo indipendente, a meno che non costituisse l'oggetto prin-

(*) Dipartimento di Chimica Generale, Università di Torino.

(**) Relazione presentata al IV Convegno Nazionale di «Storia e Fondamenti della Chimica» (Venezia, 7-9 novembre 1991).

cipale della ricerca di istituti parauniversitari, come il Kaiser Wilhelm Institut di Berlino dove dal 1918 operava Otto Warburg e a cui si unì Krebs dal 1926 al 1930.

Grazie alle ricerche di chimica fisiologica era stato chiarito, fin dagli anni 1880-1890 che il calore animale è prodotto dal metabolismo e che i diversi alimenti contribuiscono in maniera differenziata alla produzione di energia; era stato inoltre introdotto il concetto di metabolismo basale. Ma poiché l'ossidazione dei principi nutritivi ha luogo in maniera diversa all'esterno e all'interno dell'organismo, restavano da chiarire le modalità con cui l'ossigeno raggiunge il sito dell'ossidazione nei tessuti e i meccanismi chimici relativi alle reazioni metaboliche. Negli stessi anni, grazie anche ai lavori di Harden e Young, si era capito il meccanismo della conversione degli esosi a biossido di carbonio che ha luogo nei muscoli per mezzo di un processo anaerobico seguito da una conversione aerobica.

Successivamente Embden e Meyerhof avevano stabilito la sequenza nota come glicolisi (vedi Fig. 1).

I lavori di Wieland e di Thunberg, di Batelli e Stern, eseguiti nel periodo 1910-1920, avevano dimostrato che le sospensioni anaerobiche di tessuti animali triturati contenevano enzimi (deidrogenasi) capaci di trasferire atomi di idrogeno da certi acidi organici presenti nelle cellule — acidi succinico, fumarico, malico, citrico — al colorante blu di metilene per produrre la forma ridotta incolore (vedi Fig. 2). La riduzione del blu di metilene richiedeva la presenza di un donatore di idrogeno e di un enzima, perciò l'ossidazione dell'acido organico non richiedeva necessariamente la combinazione con l'ossigeno.



Fig. 1 - Sequenza glicolitica secondo lo schema di Embden-Meyerhof (1932).

tante per gli scambi metabolici. Le sospensioni di tessuti sotto forma di fettine potevano essere incubate con un dato metabolita per studiare la conversione nel prodotto che si accumulava nel mezzo. Ad esempio si poteva studiare e misurare la velocità del consumo di ossigeno dei tessuti, misurando con l'apparato di Warburg-Barcroft la diminuzione della pressione parziale dell'ossigeno in una sospensione e mantenendo quasi a zero la pressione parziale della CO_2 formatasi durante la respirazione per assorbimento da parte della KOH posta nel pozzetto centrale del recipiente (vedi Fig. 3).

In questi esperimenti Szent-Gyorgyi osservò che mentre la velocità di consumo di ossigeno nel tempo diminuisce, la velocità originale può essere ripristinata per aggiunta di sali di acido succinico, fumarico, malico o ossalacetico. Egli scoprì cioè il ruolo catalitico degli acidi bicarbonilici a quattro atomi di carbonio nell'ossidazione cellulare e suggerì che il sistema malico/ossalacetico potesse agire come uno dei trasportatori di idrogeno tra i prodotti di degradazione dei carboidrati e l'ossigeno molecolare (vedi Fig. 4).

Questo spiegava anche l'effetto Pasteur, secondo cui in coincidenza con l'inizio della respirazione cellulare l'accumulo di lattato è ridotto a zero e diminuisce drasticamente la velocità di consumo del glucosio. Infatti se piruvato e ossalacetato competono fra di loro per accettare l'idrogeno, in anaerobiosi non si produce ossa-

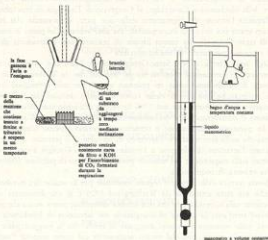


Fig. 3 - Apparato di Warburg.

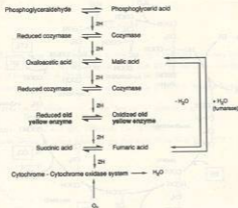


Fig. 4 - Schema di Szent-Györgyi.

lacetato e il carboidrato può essere metabolizzato solo per fermentazione, mentre in aerobiosi vi è produzione di ossalacetato che compete col piruvato.

Il contributo decisivo alla comprensione della respirazione cellulare fu dato nel 1937 da Krebs, il quale già da qualche anno si trovava in Inghilterra, accolto dai biochimici di Cambridge per l'amichevole interessamento di Szent-Györgyi, che l'aveva aiutato a sfuggire all'antisemitismo nazista. Krebs insieme con Johnson scoprì la formazione del citrato da ossalacetato e piruvato e scoprì anche che il citrato esercita sulla respirazione del muscolo pettorale di piccione un effetto catalitico dello stesso ordine di grandezza di quello del succinato osservato da Szent Györgyi. Allo stesso modo sono velocemente ossidati anche isocitrato, cis-acconitato e alfa-chetoglutarato, come avevano già mostrato Batelli e Stern nel 1911 lavorando sul muscolo della rana.

La teoria di Szent-Györgyi non spiegava invece la formazione aerobica del succinato dall'ossalacetato e dal fumarato in presenza di malonato. Krebs dimostrò che esistono due strade per arrivare al succinato dall'ossalacetato e dal fumarato: o la riduzione diretta o, se questa è impedita da qualche inibitore come il malonato, la reazione ossidativa, purché sia presente ossigeno.

Il ciclo dell'acido citrico fu così ottenuto combinando la parte ciclica dello schema di Szent-Györgyi con il percorso di conversione del citrato a succinato già scoperto da Martius nel 1937. Non tutti i biochimici dell'epoca però furono subito concordi con le affermazioni di Krebs: Barron e Stern ad esempio contestavano la possibilità della trasformazione ossidativa di fumarato in succinato. Altri invece come Bressch e Thomas ammettevano la realtà del ciclo dell'acido citrico, ma lo

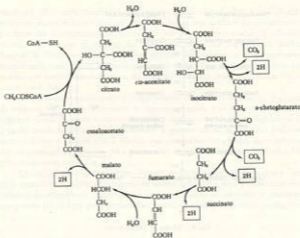


Fig. 5 - Ciclo di Krebs.

consideravano solo una reazione collaterale nel quadro delle ossidazioni biologiche. In pratica la funzione catalitica degli acidi bicarbossilici a quattro atomi di carbonio già spiegata da Szent-Gyorgyi sembrava loro un'interpretazione sufficiente.

Krebs condusse allora altri esperimenti decisivi e nel 1940 propose un ciclo più completo che comprendeva la decarbossilazione dell'acido piruvico e la sequenza di deidrogenazioni e decarbossilazioni come oggi conosciamo (vedi Fig. 5).

Più tardi furono condotte analisi di tipo isotopico con acido acetico marcato e furono isolati vari intermedi. Fra questi fu isolato l'acido alfa-chetoglutarico marcato in posizione gamma. Questo fatto mise in dubbio che il primo intermedio del ciclo fosse l'acido citrico, in quanto la molecola dell'acido citrico è simmetrica e la marcatura isotopica avrebbe dovuto porsi sull'atomo di carbonio centrale. Si pensò perciò che il primo intermedio fosse l'acido isocitrico e si parlò più genericamente di ciclo degli acidi tricarbossilici. Nel 1948 invece Ogston dimostrò che si forma proprio acido citrico come primo intermedio e che esso, pur avendo una molecola simmetrica, può reagire asimmetricamente con la sostanza marcata. Il ciclo di Krebs è inoltre una via anfibolica, cioè non ha soltanto attività catabolica, ma partecipa anche alla formazione di precursori per le vie anaboliche (per esempio parecchi aminoacidi si possono far derivare dagli intermedi del ciclo).

Ora possiamo spiegarci il carattere di punto fermo, di pietra miliare che il ciclo di Krebs ha assunto nella storia della biochimica.

BIBLIOGRAFIA

- ROBERT E. KOHLER, *From medical chemistry to biochemistry*, Cambridge University Press 1982.
- M. FLOIDIN, E.H. STOTZ, *A History of Biochemistry*, part III: *History of the clarification of the Sources of Free Energy in Organism*, Amsterdam, Elsevier 1975.
- DAVID NACHMANSOHN, *German-Jewish Pioneers in Science 1900-1933*, Springer-Verlag New York 1979.
- ALBERT SZENT-GYORGYI, *Observations on the function of peroxidase system*, «*Biochem. J.*», 22 (1928).
- HANS A. KREBS, *The citric acid cycle*, «*Biochem. J.*», 34 (1940).
- HANS A. KREBS, *Tribute to Albert Szent-Gyorgyi*, Academic Press New York 1977.

GIOVANNI INCORVATI (*)

«Con tutta la mistica della scienza e del diritto».
Origini giuridiche del dibattito sulla *science court* ()**

"With all the Mystique of both Science and Law": Legal Origins of the Debate on the Science Court.

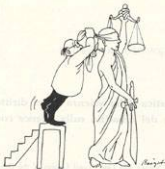
Summary - The paper offers a historical inquiry about the influence exerted by the legal maxim *una testis nullus testis* upon both Robert Boyle and the modern problematic of accepted scientific evidence. The connections with the contemporary proposals in the U.S.A. of a "Science Court" are examined. This one was an institutional attempt to answer the questions brought on the carpet by both the rise of controversial scientific issues in the cases before the ordinary courts and the public's demand to take a part in the decisions. The relation fact-value and the patterns of the so-called "adversary science" are the main points under discussion. Consequently also the well established "general acceptance" test was attacked as leading standard of proof.

Il numero di aprile 1977 del *Bulletin of the Atomic Scientists* uscì dando ampio spazio e risalto al tema della *science court*. Due fatti inediti si erano succeduti in quei mesi negli Stati Uniti: da una parte, in quello che è storicamente il primo grande processo al nucleare, la corte d'appello del Distretto di Columbia (giudice Bazelon) aveva annullato la licenza per la costruzione della centrale di Vermont Yankee, perché nel concederla non si era voluto tenere conto della sorte delle scorie radioattive. Contemporaneamente si era registrato un altro evento. L'esperimento sulla *science court*, che il governo degli Stati Uniti aveva preso a cuore fino a organizzare un'apposita *task force*, sembrava naufragare già nella fase preparatoria, di fronte ai problemi di una ristrutturazione del rapporto scienza-diritto.

Il legame tra questi due avvenimenti, rafforzato dalla circostanza che tanto alcuni dei più noti oppositori della centrale nucleare quanto lo stesso giudice Bazelon avevano preso posizione anche contro l'esperimento della *science court*, si legge in controluce nella vignetta che fa da introduzione agli interventi con cui la rivista cercava di rilanciare, in forme del tutto nuove, la proposta di un'istituzione per dirimere le controversie scientifiche (fig. 1).

(*) Max Planck Institut, Francoforte s.M.

(**) Relazione presentata al IV Congresso Nazionale di «Storia e Fondamenti della Chimica» (Venezia, 7-9 novembre 1991).



The Science Court

Public decisions depend more and more frequently on technical information. Controls and food additives, limitations on the emission of pollutants and the development of shelters for civil defense are examples of questions that require reliable technical and scientific knowledge. Sometimes scientists are unanimous on the facts; often, however, when policy decisions have to be made, opinion is divided.

Fig. 1 - Vignetta del «Bulletin of Atomic Scientists», Aprile 1977.

In generale, all'immaginario collettivo americano l'iconografia della Giustizia, quale si presenta emblematicamente nella statua neoclassica posta in cima alla City Hall di New York, appare come contaminata da quella della Libertà; ma i suoi simboli subiscono qui, nella nostra vignetta, un ulteriore mutamento. Non solo la bilancia è innalzata come fiaccola di via libera: essa viene anche presentata in modo tale che solo un piatto rimane in vista. Se ne capisce il perché. La bilancia manca del collo centrale, sostituito dal braccio della statua, e l'equilibrio è indipendente da ciò che sta nei piatti. Di conseguenza, anche un altro elemento, proprio della moderna tradizione iconografica, la benda sugli occhi, cambia di significato; infatti, se non vi sono più strumenti di misura, come potrebbe questo attributo servire a garantire quell'imparzialità con cui siamo abituati a associarlo?

La vignetta — ormai appare chiaro — allude ai goffi tentativi di camuffare da obiettività scientifica una politica della mano libera: una specie di preavviso dell'imposi della *deregulation*. Tuttavia, oltre a ciò essa ci dà una certa immagine dei rapporti che la giustizia dovrebbe intrattenere con la comunità scientifica: il personaggio in camice bianco in atto di annodare la benda — scienziato, tecnico, esperto — si prende una bella rivincita sui giudici d'assalto e rimane solo in campo a controllare la situazione.

A ben guardare, proprio in tale direzione doveva muoversi, agli occhi del suo ideatore Arthur Kantrowitz, la *science court*, anche se egli stesso non era certo un nuclearista. Il suo intervento in quel numero della rivista era esplicito. Ma per cogliere meglio il succo della problematica, sarà bene fare qualche puntata indietro nella storia, verso quei momenti in cui la nascente scienza moderna sembra trarre alimento dai precedenti, rapidi sviluppi della «scienza del diritto».

Scienza del diritto e razionalità della prova

Da lungo tempo i giuristi hanno perso l'abitudine alle immagini. Ma non sempre è stato così. Fino alla metà del '500 l'illustrazione è ben presente all'interno dei libri di carattere giuridico, soprattutto di quelli di cosiddetta «scienza popolare». Il fenomeno è evidente in Germania, dove a partire dalla fine del secolo precedente si stava effettuando la recezione del diritto romano-canonico, attraverso tutto un processo di traduzione, nel senso di messa non solo in volgare, ma anche in immagini del dettato normativo.

Una pietra miliare in tal senso è la *Constitutio Criminalis Bambergensis* del 1507, opera di Johann von Schwarzenberg, presa poi a modello dalla prima codificazione penale del 1532. Come già era avvenuto in Italia e in altre parti d'Europa, essa introduceva in modo organico un sistema di prove legali, ossia dei limiti stretti all'arbitrio dei giudici. Fondamentale la regola *onus testis nullus testis*: il giudice era obbligato ad assolvere comunque l'imputato quando non c'era che una testimonianza a carico, ma doveva in ogni caso condannarlo non appena ce ne fossero state due.¹

Nelle illustrazioni che accompagnano questo codice è chiaro l'intento della «scienza del diritto», impersonata da Schwarzenberg, di contrapporre la «razionalità» del nuovo regime alle prove «soprannaturali» o «irrazionali» del diritto consuetudinario germanico: da una parte abbiamo il giuramento di due testimoni oculari secondo il nuovo processo (fig. 2), dall'altra i vecchi giudici e ufficiali di giustizia, che fondavano il giudizio sulle ordaie e senza inquisire direttamente i fatti, qui appaiono satiricamente con gli occhi bendati e nelle vesti di buffoni (fig. 3). Ma la cosa più interessante è che tale processo di razionalizzazione non avviene in modo pacifico né senza contestazioni.

Proprio in quegli anni il giurista Sebastian Brant, mentre contribuiva attivamente alla divulgazione del nuovo diritto, pubblicava anche un'opera satirica di «sapienza popolare in versi», *Das Narrenschiff* (*La nave dei buffoni*, 1494), che ebbe uno straordinario successo, anche grazie alle efficaci illustrazioni del giovane Albrecht Dürer.² La capacità di quest'ultimo di entrare in serrata dialettica col testo

¹ *Die Bambergische Heilgerichtsordnung*, a c. di J. Kobler e W. Scheel, Halle ADS, 1902 (reprint: Aalen, Scientia, 1968), p. 35, art. 78: «*Von gungamen Zeugen*».

² P. NITTMANN, *Die Narrenzur vor dem Gottesgerichte*. S. Brants «*Narrenschiff*» im Lichte der spätmittelalterlichen Politik und Jurisprudenz, (Duis.) Freiburg i.B., P. Nimmann, 1986, pp. 310-332, collega la crescente popolarità del *Narrenschiff* esclusivamente con la diffusione delle opere giuridiche di Brant e con la razionalizzazione in esse contenuta dei processi contro le «streghe», a cui si imputava, sulla base del diritto romano-canonico, il delitto politico di lesa maestà, punito con la pena di morte.

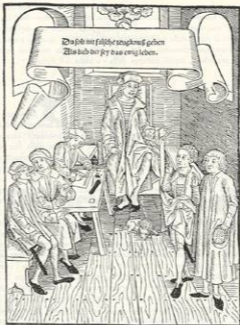


Fig. 2 - Illustrazione della *Constitutio Criminalis Bambergensis* (1507): prova per testimoni.

scritto si rivela ad esempio in due sue rappresentazioni della giustizia, come pratica quotidiana e come sua espressione simbolica.³ Nella prima, un contadino, servo o meno della gleba, è tenuto col cappio al collo da un bravaccio del suo padrone, che con il fuoco di una torcia lo spinge a consegnare il suo «libero» contratto al fine uomo di legge (fig. 4). Quest'ultimo è l'uomo delle belle apparenze, il quale vede compiaciuto solo il documento scritto, che, secondo la nuova gerarchia delle prove, costituisce, al pari della dichiarazione di due testimoni, la prova piena dell'obbligazione consensuale. Ma è solo apparenza: lui e il bravaccio in fondo sono della stessa pasta, e infatti portano entrambi le orecchie d'asino con i sonagli,

³ Su tale dialettica, cfr. H. Ronsbovan, *S. Brant und A. Dürer. Zum Verhältnis von Bild und Text im Nuremberger Jahrbuch*, 47, 1972, pp. 328-336.



Fig. 5 - Illustrazione della *Constitutio Criminalis Bambergensis*: giudizio «secondo la consuetudine».

proprie dei giullari di corte.⁴ Qui dunque, all'opposto che in Schwarzenberg, è il nuovo regime delle prove, non il vecchio, che appare una «buffonata».

Nella seconda incisione Dürer ci dà l'allegoria della Giustizia (fig. 5). Si tratta della sua prima raffigurazione con gli occhi bendati di cui si abbia notizia; e, come per tutte le grandi innovazioni, l'artista non solo ce la propone in tutto il suo vigore, ma con tagliente penetrazione ce ne rivela le ragioni storiche. Mentre Brant paragonava la recezione del diritto romano alla scoperta del nuovo continente americano,⁵ qui quest'opera «scientifica» dei giuristi e degli uomini di legge, come già nell'incisione precedente, viene compiuta sotto il segno della follia. Il testo di Brant che accompagna questa illustrazione fa riferimento a quelli che con i processi «vogliono rendere cieca la verità», ma non parla della giustizia: è Dürer che trasforma questo mascheramento della verità in un aspetto della mascheratura della Giustizia. Il nuovo attributo viene imposto come menomazione, chiusura entro un ambiente angusto: la perdita della conoscenza diretta del mondo è perdita della

⁴ Si veda F. WINKLER, *Dürer und die Illustrationen zum Narrenschiff*, Berlin, Deutscher Verein für Kunstwissenschaft, 1951, p. 30, il quale evidenzia il contrasto tra l'esteriorità formale del lato destro dell'immagine e il «frappante Naturalismus» di quello sinistro.

⁵ S. BRANT, *Voyage* di U. TONGLER, *Layspiegel. Von rechtschätigen Ordnungen in bürgerlichen und peinlichen Regimenten*, 1516.

Wenn rüser/schreiber/griffen an
Eyn verstein/schlechten/dürschien man
Der müß die leber gefsen han



Ruter vnd schreiber

Fig. 4 - A. Dürer, silografia dal *Narrenschiff* (1494).



Zanckē vnd zu gerichtē
Von Ten narren will sey ouer sagen
Die jnn eynz yeben sach went tagen
Vnd nüt mit sieß font kumen ab
Do man nüt vor ieyn jancē vnd gāß

Fig. 5 - A. Dürer, silografia dal *Narrenschiff*.

dimensione pubblica della conoscenza. Non sono sembianze ridicole quelle della Giustizia: è fatto di legare le bende da parte della «scienza», al contrario, che si presenta come impostura degna di giullari.⁶

Abbiamo riconosciuto la struttura della vignetta sulla *science court*. Il non-vedere della Giustizia ha un retroscena. Non è un semplice chiudere gli occhi, né è una cecità congenita, ma è qualcosa di storicamente imposto. Per contro, al suo

⁶ E.V. MEYER, *Die Augenbinde der Justitia*, in «Zeitschrift für christliche Kunst», 18, 1905, 5, p. 150, e O.R. KESSEL, *Die Justitia. Reflexionen über ein Symbol und seine Darstellung in der bildenden Kunst*, München, Beck, 1984, p. 90, avanzano ipotesi che l'introduzione delle bende nella raffigurazione della Giustizia sia in rapporto col diffuso odio nei confronti della recezione e dei giuristi di formazione romano-canonica, che, più legati al potere politico, soppiantavano le antiche giurie popolari. In effetti nella Germania sud-occidentale — proprio nella zona in cui prendeva l'avvio la recezione e in cui si sviluppò non solo l'ampia circolazione del libro di Brant, ma anche la tradizione iconografica della Giustizia bendata — funzionava, a partire dal 1315 e almeno fino al 1792, un «albo tribunale dei giullari» col privilegio, limitato alla notte di carnevale, di rovesciare la verità ufficiale e di pubblicare proprie «sentenze», perfino quelle più ignominiose verso i potenti. cfr. C. AETTLINGER, *Zur Rechtsgeschichte des Hofnarren*, Berlin, de Gruyter, 1991, pp. 32-33.

riemergere dopo cinque secoli, questa struttura nascosta appare rovesciata nel suo significato immediato: all'acre sarcasmo dell'interpretazione dureriana non si è per caso sostituito il facile ottimismo della «scienza» dei giuristi tedeschi del '400-'500, fautori di quella recezione romano-canonica che assicurava loro una posizione di grande prestigio e potere? Non per nulla è tale interpretazione che poi è prevalsa nella tradizione iconografica della Giustizia.⁷ Lungi dal rappresentare un handicap, la benda sugli occhi promette imparzialità, oggettività, di cui è garante la separazione stessa di chi la impone.⁸ Chi giudica non ha, non deve avere un proprio sapere, conoscenze particolari: la sua scienza è il diritto, al resto provvede la sua coscienza. E la bilancia, i pesi, le misure? La bilancia si è rivelata una falsa bilancia, inevitabilmente manipolata dalla soggettività di chi doveva limitarsi a sostenerla. La gestione dei piatti perciò deve essere data in esclusiva agli esperti, ai periti, ai consulenti tecnici. Ma questo metodo di gestione, non sembra forse a sua volta, come già si chiedeva Goethe, ispirato alla tecnica inquisitoria del processo romano-canonico, con la tortura come percorso e mezzo di prova fondamentale per arrivare alla verità?⁹

Boyle: dalla prova giuridica alla prova scientifica

Qui tocchiamo la seconda tappa del nostro itinerario: Londra, all'epoca della fondazione della Royal Society. Era il 1661 e in quello stesso anno lo *Sceptical Chymist* di Robert Boyle poneva al centro della chimica nascente l'esperimento scientifico come «istanza di controllo» della validità delle teorie.¹⁰ Bersaglio critico erano gli alchimisti, chiusi nei loro gabinetti e nel loro linguaggio oscuro, dunque testimoni inaffidabili delle proprie pretese scoperte. Come modello alternativo, Boyle per un verso addirittura il proprio laboratorio, l'*Elysium*, luogo artificiale ed esclusivo, ma aperto sulla natura ed esposto a verifiche esterne; e per l'altro verso offriva i suoi stessi scritti, in cui l'illustrazione grafica, precisa in ogni dettaglio, interveniva, come testimone aggiunto, a confermare l'attendibilità dell'esposizione verbale; ma la forma ideale per lui era data proprio dalla Royal Society, dove gli esperimenti seguivano procedure codificate, alla presenza di un certo numero di autorevoli testimoni.

⁷ D.E. CURTIS e JUDITH RESNIK, *Images of Justice*, «Yale Law Journal», 96, 1987, pp. 1764 e 1771, osservano che anche se l'ambito delle bende in genere assume un valore positivo, le sue origini «possono suggerire la relazione problematica tra giudizio e conoscenza, ma possono anche far nascere la possibilità del giudice come figura a parte — e la domanda è: a parte da che?». L'effetto prodotto può essere allora, nel complesso, quello di «una profonda limitazione».

⁸ Come sottolinea J.P. DOWSON, *The oracles of the law*, Ann Arbor, Univ. of Michigan, 1968, p. 205, il potere dei professori di diritto si fondava sulla pretesa «imparzialità» della nuova «scienza» che essi incarnavano.

⁹ La questione è toccata da M. PERS, *Scienza e retorica*, Roma-Bari, Laterza, 1991, pp. 169-170. Sul «Diritto come prototipo della scienza occidentale», rimando alle pp. 151-164, che portano questo titolo, del libro di H. BERMAN, *Law and revolution. The formation of the Western legal tradition*, Cambridge, Mass., Harvard U.P., 1985.

¹⁰ ELIZABETH STRÖCKER, *Theorienwandel in der Wissenschaftsgeschichte. Chemie im 18. Jahrhundert*, Frankfurt a.M., Klostermann, 1982, p. 54.

E appunto a proposito degli esperimenti che egli stesso veniva compiendo in quella sede con la pompa pneumatica, Boyle entrava in aspra polemica con Thomas Hobbes.¹¹ Al centro di essa era la pretesa di Boyle e degli altri membri della Royal Society di provare non solo fatti naturali, scientifici, ma anche fenomeni soprannaturali, con conseguenze pratiche spesso pesanti, per esempio nei processi contro le «streghe».¹² In entrambi i tipi di eventi il criterio di certezza doveva essere fornito dalla regola *unus testis nullus testis*, tratta, secondo Boyle, dalla «pratica delle nostre corti di giustizia qui in Inghilterra»: in realtà in tale paese la regola in questione era usata esclusivamente nei processi in cui non era presente una giuria, ossia davanti ai tribunali ecclesiastici, competenti per i casi di «stregoneria», o davanti alle corti della Chancery e dell'Ammiragliato, competenti per i reati di tradimento.¹³

Hobbes per contro negava che le questioni di fatto fossero veramente separate dalle loro valutazioni, come invece sosteneva il suo avversario; anzi, denunciava il circolo vizioso indotto dalla generalizzazione del principio delle testimonianze concordanti, per cui i pretesi criteri di verità cominciano con l'occludere questioni di diritto e finivano col legittimare decisioni arbitrarie: secondo la celebre espressione del filosofo, *ascuritas, non veritas, facit legem*. In secondo luogo egli contestava che la Royal Society costituisse uno spazio pubblico: l'accesso era riservato a un numero ristretto di membri, alle cui testimonianze erano attribuiti valori assai disuguali.¹⁴ La critica in qualche modo colpiva nel segno. In quel periodo, tra il 1661 e il 1674, Boyle si affaticava senza esito intorno al problema scientifico dell'aumento di peso nella calcinazione dei metalli, scontrandosi principalmente proprio con i due tipi di ostacolo indicati da Hobbes, ma da Boyle negati in quanto tali: gli assunti corpuscolaristi messi alla base dei propri esperimenti, e la contraddizione esistente tra il carattere privato dei mezzi a disposizione e le complesse tecnologie richieste.¹⁵ Anche per questo proprio Boyle doveva riconoscere che assai difficilmente i risultati dei suoi esperimenti con la pompa pneumatica avrebbero potuto essere confermati da altri.¹⁶

La regola *unus testis nullus testis* non esisteva in Inghilterra anche perché non la consentiva il sistema lì in uso della giuria, che ancora attribuiva a quest'ultima

¹¹ S. SHAPIRO e S. SCHAFER, *Leviathan and the air pump. Hobbes, Boyle and the experimental life*, Princeton, University Press, 1985, cap. II, in part. pp. 58 e 73.

¹² *Ibid.*, pp. 315-317.

¹³ BARBARA SHAPIRO, *Probability and certainty in Seventeenth Century England. A study of the relationships between natural science, religion, history, law and literature*, Princeton, University Press, 1983, pp. 197-198. Secondo S. Shapiro e S. Schaffer, «Boyle used the provision of Clarendon's 1661 Treason Act, in which, he said, two witnesses were necessary to convict» (*op. cit.*, p. 327). Su questi limiti di applicazione della regola nel diritto inglese e sulla loro evoluzione, J.H. WICKS, *Required number of witnesses; a brief history of the numerical system in England*, in «Harvard Law Review», 13, 1901, 2, pp. 100-104.

¹⁴ S. SHAPIRO e S. SCHAFER, *op. cit.*, pp. 57, 320 e 326-327. BARBARA SHAPIRO, *op. cit.*, pp. 180-193, ha mostrato come diversi membri della Royal Society, che a volte erano allo stesso tempo giuristi e scienziati, seguissero Boyle nell'attendere la portata della regola sulle testimonianze (cfr. inoltre, della stessa autrice, *Law and science in seventeenth-century England*, in «Stanford Law Review», 21, 1969, pp. 754-761).

¹⁵ ELIZABETH SIMON, *op. cit.*, pp. 69-70.

¹⁶ S. SHAPIRO e S. SCHAFER, *op. cit.*, p. 60.

funzioni testimoniali.¹⁷ La Rivoluzione francese, accogliendo tale sistema fondato sul principio della libera valutazione delle prove, fece cadere definitivamente dal diritto penale quella regola.¹⁸ Tuttavia essa si conservò, grazie anche a Boyle, come norma non scritta della comunità scientifica, e così, attraverso la via degli esperti e dei periti, poté rientrare con rinnovato prestigio nelle aule dei tribunali, dove il giudice, pur proclamato *peritus peritorum*, nella realtà pratica rinunciava, in nome dell'imparzialità, all'uso di un proprio sapere che travalicasse le competenze giuridiche.¹⁹ E a questa nuova sistemazione complessiva non rimase estranea neppure la *common law* degli Stati Uniti, dove, a partire dagli anni '20 del nostro secolo, le corti hanno esplicitato il *Frye standard*, secondo cui esse considerano rilevanti le innovazioni e applicazioni scientifiche, nella misura in cui sono «generalmente accettate dalla comunità scientifica competente».²⁰

Scienza e res indicata

Se si accetta la ricostruzione proposta da Max Weber, i sistemi basati sulle prove «irrazionali» possono essere considerati come portatori di una propria razionalità, volta a «amministrare» materialmente il conflitto; il sistema delle prove legali, al contrario, dà la prevalenza a esigenze di razionalità formale, autonomizzate dal contesto teorico-sociale.²¹ Si potrebbe aggiungere che la Rivoluzione francese ha

¹⁷ J.H. WIGMORE, *op. cit.*, pp. 91-96.

¹⁸ Su tale vicenda è fondamentale lo studio di A. PADOA SCHIOPPA, «*Unus testis nullus testis*», note sulla scomparsa di una regola processuale, in «*Studia giuridica*», 4, 1967, pp. 334-357; inoltre i contributi del medesimo autore a *The trial jury in England, France, Germany 1700-1800*, a c. di A. PADOA SCHIOPPA, Berlin, Duncker und Humblot, 1987, e a *Les destinées du jury criminel*, a c. di R. Martinage e J.-P. Roger, Lille, L'espace juridique, 1990.

¹⁹ Ma già nel 1622 si era affermato che le conclusioni di un testimone sono ammissibili se sostenute da un'altra testimonianza, e nel 1671 Vaughan doveva difendere i diritti delle giurie contro le pretese degli esperti di fare eccezione al divieto per i testimoni di trarre conclusioni da dati di fatto: «un testimone non fa che giurare su ciò che ha visto o sentito (...)». Ma un membro della giuria giura su ciò che può inferire o concludere da tale testimonianza con la forza della comprensione» (cit. da L. HANS, *Historical and practical considerations regarding expert testimony*, in «*Harvard Law Review*», 17, 1901, 1, pp. 44-45). In generale si veda il vecchio lavoro di F. STEIN, *Das private Wissen des Richters. Untersuchung zum Beweinsrecht beider Prozesse*, Leipzig, 1893 (Aalen, Scientia, 1969: a lui risale l'espressione *Erfahrungswitze*, «massime di esperienza», per indicare il sapere scientifico a cui deve limitarsi il giudice), oltre a A. DE VALLIS, *Norme giuridiche e norme tecniche*, in *Raccolta di scritti in onore di Arturo C. Jemolo*, v. 3, Milano, Giuffrè, 1963, pp. 177-188, e al più recente HUGUETTE LE FOYER-DE COSTE, e G. LE FOYER-DE COSTE, *Les connaissances personnelles du juge*, in «*Revue internationale de droit comparé*», 38, 1986, pp. 317-327. Le conclusioni tranne unicamente dall'evoluzione normativa (per es. quelle di V. DENTI, *Scientificità della prova e libera valutazione del giudice*, in «*Rivista di diritto processuale*», 1972, 3, pp. 414-437) vanno corrette alla luce della prassi processuale (in tal senso V. FERRARI e V. POGAR, *Il consistente tecnico nel giudizio civile*, in «*Sociologia del diritto*», 1, 1974, pp. 109-126).

²⁰ P.C. GUNONELLI, *Frye e United States*, in «*West's Federal Rules Decisions*», 99, 1983 (numero dedicato al *Symposium on science and the rules of evidence*), p. 189.

²¹ M. WEBER, *Wirtschaft und Gesellschaft*, Tübingen, Mohr, 1922; tr. it.: Milano, Comunità, 1980, v. 3, pp. 97-99. Riesaminando tali aspetti, Simona Ardèni rileva come nello stesso Weber si ritrovi l'idea secondo cui «il processo è un modello non soltanto per le attività sociali che sono

cercato di contemperare entrambe le esigenze, accogliendo in via di principio un regime di prova libera, amministrativamente più flessibile, ma subordinandolo di fatto ai criteri prevalenti di razionalità scientifica.²² Dopo circa due secoli, con l'emergere delle «big issues» — che rivelano l'azione del sistema giuridico ben al di là delle parti in causa, fin sui più ampi equilibri ecosistemici —, questo modello lascioci dalla Rivoluzione è entrato in crisi, e il primo sintomo ne è dato proprio dall'idea contemporanea di *science court* (esposta da Kantrowitz fin dal 1967 a un sottocomitato del senato americano), estremo tentativo di salvarne la sostanza, codificando la prassi consolidata e rendendola vincolante secondo procedure rigorose.²³

Secondo Kantrowitz, oggetto della nuova «istituzione» (che avrebbe dovuto essere creata dal Congresso) sarebbero state le «decisioni miste», ossia quelle con componenti importanti e controverse sia dal punto di vista scientifico che da quello politico, e il cui peso cominciava a farsi sentire con insistenza. Tre aspetti dovevano caratterizzarne l'attività: la separazione dello scientifico dal politico e tra le rispettive comunità; la separazione del giudice-scienziato dall'avvocato-esperto; la pubblicazione del giudizio finale, limitato esclusivamente ai fatti scientifici.²⁴

Qualche esperimento di «adversary sciences» riuscì a prendere corpo all'inizio degli anni '70,²⁵ ma il momento più favorevole in cui l'idea sembrò trovare udienza

alla base della scienza del diritto, ma anche, e più generalmente, per i processi cognitivi in quanto tali» (*Procès, procédure et action sociale: une hypothèse wébérienne*, in «Revue interdisciplinaire d'études juridiques», 1991, n. 26, p. 87).

²² Nel pensiero di Condorcet una visione cumulativa della conoscenza e l'uso giuridico del calcolo delle probabilità permettono di articolare la tendenza al perfezionamento sociale su esigenze specialistiche di sempre maggiore certezza. Se ne sente l'influenza nel primo trattato inglese di diritto delle prove, il *Law of evidence* di Gilbert (1756), che nella terza edizione del 1795, richiamandosi alla terminologia dei «giuristi francesi», presenta un'aggiunta sulla «prova per esperti»: «nella misura in cui l'esperienza e la scienza progrediscono, diminuisce l'incertezza e il pericolo che deriva da questo tipo di prova» (cit. da L. HART, *op. cit.*, p. 48, il quale, sulla linea di questa evoluzione storica, avanza per la prima volta la proposta di un tribunale speciale di esperti). Per un quadro più ampio, rinvio a G. ISCOZZI, *Diritto e criteri di razionalità scientifica prima e dopo la Rivoluzione francese*, in *Scritti di storia della scienza in onore di G.B. Marinò Benito*, a c. di A. Ballo e L. Paolova, Roma, Accademia Nazionale delle Scienze, 1990, pp. 157-169.

²³ Si vedano LORRENZA VIGLINO, *Le questioni scientifiche connesse nel procedimento amministrativo. Sostanze cancerogene e centrali nucleari negli Stati Uniti*, Milano, Giuffrè, 1986, e, per l'esperienza italiana, P. MARINA, *Associazioni ambientaliste e interessi diffusi nel procedimento amministrativo. Contributo alla disciplina legale del procedimento amministrativo*, Padova, Cedam, 1990, pp. 120-140. Che la crisi del vecchio modello tenda a generalizzarsi, lo dimostra anche l'esperimento italiano che ha introdotto giudici-esperti a fianco di giudici-giuristi nelle sezioni specializzate dei tribunali civili che si occupano di tossicomanie. M. Corsale, per esempio, ritiene che tale trasformazione degli esperti da testimoni in giudici tenda a deresponsabilizzare i giudici-giuristi, legittimando le loro decisioni con l'avallo e l'autorità della scienza (*Un expert au sein du tribunal: quelques considérations sur une expérience en droit italien*, in «Annales de Vaccaronis», 2, 1987, n. 27, pp. 87-96). Diversa è invece l'opinione di M. TARIFFO, *The personal knowledge of the judge, in Italian national reports in the XII International congress of comparative law*, Milano, Giuffrè, 1986, pp. 255-256: «Expert courts».

²⁴ A. KANTROWITZ, *Proposal for an institution for scientific judgment*, in «Sciences», 156, 12.5.1967, n. 3776, pp. 763-764.

²⁵ Si veda I.D.J. BROS, *Adversary science in Aliquippa*, in «Health Physics», 26, 1974, 4, pp. 581-583.

presso le autorità governative fin quasi a istituzionalizzarsi, si presentò nell'ultima fase dell'amministrazione Ford, tra il 1975 e il 1976. La versione aggiornata del progetto, punto di riferimento del dibattito che si sviluppò su *Science* e nel corso di un apposito convegno, per un verso manteneva in primo piano la rigorosa separazione tra fatti scientifici e questioni di valore, e delimitava la competenza della corte esclusivamente all'esame dei primi: attraverso una rigida divisione del lavoro tra «scientific community» e «political community», si procedeva a una sorta di spartizione senza residui del delicato tessuto giudiziale di norme e fatti. Il giudizio degli esperti assumeva un'assoluta priorità non solo temporale ma logica, e si metteva al riparo da possibili interferenze da parte di giudici togati.²⁶ D'altra parte però il progetto rendeva assai più esplicita una seconda caratteristica, tratta di peso dalla procedura civile e dal processo penale di tipo accusatorio, quella del contraddittorio, con la possibilità per il pubblico di partecipare attraverso rappresentanti.²⁷

Tuttavia il fragile equilibrio tra queste due componenti ipotizzate alla base della *science court* non avrebbe retto all'acutizzarsi dello scontro sociale sulle questioni ecologiche, di cui parlavo all'inizio. Sul versante dei movimenti ecologisti, infatti, l'accentuazione del contraddittorio non appariva elemento di tale peso da compensare l'indebolimento derivante dalla perdita di un terreno giuridico complessivo di intervento. Perciò si denunciava senz'altro il rito di «autoritarismo» implicato da sentenze scientifiche con valore di cosa giudicata.²⁸ I membri della *task force* autori del progetto per contro negavano che la separazione tra fatti e valori nascondesse un trasferimento di competenze dai giuristi agli scienziati, ricordando che in fondo la comunità scientifica fin dalle origini aveva utilizzato *de facto* istituzioni assai simili a queste: adesso c'era solo la necessità di formalizzare giuridicamente tale procedura.²⁹

Una evidente sintonia con le tesi degli ecologisti appare invece in quei giudici non soddisfatti dei più recenti esiti della tradizionale divisione del lavoro: «una decisione di una *science court* su questioni di fatto, circondata da tutta la mistica della scienza e del diritto — affermava Bazelon —, potrebbe ben avere un impatto politico enorme e senza possibilità di replica». Egli si chiedeva — era il 1977 — come si potesse pretendere di «risolvere» in termini puramente scientifici la discussione sulla possibilità di un incidente catastrofico a un reattore nucleare: nel fissare standard di sicurezza non intervengono semplicemente fatti, ma inferenze in cui entrano in modo essenziale valutazioni di interessi.³⁰ Un esempio da non seguire, secondo lui, era quello della National Academy of Sciences che, a proposito del

²⁶ Task Force of Presidential Advisory Group on Anticipated Advances in Science and Technology, *The science court experiment: an interim report*, «Science», 191, 20.8.1976, n. 4254, pp. 653-656. Inoltre, *Proceedings of the colloquium on the science court*, Doc. No. PB-261 305, Washington, D.C., U.S. Dept. of Commerce, January 1977.

²⁷ A. KANTORITZ, *Controlling technology democratically*, in «American Scientist», 61, 1975, 5, pp. 305-309.

²⁸ B. COMBACHER, *A «Supreme court» for science?*, in «Hospital Practice», 11, 1976, 4, pp. 125 e 129.

²⁹ A. MAZER, *Science courts*, in «Mincerva», 15, 1977, pp. 8-9.

³⁰ D.L. BAZELON, *Coping with technology through the legal process*, in «Cornell Law Review», 62, 1977, 3, p. 827.

problema dell'azione dei fluorocarburi sulla fascia di ozono, ignorando l'allarme lanciato dal rapporto Molina e Rowland del 1974, aveva proposto nel 1976 un rinvio di due anni per la regolazione di tali sostanze, al fine di condurre ulteriori ricerche che permettessero di ridurre l'incertezza. Vogliamo veramente tutti — domandava Bazelon — rischiare di pagare prezzi così elevati per il lusso di una maggiore certezza?³³

Regulation v. research?

Il modello di *science court* messo a punto dalla *task force* si rivelava improponibile. Perciò la nuova impostazione prospettata nel *Bulletin of the Atomic Scientists* da una parte concedeva che non si dovesse creare alcuna separazione aprioristica tra fatti e valori, per altro verso addossava tutti i mali al principio del contraddittorio, considerato fonte di artifici retorici, ma non di verità. Se si voleva veramente perseguire quest'ultima, bisognava al contrario sperimentare una procedura di «*Scientific Mediation*» capace di produrre consenso, non conflitto.³⁴ Tale soluzione, in realtà, non indicava altro che un ritorno al modello ormai superato, minimizzando la portata delle *big issues* e riportando le questioni scientifiche controverse fuori di uno spazio pubblico. Ma proprio riguardo al problema della sicurezza delle centrali nucleari, di lì a poco l'incidente di Three Mile Island avrebbe riaperto con la massima acutezza le contraddizioni, con l'importante conseguenza sul piano giudiziale di venire a «rovesciare l'onere della prova — come si riconobbe sullo stesso *Bulletin of the Atomic Scientists* — non più a carico di quelli che pretendono che l'energia nucleare è pericolosa, ma a carico di quelli che pretendono che non lo è», ossia a carico della tesi fino ad allora generalmente più accreditata tra gli

³³ *Ibid.*, p. 821. Cfr. l'opinione della corte d'appello del distretto della Columbia, chiamata a giudicare, sulla base del *Clean Water Act*, in *Ebbyl Corporation v. Environment Policy Agency*, 541 F.2d 1 (D.C. Cir. 1976): «Indubbiamente la certezza è un ideale scientifico nella misura in cui la scienza può essere certa della sua verità. Ma nelle complesse questioni di medicina ambientale la certezza può essere raggiunta solo dopo il fatto, quando gli scienziati hanno modo di esaminare un intero meccanismo in condizioni di tranquillità e di isolamento. L'ansia della certezza spesso permette di agire solo a fatto avvenuto, non in via preventiva. I ricorrenti suggeriscono che tutto quanto sia meno che certo, ipotetico, è irresponsabile. Ma quando le norme giuridiche cercano di evitare catastrofi ambientali, come si può legittimamente connotare in tal modo decisioni che, anche se incerte, sono dirette a prevenirci?» (Cfr. da R.W. FOLEY e D.A. FARRIS, *Environmental law in a nutshell*, St. Paul, Minn., West, 1988 [1983], p. 133).

³⁴ NANCY E. ARRAGO, R.S. BERRY, *Mediation: a better alternative to science courts*, «*Bulletin of the Atomic Scientists*, 33, 1977, 4, pp. 50-53. Sullo stesso numero della rivista A. KANTROWITZ replicava alle critiche, difendendo punto per punto il proprio modello (*The science court experiment: criticism and responses*, *ibidem*, pp. 44-50). Le analisi più puntuali del progetto di *science court* e del relativo dibattito sono venute però dai giuristi: oltre ai lavori di Bazelon, si vedano J.A. MARTIN, *The proposed «science courts»*, in «*Michigan Law Review*», 73, April-May 1977, pp. 1058-1091; e J.N. MARTIN, *Procedures for decisionmaking under conditions of scientific uncertainty: the science court proposal*, in «*Harvard Journal on Legislation*», 16, 1979, 2, pp. 443-511. Una raccolta di contributi soprattutto dal punto di vista della teoria sociologica è quella curata da E.M. WISZ, *Wissenschaftsprüfungsbefehle. Mittel zwischen Wissenschaft, Politik und Gesellschaft*, Frankfurt a.M.-New York, Campus, 1983.

esperti.³³ In senso opposto avrebbe invece continuato a muoversi la National Academy of Sciences sulla questione dei fluorocarburi, passando dal «moderato ottimismo» della linea «research prior to regulations» all'«estremo ottimismo» della linea «research without regulations», quando affermava, nel suo nuovo rapporto del 1984, che, prima di decidere su qualsiasi standard, la questione della fascia d'ozono andava esaminata in connessione con l'altro grande problema dell'effetto serra (connessione, questa, nient'affatto dimostrata, e che aveva il sapore di un *examinate* diretto a rinviare *sine die* le decisioni su entrambi i versanti).³⁴

A ben altre conclusioni, più aderenti alle esigenze delle controversie scientifiche in corso, era giunto il giudice Bazelon quando, intervenendo su *Science* nel 1979, aveva tirato un primo bilancio della lunga discussione sulla *science court*. Egli si pronunciava decisamente a favore di un'estensione del contraddittorio, con la partecipazione di tutti gli interessati, soprattutto ai procedimenti in cui l'amministrazione dello stato prende decisioni di una certa rilevanza; egli sottolineava inoltre la posizione peculiare delle corti giuridiche: collocate all'esterno del dibattito scientifico e politico, possono chiedere agli uni che venga confessata l'ignoranza là dove certi fatti non sono conosciuti, e agli altri che vengano spiegate certe decisioni. Di più: all'interfaccia del fatto e del valore, le corti possono chiedere che i valori alla base di quelle decisioni siano riconosciuti esplicitamente, non occultati sotto un gergo pseudo-scientifico.³⁵

Nel corso degli anni '80 il vecchio dibattito sulla *science court* tenderà perciò a riformularsi sulla base delle due nuove tendenze: i contrasti ora vertono non più sulla divisione tra fatto e valore, o tra scienziati e politici (pacificamente respinta nelle sue conseguenze più estreme), quanto sui limiti interni e sulle istituzioni del conflitto (o, alternativamente, del consenso) in cui un nuovo rapporto può prendere forma. Per quel che riguarda gli aspetti teorici, si prende atto che lo standard di prova secondo cui la tecnica scientifica prodotta in giudizio «deve essere generalmente accettata dalla comunità scientifica che conta», non è più l'unico impiegato dalle corti americane; al contrario, esse ammettono sempre più di frequente che «il valore probatorio potrebbe provenire dalle asserzioni di un solo esperto», contestabili attraverso il contraddittorio.³⁶ Ma la nuova dislocazione del dibattito focalizza l'attenzione su altri aspetti, non semplicemente quantitativi. Il caso delle sostanze tossiche diventa paradigmatico: finora — si constata — giudici e giurie «hanno di norma puntato l'obiettivo su fattori come la probabilità di errore o il grado di

³³ V. GILMAN, *The impact of Three Mile Island*, «Bulletin of the Atomic Scientists», 36, 1980, 1, p. 18.

³⁴ SYLVIA M. WILLIAMS, *A historical background on the chlorofluorocarbon ozone depletion theory and its legal implications*, in C. FUNTERMAN et al. (eds.), *Transboundary air pollution. International legal aspects of the co-operation of states*, Dordrecht, M. Nijhoff, 1986, p. 277.

³⁵ D.L. BAZELON, *Risk and responsibility*, «Science», 205, 20.7.1979, n. 4403, pp. 277-280. Gli esperti — precisava lo stesso giudice — «omettono qualsiasi vera discussione delle osservazioni alla base e dei metodi di inferenza (...)». Ci dicono che una certa innovazione è sicura, invece di dire: «come è sicura e perché». In: *Governing technology: values, choices, and scientific progress*, in «Technology and Society», 3, 1983, ora in P. LANSONE (ed.), *Contemporary social controversies in technology*, New York-Oxford, Oxford U.P., 1987, p. 137.

³⁶ P.C. GIANNELLI, *Frye v. United States*, cit., pp. 189 e 195.

certezza espresso da un testimone»; il punto realmente in questione invece «è se i fatti vengano connessi alle conclusioni attraverso un ragionamento scientificamente valido», e su questo terreno — si aggiunge — i giuristi «sono più che capaci di distinguere un ragionamento valido da uno invalido».¹⁷ Un punto e un terreno su cui può essere esercitato un controllo aperto e ampio.

Sotto l'aspetto istituzionale, per contro, le industrie chimiche coinvolte nella produzione di sostanze considerate pericolose assumono, nelle circostanze mutate, un atteggiamento meno rigido, accettando come terreno principale di scontro quello giudiziario, ma proponendo alla comunità scientifica un codice deontologico basato sul rifiuto della «disgustosa battaglia degli esperti», che in fondo rimetterebbe il controllo delle questioni scientifiche controverse nelle mani di giudici incompetenti. E per assicurare il rispetto di tale codice, vengono create «società professionali» col compito di seguire l'eventuale «avvocato-scientista» (vale a dire, in molti casi, lo scienziato animato da troppo spirito di indipendenza) «dovunque egli appaia, e testimoniare un consenso scientifico in diretto conflitto con la sua opinione».¹⁸ Tramontato il vecchio progetto di una *science court* giuridicamente separata, gli esperti dovrebbero affidare di nuovo a leggi non scritte il compito di far prevalere il proprio punto di vista.

La vignetta del 1977 rivela dunque un'ultima, interessante affinità con l'incisione di Dürer. Il folle inquisitore della verità e della Giustizia trovava tormento e ostacolo negli strumenti di tortura di cui si era circondato, sotto specie di spazzole di ferro; non meno maldestramente l'omino in camice bianco ha scelto un punto d'appoggio troppo lontano dalla statua e il suo equilibrio diventa seriamente instabile. E che oggi vi siano probabilità assai più elevate di allora che, in un modo o nell'altro, queste bende simboliche sfuggano di mano tirandosi dietro anche i propri sostenitori, è cosa che preoccupa un po' tutti.

¹⁷ B. BLACK, *A unified theory of scientific evidence*, in «Fordham Law Review», 36, Marzo 1968, pp. 694-695; cfr. Id., *Evolving legal standards for admissibility of scientific evidence*, in «Science», 239, 1988, pp. 1508-1512.

¹⁸ M.R. WISSEL, *Adversary science and the adversary scientific threats to responsible dispute resolution*, in «Jurimetrics Journal», 28, 1988, 4, p. 386, dove si dà appeso il testo della *Chemical Industry Institute of Toxicology Policy Guidelines* e D.L. BARDON (*Governing technology ...*, cit., p. 138) opponeva invece all'atteggiamento dell'industria nucleare l'esempio delle *National Institute of Health Recombinant DNA Research Guidelines* (1976), che favoriscono apertamente la partecipazione del pubblico al processo di regolazione della ricerca.

CARLO FIORENTINI (*)

Il ruolo della riflessione storico-epistemologica nella riforma del processo educativo (**)

The role of the historical and epistemological reflection in the reformation of the educational process.

Summary - During the last fifty years the teaching in the public school, in Italy and more generally in all developed countries, has been characterized by remarkable innovations. Nevertheless, in our opinion, the basic criticism to the traditional teaching models, of some outstanding pedagogists and educational philosophers, such as J. Dewey, are still substantially valid in our days.

The science (particularly chemistry) teaching is in fact, in our days, still specialist, formalistic and based on factual knowledge.

We think that only the historical and epistemological reflection can play an important role in mediating between the psychopedagogic requirements and the disciplinary purposes. Furthermore the historical and epistemological reflection can give a correct representation of the science and consequently at the end of the high school program the students will have a non-dogmatic picture of the science.

Negli ultimi 10 anni si è generalizzata anche in riferimento all'insegnamento scientifico la consuetudine di fare precedere un qualsiasi progetto (proposta didattica, libro, ecc.) dalla indicazione delle finalità e degli obiettivi. E probabilmente è possibile affermare che le finalità e gli obiettivi dell'educazione scientifica che noi riteniamo fondamentali siano generalmente condivisi, e che quindi essi rappresentino delle affermazioni scontate.

Vediamo innanzitutto quali sono. La finalità fondamentale della educazione scientifica dovrebbe essere, a nostro parere, quella di contribuire al pieno sviluppo della persona umana, cioè all'acquisizione dell'autonomia di giudizio. Da ciò discendono due obiettivi generali fondamentali, tra loro strettamente interrelati:

1) quello di contribuire allo sviluppo ed al potenziamento delle capacità logico-linguistiche;

(*) ITG «Brunelleschi», Empoli.

(**) Relazione presentata al IV Congresso Nazionale di «Scienza e Fondamenti della Chimica» (Venezia, 7-9 novembre 1991).

2) quello di contribuire allo sviluppo culturale dello studente, iniziando a fornire un'idea adeguata, seppur iniziale, dell'apporto della scienza allo sviluppo delle conoscenze umane.

La tesi centrale delle nostre riflessioni è che l'educazione scientifica nelle scuole pre-universitarie sia generalmente totalmente inadeguata in riferimento ad ambedue gli obiettivi appena indicati, e che quindi l'eventuale accordo sulle finalità e gli obiettivi sia del tutto fittizio, e che l'indicazione di finalità e obiettivi faccia purtroppo ormai parte dell'armamentario retorico impiegato per mascherare con belle parole la banale realtà di sempre.

È a questo punto necessaria una precisazione, seppur ovvia: riteniamo che molte considerazioni che svilupperemo in questo articolo, benché rivolte precipuamente all'educazione scientifica, abbiano purtroppo un carattere di maggiore generalità; esse potrebbero cioè essere rivolte con ancora maggiore determinazione nei confronti di molte altre discipline, quali la storia, la geografia, l'economia, il diritto, ecc.

Negli ultimi cinquant'anni la scuola è stata caratterizzata da rilevanti innovazioni, in Italia e più in generale nei paesi più sviluppati, ma, a nostro parere, le critiche più di fondo avanzate già nella prima metà del nostro secolo all'insegnamento tradizionale da alcuni grandi pedagogisti e filosofi dell'educazione, quali J. Dewey, sono nella sostanza ancora valide oggi. Ancora oggi infatti l'insegnamento scientifico (e l'insegnamento più in generale) è impostato generalmente in modo specialistico, formalistico, nozionistico ed enciclopedico. Ancora oggi all'insegnamento scientifico prevalente potrebbero essere rivolte le seguenti considerazioni di Dewey:

«Come tutte le altre cose, anche i simboli, come si è già rilevato, sono esistenze fisiche, sensibili. Sono simboli solo in virtù di ciò che suggeriscono e rappresentano: cioè, dei significati. In primo luogo, essi rappresentano per una persona questi significati solo quando essa ha avuto esperienze di una qualche situazione rispetto a cui questi significati sono effettivamente rilevanti. Le parole possono isolare e conservare un significato solo allorché esso è stato in precedenza implicato nei nostri contatti diretti con le cose. Tentare di dare un significato tramite la parola soltanto, senza una qualsiasi relazione con la cosa, significa privare la parola di ogni significazione intellegibile; è contro questo tentativo, una tendenza purtroppo prevalente nell'educazione, che i riformatori hanno protestato. Inoltre vi è la tendenza ad ammettere che, ovunque vi sia una definita parola o forma linguistica, vi sia anche un'idea definita; mentre, in realtà, sia gli adulti che i fanciulli possono adoperare formule verbalmente precise, avendo solo la più vaga e confusa idea di ciò che esse significano. È più proficua la genuina ignoranza perché è facilmente accompagnata da umiltà, curiosità ed apertura mentale; mentre l'abilità a ripetere frasi fatte, termini convenzionali, proposizioni familiari, crea la presunzione del sapere e spalma la mente di una vernice impenetrabile alle nuove idee». [1]

Negli ultimi decenni (nella scuola superiore in particolare durante gli anni settanta) sono state ricercate e sperimentate ipotesi diverse, ma questi tentativi, da una parte, non sono mai riusciti ad assumere un ruolo significativo, e dall'altra, hanno finito spesso per far ruotare il pendolo dal lato opposto, sono arrivati cioè a prospettare una concezione dell'educazione scientifica di tipo attivistico (un esempio emblematico di questa tendenza è stato il Progetto Nuffield per la

chimica). Questi progetti innovatori nei confronti dell'insegnamento tradizionale hanno finito purtroppo spesso con il dimenticare che l'attività sperimentale non è il fine ma un mezzo per la effettiva realizzazione degli obiettivi educativi; hanno dimenticato quanto Dewey aveva ripetutamente affermato anche a questo proposito:

«I ragazzi non possono naturalmente acquistare ed impiegare gli stessi concetti che sono adoperati dagli individui di più matura esperienza. Ma in ogni stadio dello sviluppo ogni lezione deve, se vuole essere educativa, condurre ad una concettualizzazione più o meno grande di impressioni o di idee. In mancanza di questo processo di intellettualizzazione o concettualizzazione, non vi è nessun profitto che conduca ad una migliore comprensione delle nuove esperienze. Dal punto di vista educativo è questo *deposito intellettuale* che conta. Nessuna quantità di interessi contingenti, per quanto assorbenti ed eccitanti possano essere, può compensare il mancato raggiungimento di questo deposito intellettuale». [2]

Potrebbe a questo punto essere sollevata contro le precedenti affermazioni l'obiezione che l'insegnamento scientifico attuale non possa essere confuso con quello tradizionale, in quanto negli ultimi decenni esso sarebbe stato caratterizzato da innovazioni significative. Ora indubbiamente si è passati per molte discipline da un'impostazione nozionistica, descrittiva ed enciclopedica ad una impostazione deduttivistica, metodologica quest'ultima che si è posta il problema di superare i limiti sia dell'insegnamento tradizionale che dell'attivismo, prospettando di basare l'insegnamento sui concetti fondamentali, sulla struttura delle discipline. È sufficiente, per esempio, confrontare un manuale attuale di chimica con uno di trent'anni fa per rendersi conto del cambiamento.

Ma quale tipo di cambiamento? Vi è stato indubbiamente un ammodernamento disciplinare, ma, a nostro parere, nessun miglioramento da un punto di vista sia culturale, che psico-pedagogico-didattico. D'altra parte, i difetti profondi di questa impostazione non sono casuali, ma sono connessi ai limiti del suo principale riferimento teorico, la concezione strutturalista di Bruner, quale è tratteggiata, per esempio nel libro «Dopo Dewey — il processo di apprendimento nelle due culture» del 1959. [3]

I gravi limiti della concezione bruneriana sono riconducibili all'identificazione da essa operata tra struttura delle discipline dal punto di vista specialistico e struttura delle discipline sul piano educativo, ritenendo in questo modo che la tradizione attivista americana, che aveva appunto considerato Dewey come principale riferimento, fosse totalmente da rifiutare. Vi è invece, a nostro parere, un aspetto importante della tradizione attivista che non può essere gettato via da chi si pone in una prospettiva di effettiva riforma del processo educativo, e cioè la consapevolezza che l'organizzazione specialistica del sapere scolastico debba essere radicalmente messa in discussione. È tutt'altro che scontato che, come ritiene Bruner, i concetti fondamentali dell'organizzazione specialistica contemporanea delle discipline scientifiche debbano costituire i concetti basilari dell'educazione scientifica nella scuola dell'obbligo e nel biennio della secondaria superiore.

Alcuni principi psicopedagogici, quali la necessità nell'insegnamento di procedere dal semplice al complesso, dal noto all'ignoto, sono apparentemente generalmente condivisi, ma sono condivisi soltanto nella loro esteriotà sloganistica. L'immane problema della riforma dell'insegnamento consiste proprio nella compen-

sione delle difficoltà nella realizzazione di quei principi, nella comprensione della complessità e della molteplicità delle mediazioni necessarie. Una caratteristica che ha accomunato le tre concezioni dell'insegnamento scientifico che abbiamo finora preso in considerazione (e che è in grado di fornire una spiegazione dei loro limiti) è stata la totale incomprensione del ruolo della riflessione storico-epistemologica in relazione alla riforma del curricolo.

Noi riteniamo che il ruolo della riflessione storico-epistemologica sia centrale, in quanto pensiamo che soltanto essa sia in grado di svolgere la funzione di mediazione tra le esigenze psicopedagogiche e gli obiettivi di tipo disciplinare, che cioè soltanto essa sia effettivamente capace di mettere in comunicazione i due mondi, altrimenti difficilmente irrelabili.

La riflessione storico-epistemologica è capace, in relazione alle diverse discipline, di prospettare delle ipotesi curriculari fondate e conformi alle indicazioni più significative emerse dal campo della psicopedagogia. Soltanto essa è infatti in grado, sulla base di un'analisi storico-critica delle discipline:

- 1) di individuare i nodi concettuali problematici,
- 2) di individuare la complessità, al di là dell'apparenza, di molti concetti,
- 3) di individuare la necessità psicologica di dedicare spazio a concetti ormai considerati, dalla struttura specialistica, autoevidenti,
- 4) di individuare il ruolo e la collocazione delle osservazioni e degli esperimenti,
- 5) di indicare, in conclusione, i concetti basilari della struttura educativa.

Ci siamo finora soffermati essenzialmente ad analizzare il versante psicopedagogico dell'insegnamento scientifico, trascurando quello culturale-conoscitivo. Ed anche le considerazioni appena svolte sulle competenze storico-epistemologiche hanno cercato di evidenziare la loro funzione di mediazione rispetto alle esigenze di tipo psicopedagogico. La riflessione storico-epistemologica è inoltre in grado di svolgere un'altra decisiva funzione, d'altra parte strettamente connessa alla precedente, e cioè quella di fornire una rappresentazione adeguata della scienza, del contributo conoscitivo delle diverse discipline scientifiche.

Avevamo espresso fin dall'inizio un giudizio negativo sull'immagine della scienza ricavabile dalla maggioranza dei manuali scientifici; ci proponiamo ora di entrare un po' nel merito.

Vi sono due concezioni (due filosofie) della scienza tra loro agli antipodi, che sono in realtà molto affini nelle implicazioni pedagogiche e culturali. Per la prima, la scienza, che è sinonimo di verità e certezza, è l'inventario di queste verità. E l'idea di scienza che si ricava dai manuali scientifici è generalmente questa concezione dogmatica. La seconda, che prende le mosse dalle costanti revisioni delle teorie scientifiche, arriva invece alla conclusione che nella scienza nulla è sicuro, che la conoscenza scientifica è del tutto confrontabile alla conoscenza mitica, poetica e religiosa. Questa è una concezione di tipo irrazionalistico.

Nel 1989-90 vi furono su queste problematiche due interessanti polemiche che ebbero rilevanza giornalistica; la prima venne suscitata da un libro di P. Rossi, critico nei confronti di posizioni irrazionalistiche sulla scienza [4]; la seconda fu la polemica, a cui parteciparono vari epistemologi, tra Bernardini e Tiezzi. Le consi-

derazioni di Tiezzi sono, a nostro parere, sul piano epistemologico, primitive, sprovvedute, ma non lo sono sul piano socio-culturale. La storia e la filosofia della scienza hanno da molto tempo mostrato che la scienza moderna e contemporanea sono tutt'altro che riducibili, come sembra pensare Tiezzi, al modello meccanicistico. È d'altra parte però indubbiamente vero che questa è l'idea di scienza condivisa dalla maggioranza delle persone. *Esiste in conclusione una profonda rottura tra ciò che la scienza è e ciò che appare.*

Utilizzando le parole di Popper, incominciamo a cercare di chiarire che cosa la scienza è; tenteremo poi di fornire una spiegazione del grande scarto tra realtà e apparenza.

«Una delle componenti più importanti della civiltà occidentale è la cosiddetta «tradizione razionalistica», ereditata dai Greci. È la tradizione della discussione critica, non fine a se stessa, ma volta alla ricerca della verità. La scienza greca, come pure la filosofia greca, era un prodotto di tale tradizione, e del bisogno imperioso di comprendere il mondo in cui viviamo; e così la tradizione fondata da Galileo ne rappresenta il rinascimento. Nell'ambito di questa tradizione razionalistica la scienza è apprezzata, innegabilmente, per le sue conquiste pratiche, ma lo è ancor più per il suo contenuto informativo, per la sua capacità di liberare la nostra mente dalle antiche credenze, dai pregiudizi e dalle certezze inveterate, e di offrirci invece nuove congetture e ipotesi ardite. La scienza è apprezzata, cioè, per la sua influenza liberatrice, come una delle maggiori forze che operano in favore della libertà umana.

Secondo la concezione della scienza che sto cercando di sostenere, ciò è dovuto al fatto che gli scienziati (fin dai tempi di Talete, di Democrito, del Timeus platonico e di Aristarco) hanno osato creare dei miti, o congetture, o teorie, che, pur essendo in netto contrasto con il mondo quotidiano dell'esperienza comune, sono tuttavia capaci di spiegare alcuni aspetti di tale mondo. Queste teorie sarebbero importanti anche se non fossero più che semplici esercizi per la nostra immaginazione. Ma sono qualcosa di più, come si può rilevare dal fatto che li sottoponiamo a severi controlli, cercando di dedurne alcune regolarità del comune mondo dell'esperienza quotidiana — cercando, cioè, di spiegare tali regolarità. E questi tentativi di spiegare il noto per mezzo dell'ignoto (come ho voluto definire altrove) hanno enormemente ampliato il dominio della conoscenza...

Ogni soluzione di un problema solleva nuovi problemi insoluti; tanti più ne solleva, quanto più profondo è il problema originale e più ardita la sua soluzione. Quanto più impariamo sul mondo, e quanto più profondo è il nostro apprendimento, tanto più consapevole, specifica e articolata sarà la conoscenza di ciò che non sappiamo, la conoscenza della nostra ignoranza. Questa, infatti, è la fonte principale dell'ignoranza: il fatto che la nostra conoscenza può essere solo finita, mentre la nostra ignoranza non può che essere, di necessità, infinita...» [5]

Nella scienza le ipotesi hanno una collocazione centrale, con le seguenti tre connotazioni:

- 1) di costante rivedibilità delle conoscenze,
- 2) di importanza della teoria,
- 3) e di contrasto tra apprenza fenomenica, senso comune, teorie consolidate e nuove ipotesi.

Di tutto ciò nell'insegnamento scientifico usuale non vi è traccia; nei manuali scientifici si trovano soltanto definizioni, assiomi, dimostrazioni, leggi ed esercizi; in

essi vi è l'inventario delle verità; essi sono il principale veicolo di una concezione dogmatica della scienza.

«Ogni generazione, quindi, esce dalla scuola con l'idea che la scienza sia un fatto certo, un tessuto di teorie assodate e invulnerabili, dietro alle quali c'è solo una preistoria di errori, e il cui futuro sarà dato forse soltanto da sempre migliori applicazioni. In sostanza: l'educazione manualistica della scienza distrugge l'idea che la scienza è una realtà storica, inculca l'immagine di una scienza dogmatica. Ed è così che la più antidogmatica tra le attività umane, vale a dire la ricerca scientifica, diventa il supporto del dogmatismo ideologico; la scienza è il frutto di discussioni ininterrotte, di polemiche e di controversie, di fantasie ardite e di critiche severe, e tuttavia quanti, attraverso l'immagine delle scienze tratta dai loro manuali, desiderano, per esempio, imporre la loro ideologia, diranno (come dicono) che la loro ideologia è scientifica...». [6]

In conclusione, una delle principali cause del fatto che la maggior parte delle persone hanno una concezione dogmatica della scienza risiede, a nostro parere, nel modo in cui la scienza è insegnata. Quest'ultima affermazione solleva un ulteriore problema: come mai la scienza è insegnata in questo modo? Due riteniamo siano le cause principali tra loro strettamente connesse:

- 1) nell'insegnamento della scienza si è generalmente valorizzato essenzialmente l'aspetto tecnico, e non l'aspetto formativo, si è cioè attribuita importanza soltanto all'acquisizione di competenze specialistiche direttamente spendibili nel mercato del lavoro;
- 2) i tentativi di riforma dell'insegnamento scientifico effettuati negli ultimi trent'anni non hanno utilizzato minimamente il contributo della riflessione storico-epistemologica, dimenticando o misconoscendo conseguentemente gli aspetti fondamentali della conoscenza scientifica, così carichi di implicazioni pedagogiche.

Tutte e tre le impostazioni dell'insegnamento scientifico, a cui si è fatto finora riferimento, hanno costantemente misconosciuto la complessità psicologica di molti concetti scientifici, poiché questi nella struttura contemporanea delle discipline scientifiche hanno ormai acquisito un tale status di evidenza, di ovvietà, da essere considerati fatti. Le tre concezioni hanno così cancellato uno dei connotati più significativi della conoscenza scientifica, la capacità «di spiegare il noto per mezzo dell'ignoto», e cioè che le ipotesi fondamentali che hanno contrassegnato lo sviluppo scientifico sono state costantemente, e lo sono tuttora per il non esperto, in contraddizione con il senso comune, con l'esperienza quotidiana. Nella scienza vi è poco di banale, di autoevidente; è soltanto con il senno di poi che i concetti scientifici appaiono ovvi; è questo senno di poi degli specialisti che è ignorante della complessità epistemologica e psicologica di molti concetti scientifici, ed anche di quelli più semplici.

Uno degli esempi più emblematici di concetti ritenuti autoevidenti dai manuali di scienze per la scuola media e di chimica per il biennio della scuola superiore è quello della pressione atmosferica. In molti di questi libri ci si limita a dare la seguente definizione: la pressione atmosferica è equivalente a 76 cm di mercurio; in altri viene anche riportata l'immagine del dispositivo torricelliano, con l'indicazione del dislivello di 76 cm. Evidentemente si ritiene il concetto di pressione banale, e

poco meno che banale il concetto di pressione atmosferica, di qualcosa, cioè, che nell'esperienza quotidiana non pesa (l'aria); si pensa infatti che il concetto di pressione atmosferica possa essere compreso dalla indicazione dei simboli che lo designano. Evidentemente gli estensori di questi manuali non sanno che i simboli possono essere effettivamente compresi soltanto se essi rappresentano per la persona che apprende dei significati, e che ciò può avvenire «solo quando essa ha avuto esperienza di una qualche situazione rispetto a cui questi significati sono effettivamente rilevanti». Ma una definizione di quel tipo ha qualche significato per uno studente di 13-15 anni? Quei simboli hanno per lui un qualche significato?

La pesantezza dell'aria non costituisce un'esperienza di vita quotidiana, non è un dato percettivo; nella vita di ogni giorno non ci si rende conto che l'aria ha similmente ai liquidi ed ai solidi un peso, e che conseguentemente è in grado di esercitare una pressione. Benché fossero noti da molto tempo fenomeni determinati dalla pesantezza dell'aria, fino alla metà del Seicento l'umanità non è stata in grado, superando l'immediatezza percettiva, di conoscere la realtà della pesantezza dell'aria. Da molto tempo si sapeva che:

- 1) quando si cercava di aprire un mantice con il foro tappato, l'operazione o non era possibile o avveniva con sforzo,
- 2) se si capovolgevano dei tubi chiusi ad un'estremità, pieni d'acqua, in recipienti contenenti dell'acqua, l'acqua nei tubi non scendeva.

Qual'era la spiegazione che ne veniva data? La paura del vuoto. Si pensava, cioè, che il vuoto in natura non potesse esistere, e che conseguentemente quando l'uomo cercava di crearlo artificialmente, la natura opponesse una resistenza. Questa concezione formulata nell'Antichità è sopravvissuta per alcune migliaia di anni, ed è stata ancora condivisa dalla totalità degli scienziati (fra cui Galileo) fino alla metà del Seicento. Soltanto intorno alla metà di questo secolo Evangelista Torricelli, discepolo di Galileo, fu in grado di formulare l'ipotesi rivoluzionaria che la causa di quei fenomeni potesse essere ricercata all'esterno dei tubi, nella pesantezza dell'aria; fu quindi in grado di progettare degli esperimenti con il mercurio al posto dell'acqua capaci di confutare l'antica concezione. Trascorsero tuttavia una ventina di anni prima che la comunità scientifica ritenesse le ipotesi torricelliane sufficientemente confermate.

BIBLIOGRAFIA

- [1] J. DUNY, *Come pensano*, Firenze, La Nuova Italia, 1961, p. 333.
- [2] J. DUNY, *op. cit.*, p. 235.
- [3] J. BRUNER, *Dopo Dewey, il processo di apprendimento delle due culture*, Roma, Armando, 1964.
- [4] P. ROSSI, *Paragone degli ingegni moderni e postmoderni*, Bologna, Il Mulino, 1989.
- [5] K. POPPER, *Congetture e confutazioni*, Bologna, Il Mulino, 1972, pp. 176-77, 56.
- [6] D. ANTONI, *Jenner e la ricerca sulle cause e gli effetti del vaiuolo vaccino*, Brescia, La Scuola, 1981, p. 27.

FRANCO BLEZZA (*)

**«Elementi di Chimica», 1905.
Per una storia della chimica
nella scuola elementare italiana (**)**

Summary - The History of the Italian School began 150 Years ago: in this brief Space, Scientific Education has had both Periods of Evolution and of Regression, relating to the different educational and philosophical Theories which have grounded its Reforms.

We realize that Chemistry, in this Context, does not have the same trend as the other Natural Sciences: it offers therefore an effective Conceptual Instrument for historical Study, through an adequate pedagogical setting.

L'APPROCCIO STORICO ALLA SCUOLA ITALIANA, E DUE BUONE CHIAVI DI LETTURA

Il processo di riforma della **scuola primaria**, avviatosi nel 1981 ed ancora in corso, ha richiamato l'attenzione anche sull'importanza di un'analisi storica di questo grado di scuola, offrendovi problemi e quindi possibilità di studio e d'analisi molto produttivi. La considerazione di questa scuola sotto la sua dimensione storica, in effetti, si presta molto bene a cogliere i trend culturali, pedagogici, politici e sociali che hanno avuto ricadute sensibili in tutto il complesso della scuola italiana. Non per nulla, si tratta del grado di scuola maggiormente studiato da sempre.

Una buona **chiave di lettura**, anche ad un'analisi pedagogica generale, per individuare linee di tendenza e di contro-tendenza, sovrapposizioni ideologiche e loro funzione progressiva o regressiva, consiste nel considerare l'aspetto scientifico dell'educazione e della didattica che ci si è proposti di espletare in ciascuna delle scuole elementari uscite dalle numerosissime riforme che si sono avvicendate dal 1859/60 al 1955, e che poi hanno conosciuto una lunga stasi fino alla ripresa del processo riformativo attuale.

In quest'ambito, assume una rilevanza piuttosto marcata la considerazione di quella tra le discipline scientifico-naturalistiche che da sempre, e fino ai giorni

(*) Dipartimento dell'Educazione, Facoltà di Magistero, Università di Trieste.

(**) Relazione presentata al IV Convegno Nazionale di «Storia e Fondamenti della Chimica» (Venezia, 7-9 novembre 1991).

nostri, è stata la più emarginata, e senza che il trend faccia marcare significativi segnali di cambiamento: vale a dire della **chimica**. Tale rilevanza si deve al fatto che la disciplina costituisce una scienza di base (come la fisica e, per certi aspetti strettamente didattici, anche alcune delle scienze matematiche), senza della quale cioè diventa evanescente la base di rigore e di univocità che è condizione necessaria per la scientificità di qualunque trattazione: e quindi, sia perché l'educazione abbia il dovuto componente scientifico-naturalistico essenziale, sia perché la trattazione delle altre discipline scientifiche (naturalistiche ed umane) possa dispiegare le sue qualità culturali e pedagogiche più preziose.

L'EQUIVOCO RICORSO A PRETENSE «TRADIZIONI»

Nell'analisi delle cause di tali carenze denunciate dalla nostra scuola (di scientificità in generale; delle scienze naturali in quest'ambito; e della chimica in successiva istanza) adducono molto spesso a motivazione delle ragioni di «tradizioni storiche».

In realtà, anche a questo riguardo **le tradizioni italiane**, pur avendo la nostra scuola neppure un secolo e mezzo di vita, sono **estremamente composite**, e richiedono un sano discernimento, sia nel considerare i differenti momenti storici con i fondamenti pedagogici e culturali e quelli storico-politici, sia nel distinguere le discipline diverse che afferiscono all'area didattica pluri-disciplinare delle scienze naturali; e quindi, anche nel valutare che cosa è cambiato volta a volta, e che cosa non lo è (o non lo è adeguatamente) attraverso l'esame del trattamento riservato alla chimica.

Bisognerebbe, infatti, aver sempre presente che quell'emarginazione delle scienze naturali che si lamenta ancor oggi, e cui si tarda a por rimedio, in tutti i gradi della scuola italiana ha origine con l'egemonia accademica ed ufficiale della destra hegeliana italiana e, legislativamente, con la riforma Gentile del '23 (la prima che introducesse alle elementari suddivisioni orarie per materia, e non a caso un orario trascurabile per le scienze, nonché un'impostazione non scientifica per le altre materie e la scuola intera). La scelta era perfettamente in linea con le opzioni politiche non democratiche, e con le corrispondenti scelte per una cultura oppressiva e per un'educazione omologativa su modelli, che erano esplicite tanto in Benedetto Croce, quanto nello stesso Giovanni Gentile.

ASCESA, CADUTA E RIPRESA TARDA E CONTRASTATA DELL'EDUCAZIONE SCIENTIFICO-NATURALISTICA LUNGO I CENTOTRENT'ANNI DELLA SCUOLA ITALIANA

In effetti, molto si era fatto in precedenza per recuperare uno stato di arretratezza iniziale sul piano scientifico: comprensibilmente, la legge Casati del 13 novembre 1859 (i programmi erano annessi al regolamento del 15 settembre 1860) dava la massima attenzione all'italiano e all'aritmetica, in un paese in via di costituzione, nel quale l'analfabetismo era ancora a livelli spaventosi e ad esso non faceva ancora riscontro un'adeguata disponibilità di maestri preparati.

Ma a tutto ciò si reagì ben presto, soprattutto in seguito al magistero dei

pedagogisti italo-positivisti, poi arricchito da influenze herbartiane. I positivisti italiani agirono sia sulla formazione dei maestri, attraverso un'impostazione metodologica adeguata al tempo nelle scuole normali, sia sulle modifiche della scuola elementare. Sono di rilievo, in tal senso, le riforme dei programmi del 1888, 1894, 1899, 1905.

La prima (ministro Paolo Boselli), sotto la guida di Aristide Gabelli, vide l'introduzione degli insegnamenti di «*Fisica e storia naturale*», oltreché di «*Geografia*» e di «*Storia*». Il fatto non è indipendente dall'avvicendamento al governo della destra storica con la Sinistra Storica (1 governo Depretis, 18 marzo 1976), e dal conseguente superamento della precedente visione pedagogica spirituaistica, base per una politica cattolico-liberale conservatrice.

La seconda (ministro il medico Guido Baccelli), che cominciava a dimostrare anche i positivi apporti del magistero di Herbart, prevedeva il riordino dell'insegnamento scientifico sotto la dizione di «*Nozioni varie*», ed altresì l'introduzione esplicita del «*Lavoro*». La terza (stesso ministro) è in sostanza il completamento della seconda, in quanto riguarda l'introduzione dell'*«insegnamento delle prime nozioni di agricoltura, del lavoro manuale educativo, dei lavori domestici, dell'igiene e dell'economia domestica nelle scuole elementari»*. Pur in una contingenza storica transitoriamente involutiva, il trend era marcato nel senso di una progressiva assunzione in via più equilibrata della materia scientifico-naturalistica e della materia tecnica nella scuola elementare. Ciò, anche se va detto che ne erano possibili delle letture regressive, ad esempio della proposta istituzione del «*campicello scolastico* [...] per tre o quattro ore la settimana» non come occasione di progresso nei due settori culturali e nelle forme educative corrispondenti, bensì come incoraggiamento ad un andamento in controtendenza rispetto alla montante industrializzazione, ad un ritorno alla terra e a comportamenti nonché a sistemi valoriali funzionali e coerenti con la società chiusa precedente la rivoluzione industriale.

La quarta (ministro Vittorio Emanuele Orlando) si colloca evidentemente entro il periodo giolittiano di apertura a nuove istanze politiche e sociali. Pedagogicamente, essa ha come figura dominante Francesco Orestano, che può considerarsi un valido epigono dell'italo-positivismo con importanti elementi neo-herbartiani. Qui, alle materie già segnalate di pertinenza culturale scientifica e tecnica si aggiungono, anche in un quadro pedagogico meglio definito in senso evolutivo, le «*Lezioni di cose*» fin dai primi due anni, mentre in 3^a e 6^a classe le «*Nozioni varie*» del biennio centrale riprendono la denominazione di «*Scienze naturali e fisiche*». È di rilievo che le «*Nozioni varie*» si ritrovino come voce autonoma anche nei programmi, estremamente ristretti, per le «*Scuole serali o festive*», sia «*di complemento*» che «*per adulti analfabeti*».

Qualche riga è richiesta dall'impiego che Orestano fa in questa sede del concetto herbartiano di **appercezione**: anche se oggi disponiamo di strumenti concettuali più progrediti (Herbart è vissuto fino al 1841 stet!), l'insegnamento che vi costruisce sopra sarebbe monito purtroppo attuale ancor oggi: «*Avuto riguardo al nesso psicologico che esiste tra lo sviluppo formale dell'intelligenza e la facoltà dell'appercezione, è metodo difettoso graduare gli insegnamenti formali e lasciare indeterminato il contenuto delle appercezioni. Bisogna invece proporzionare con costante parallelismo l'oggetto delle appercezioni allo sviluppo dell'intelligenza*». Sembra

un'acquisizione estremamente scarna e molto proficua; e lo è, in un quadro pedagogico che si proponga di promuovere l'uomo e la sua evoluzione. Purtroppo non avremo da attendere molto per vedere come, in un quadro invece oppressivo e tirannico, proprio questo sarà l'oggetto di uno degli attacchi più decisi.

E facilmente comprensibile come ciò sia avvenuto con la galoppante egemonia del Fascismo in politica, e della destra hegeliana nella cultura italiana. Lo vedremo bene nei programmi del '23 e del '34.

I primi, in realtà, erano stati oggetto di un certo lavoro preparatorio da parte di Benedetto Croce, ministro della P.I. nell'ultimo governo Giolitti tra il '20 ed il '21; ed è forse anche per questo che taluni studiosi sono riluttanti ad accettare l'affermazione di Mussolini secondo la quale tale riforma sarebbe stata «*la più fascista di tutte*» (!). Il che nulla toglie alla funzionalità del progetto educativo destro-hegeliano agli obiettivi anti-democratici del Fascismo, come del resto testimoniato dall'approvazione sollecita della lunghissima ed estremamente comprensiva legge organica per Decreto Regio (senza che ricorressero quelle condizioni di guerra che avevano imposto quello strumento legislativo, anziché la via parlamentare, per la precedente riforma organica Casati del 1859, ed altresì per quella sardo-piemontese ancora precedente, del 1848 a firma Bon Compagni).

E difatti, il quadro teorico delineato con esplicita chiarezza dal Gentile nel testo legislativo a sua firma è tutto improntato ad una visione non culturale né educativa della scienza e della tecnica; e alla loro relegazione ad aspetti residuali e marginali per far posto proprio ad una didattica tutta forme (linguistiche, espressive, pratiche ed aritmetiche), valido strumento per un'educazione omologativa a modelli prefissati acriticamente imposti prima di tutto ai docenti, e da questi avviata ad una replica senza fine. Lo si vede bene, come conseguenza, fra l'altro dal «*Quadro di orientamento per la formazione dell'orario di ciascuna classe*», dove appunto si pretenderebbe di fissare orari distinti per le materie espressive e formali rispetto a quelle di sostanza, ed inoltre di relegare queste seconde a parti risibili dell'orario complessivo, annacquandole fra l'altro di aspetti pratico-operativi che portano volutamente lontano dalle forme educative corrispondenti.

Notiamo che una manovra del genere è in corso attualmente, per una scuola elementare la quale pure sarebbe altrimenti impostata, con un progetto controriformistico che segue vie surrettizie e per lo più amministrative (e quindi non soggette a controlli né politici né scientifici e pedagogici).

Tornando al ventennio, Mussolini ed Ercole nel '34 non ebbero che da rincarare la dose, accorpando sotto un unico titolo «*Nozioni varie — Nozioni di igiene — Nozioni di chimica, fisica e scienze naturali — Nozioni di diritto ed economia*», e conferendovi dei contenuti che portano ancor più lontano dall'educazione tecnica e dall'educazione scientifica: soprattutto, modalità di comportamento secondo ordini prestabiliti, nozioni dell'Opera Nazionale Balilla e di altre organizzazioni del regime, cultura militare e forme educative corrispondenti, norme igieniche e sanitarie preconfezionate, e così via.

Tutto ciò, si diceva, non deve stupire. Ma non deve stupire neppure la constatazione che le nostre chiavi di lettura ci indicano come non si registrino cambiamenti di sostanza, a questi precisi riguardi, neppure con la democratizzazione del secondo dopoguerra.

Qualcosa di apprezzabile sarebbe cominciato ad emergere con i «*Consigli per la modernizzazione della scuola elementare*» redatti da Gino Ferretti per il 43/44. Ma ciò che prevalse, comprensibilmente, fu l'influenza dei vincitori-occupanti che guidarono riforme della scuola (iniziando a guerra ancora in corso) con una direttività allogena ed irriguardosa per tradizioni e specificità culturali che solo quantitativamente non è paragonabile a quella che sarebbe stata imposta di lì a poco ai tedeschi (o ad altri popoli da parte di altri vincitori).

Vennero così i programmi ispirati da Carleton W. Washburne (D.M. 9 febbraio 1945, si presti attenzione alla data). E qui, fungevano da ottimi diversi una serie di ovvietà che atteggiavano solo lontanamente il ben altrimenti progressivo magistero deweyano al quale Washburne si era formato, e un'abolizione degli aspetti fascisti più di facciata (e quindi meno incisivi e pericolosi). Rimanevano pienamente confermati tutti i primati della forma sulla sostanza: su nove aree in tutto, vi erano solo un'area di «*Scienze e igiene*», ed una di «*Lavoro*», le quali non davano luogo a voci nelle prime due classi.

Rimaneva, scontata la de-fascistizzazione formale, il richiamo a tradizioni tradite. Questo venne in qualche modo utilizzato negli anni '50 per affermare una *dottrina particolare*, e precisamente quella cattolico-spiritualista, emarginando gli altri componenti ben più rilevanti della nostra tradizione (come quelli italo-positivista, italo-pragmatista, neo-herbartiano, laico-liberale). Questo si vedrà bene fin dalla proposta di riforma ministeriale del 1951 (Guido Gonella e, poi, Antonio Segni), e quindi dai programmi del '55 firmati da Giuseppe Ermini e preparati da una commissione presieduta da Giovanni Calò. Qui, le scienze addirittura scompaiono come area autonoma e vengono accorpate, come un'appendice trascurabile e non essenzialistica, alle materie antropologiche («*Storia, Geografia e Scienze*», oltre a tutto esplicitamente ristrette al 2° ciclo); e, per il titolo delle «*Attività manuali e pratiche*», si prescrive che «*non sia considerato come disciplina d'insegnamento*», con tutto quel che ne segue.

Fra l'altro va notato che l'indirizzo più avanzato che vi si può riscontrare per quanto attiene a quel simulacro di scienze naturali che vi rimane è ascrivibile propriamente a quanto aveva scritto Eugène Dévaud, l'autore di *Pour une école active selon l'ordre chrétien* (del 1934) e, nello specifico, di *L'enseignement de l'histoire naturelle à l'école primaire — Étude des êtres*, opera che era stata pubblicata nel 1909 (sono entrambe edite in italiano dall'editrice La Scuola di Brescia, rispettivamente con presentazioni di Augusto Baroni e di Sergio Salucci, 1940 e 1956).

Andrebbe aggiunto che, di per sé, una delle caratteristiche più conclamate di quella riforma e cioè il riferimento all'**Attivismo pedagogico** avrebbe dovuto comportare il recepimento di un componente scientifico essenziale; in realtà, si parlava più che altro di «*scuola attiva*». Ciò che si fece in Italia consistette nella semplice modifica della definizione di quel grande movimento innovativo della ricerca e della pratica nella materia educativa; scriveva proprio Giovanni Calò, che godeva di stima di valido storico, che l'Attivismo non va legato tanto ad una specifica corrente di pensiero educativo, quanto «*va considerato come caratteristica e fondo ineliminabile di ogni processo educativo*». Con il che, si poteva applicare l'etichetta pregiata a qualunque autore e a qualunque asserzione, anche divergente rispetto a ciò che storicamente fu l'Attivismo.

Il resto è storia d'oggi: un trentennio di stasi, rotta solo dalla buona volontà e dal senso del loro ruolo in evoluzione da parte dei più volenterosi e valenti tra gli uomini di scuola, con pochi appoggi pedagogici; una riforma iniziata nell'81 ed ancora non a regime a dieci anni di distanza (si confronti questo dato con la cadenza delle riforme precedenti); una valida riassunzione, sia pur ancora parziale, della scienza nella scuola, con il contrappeso però di un arretramento quanto alla tecnica; un costante tentativo di controriforma per via amministrativa.

PER UNA STORIA DELLA SCUOLA ITALIANA, ATTRAVERSO LA CONSIDERAZIONE DELL'INSEGNAMENTO ELEMENTARE DELLA CHIMICA

È per tutto questo che dà da riflettere la constatazione che tra le tante materie scientifiche, proprio la chimica abbia tardato molto ad apparire, e sia sempre stata quella meno considerata, addirittura a volte in controtendenza rispetto alle altre discipline scientifico-naturalistiche e alla materia tecnica. Rimane così comprovato che l'esame del ruolo (o dell'assenza) della chimica costituisce una chiave di lettura culturale e pedagogica ulteriore, ed originale, dell'evoluzione dei programmi elementari, estremamente preziosa e significativa.

Va notato che può aver pesato a lungo il pregiudizio secondo il quale la scienza fosse un fatto essenzialmente moderno. In realtà, la scienza anche come l'intenderemmo oggi esisteva già ed era ben vitale nell'antichità (ad es. l'acustica di Pitagora, l'astronomia antica, la statica; o la medicina e le scienze della vita presso Aristotele, Ippocrate, Galeno; ...).

Le opere dei grandi scienziati antichi non vanno, ovviamente, confuse con il dogmatismo sovrappositivisi successivamente, che può nascondere la scientificità, contribuendo a falsare la prospettiva per chi manchi della necessaria competenza, e a far ritenere moderna una forma di conoscenza che invece esiste da millenni.

In parte moderni o contemporanei sono, semmai, la consapevolezza metodologica di tale forma di conoscenza (Leonardo o Gilbert, prima di Galileo od Harvey), il senso delle sue potenzialità e dei suoi limiti, una demarcazione da forme di conoscenza differenti, ed altre acquisizioni di prevalente inclinazione filosofica.

Quanto alla chimica, essa affonda le sue radici molto addietro nella storia umana, se non nella preistoria. La sua etimologia duplice (greco antico *khēo*, «getto», ed egiziano antico *khēn*, «nero» nel senso di materiale che non è metallo pregiato) porta all'idea della metallurgia, delle leghe, della mescolanza (bizantino *khemia*). Comunque, vi è concordanza tra gli studiosi nell'individuare la parte antica della storia della chimica in una serie di processi e di realizzazioni, a cavallo tra scienza e tecnica («parte dottrinale» e «parte tecnologica», secondo Paoloni), che vanno dalle leghe appunto al vetro, dalle tinte dei tessuti ad altre colorazioni fin all'accensione del fuoco, e così via. L'alchimia (etimo comune) ne è al più un fattore di trasmissione dall'antichità al mondo moderno, e in un certo senso di propulsione, ma non può considerarsene l'origine.

La fondazione di Antoine-Laurent Lavoisier (1743-1794), storicamente, viene quando l'evo moderno era ormai verso la fine, il *Traité élémentaire de chimie* è proprio dello stesso anno che marca convenzionalmente per i più la transizione

all'èvo contemporaneo (il 1789, notoriamente); ma poi, lo stesso Lavoisier con la sua vita oltreché le sue opere si colloca culturalmente ed elettivamente fuori da quell'èvo e dentro quello attuale. Nei secoli moderni in senso pieno (cioè dal XVI) si può annoverare una ricchissima attività nel campo, soprattutto della chimica applicata (non ancora «tecnologica», e comunque non priva di aspetti «dottrinali»). Problemi di distillazioni, di metallurgia, di pirotecnia, di applicazione alla mineralogia, di riferimento alla materia medica e di farmacologia, di produzioni alimentari, e numerosi altri, fecero sì che già nel '600 vi fossero delle acquisizioni considerevoli nel campo della chimica, tanto da potersi già parlare di una prima sistemazione di interesse storico. Personaggi come Jan Baptiste van Helmont (1577-1644), o Robert Boyle (1627-1691), Alexander Seton (vissuto a cavallo tra il '500 e il '600) o Georg Ernst Stahl (1660-1734), Hermann Boerhaave (1668-1738) o Etienne — François Geoffroy il vecchio (1672-1731), e tanti altri, si collocano propriamente nella storia della chimica, e stanno in modo altrettanto proprio all'interno dell'èvo moderno e della sua cultura.

Si può pensarla diversamente: rimane il fatto che non sussistono ragioni di precedenza storica che possano essere accampate in favore di una certa preferenza all'interno dello scibile scientifico per certe discipline (scienze bio-mediche o scienze fisiche o scienze geografiche, ad esempio) rispetto alla chimica.

E pure la rilevazione va fatta. Si è visto come l'insegnamento scientifico fosse stato introdotto fin dal 1888, a partire dalla 1ª classe: ma esso riguardava sia nel nome che nei contenuti «*Fisica e scienze naturali*».

Nel 1894 tale insegnamento viene ridenominato «*Nozioni varie*», e la cosa non è puramente terminologica. Qui la chimica séguita a non essere considerata, si tratta essenzialmente di fisica, di scienze bio-mediche e di applicazioni alla tecnica. Un cenno al «*calorico*» pare più pertinente alla fisica, visto che è inserito nella voce «*Fenomeni più comuni riguardanti l'aria, l'acqua, la luce, il calorico, il suono*». Viene altresì introdotto il «*Lavoro*»: ma neppure questo modifica lo stato delle cose.

Solo con la parziale riforma del 1899, della quale e dei cui limiti si è accennato, troviamo la parola: ma solo la parola, alla voce «*Concinnazione ed uso dei concetti chimici*». Si può evincere facilmente che ancora la chimica non c'è, anche se c'è un suo prodotto indubbiamente rilevante. Lo spirito si riconferma quello sopra delineato.

Si capisce bene che è notevole l'attesa del 1905 per veder apparire (appena nella 6ª classe, aggiunta con la 5ª proprio dalla stessa legge alle preesistenti quattro classi dell'istruzione obbligatoria) la semplice menzione di «*elementi di chimica, con esperimenti semplici*»: la dizione è collocata tra le «*Scienze naturali e fisiche*», che fanno seguito logico ai primi due anni di «*Lezioni di cose*» e ai due successivi di «*Nozioni varie*». Sembra di poterne inferire che nel quadro di una politica aperta al progresso, e di attenta considerazione a come la realtà socio-economica e culturale s'andava da tempo evolvendo, abbandonando pretese retrograde che solo nei anni prima erano diventate legge scolastica (e avevano prodotto fatti ben più gravi nella storia d'Italia negli stessi anni), la chimica potesse finalmente essere assunta, almeno gradualmente, al suo ruolo.

Ma così non è, ed anzi avviene proprio il contrario: che con il '23 e la riforma Gentile, i cui caratteri retrogradi sono dichiarati, si possa leggere già relativamente

ai programmi della classe 5ª «*Fondamenti di chimica e notizie sulle industrie chimiche italiane*», pur se ovviamente in un contesto non essenzialistico ed in via marginale, all'interno dell'insegnamento delle «*Scienze fisiche e naturali e nozioni organiche d'igiene*» previsto a partire dalla 4ª classe. Qualche cosa al riguardo di apprezzabile, anche se non esplicitato, si potrebbe leggere a proposito dei programmi per il primo triennio di «*Nozioni varie*», circa l'agricoltura, l'igiene, l'acqua, l'alimentazione e così via.

I programmi del '34 si presentano molto più scarni riguardo all'insegnamento unificato (s'è detto) lungo tutto l'arco della scuola di «*Nozioni varie — Nozioni di igiene — Nozioni di chimica, fisica e scienze naturali — Nozioni di diritto ed economia*». Essi contengono anche elementi di indottrinamento politico e di formazione militare. Ma appunto, recando la chimica nel titolo in un certo senso esplicitano le possibilità di trattazione come scienza di base che avevamo individuato nei programmi precedenti. Ed inoltre, relativamente alla classe 5ª troviamo riconfermato e rafforzato il contenuto specifico disciplinare: «*Qualche semplice esempio che valga a dare il concetto di miscuglio e di combinazione chimica, di corpo semplice e di corpo composto; acqua, aria. Indicazione delle più importanti ricchezze del sottosuolo italiano con particolare riguardo a quelle locali, e cenno alla loro estrazione (zolfo, minerali metallici, combustibili fossili, petrolio ecc.)*».

A questo punto, sarebbe da pensare che con la ripresa di una vita politica democratica le scienze della natura in generale, e la chimica in esse, potessero riprendere il loro progresso (esasperantemente lento e graduale, ma segnato) nella scuola italiana. Che così non sia stato per le scienze fino agli anni '80 (ed, in parte, ancor oggi come politica ministeriale) l'abbiamo visto. Così non è stato anche per la chimica.

Decisamente buoni, riguardo all'educazione scientifica e all'educazione tecnica soprattutto, sarebbero stati i «*Consigli*» del '43/'44. E difatti, la chimica (sempre implicitabile) viene esplicitata in classe 4ª: «*il rilievo, ad es., della ossidazione dei metalli ecc. potrà promuovere qualche indagine chimica*»; mentre in 5ª si arriva a parlare, ad esempio, del «*problema [...] financo fisico-chimico*».

Ma la reazione non è tardata, si è visto. Le scienze naturali sono state poi emarginate, fino a quel simulacro d'insegnamento scientifico che rimarrà nei programmi del '55. Già nel '45 la chimica, esplicitamente, manca dal programma di «*Lavoro*» (che inizia solo in 2ª), mentre in quello molto scarso di «*Scienze ed igiene*» essa viene ricollocata in 5ª, sotto la semplice e riduttiva dizione «*Prime nozioni e facili esperimenti di fisica e di chimica. Le applicazioni più comuni*».

Come chiaramente preannunciato dal documento del '51, nei programmi del '55 rimarranno solo «*Elementarissime cognizioni di fisica e chimica desunte da ricerche, facili esperimenti, sopralluoghi, proiezioni luminose, letture, in rapporto alle molteplici attività dell'uomo, con particolare riferimento all'economia locale*». Questo per quanto riguarda «*Storia, geografia e scienze*»; all'interno, invece, della non-materia «*Attività manuali e pratiche*», si cercherebbe invano, data l'impostazione divergente e retrograda.

Dovremo attendere la proposta della commissione coordinata pedagogicamente da Mauro Laeng (14/5/1981-10/11/1983), ed il Decreto Ministeriale n. 104 del 12 febbraio 1985, perché la chimica riappaia in modo non del tutto inadeguato,

nell'ambito di un insegnamento nuovamente autonomo e quinquennale di «Scienze». Sono cose note: va riflettuto sul prezzo che si è pagato, con la scomparsa di qualsiasi area autonoma che in qualche modo richiami la tecnica, il lavoro, le attività operative.

IL PROBLEMA PARTICOLARE DELLA TRASCURATEZZA DELLA CHIMICA, NELLA SCUOLA ELEMENTARE COME IN TUTTI I GRADI DI SCUOLA PRE-UNIVERSITARIA NON PROFESSIONALIZZANTE

La trascuratezza della chimica nella scuola elementare, dunque, è pesante, ma non riconducibile interamente ai trend relativi alle scienze naturali in genere. Essa affligge questa scienza di base, per quel che si è visto, sia presso programmi pedagogici a base scientifica (positivisti, herbartiani, attivisti o sedicenti tali), che a base non scientifica (spiritualisti), che a base anti-scientifica (neo-idealisti); sia per diversi momenti del passato, che anche per il presente. Anzi, sembra che si possa individuare una controtendenza minimale (puramente simbolica, è chiaro) proprio presso i neo-idealisti; mentre coerenti sembrano essere i pedagogisti degli anni '80, e l'attivista (più genuino) di sinistra Gino Ferretti.

Ciò pone allo storico e al pedagogista, come studiosi della cultura sotto angolarità diverse ma convergenti, un **problema** di rilievo. Il lavoro per la sua soluzione guida verso delle riflessioni che consentano di capire il perché di tale atteggiamento verso **questa disciplina particolare**, indipendentemente dalla considerazione di cui gode, di volta in volta, la conoscenza scientifica e la relativa forma educativa; e, quindi, anche di individuare una linea interpretativa del perché ancor oggi sia così difficile per la chimica farsi largo, all'interno di una cultura scientifico-naturalistica pur sempre ostacolata in quanto tale, sia in tutti i gradi della scuola non direttamente professionalizzanti nello specifico (o per tali presi e trattati), sia nella cultura in generale, del nostro paese.

Togliamo subito di mezzo un equivoco possibile, che talvolta viene agitato. Un'eventuale, ed indebita, attribuzione alla chimica di responsabilità sulle sue applicazioni tecnico-industriali umanamente incongrue, oltre ad essere infondata ed improponibile, comunque non ha nulla a che vedere con il nostro problema.

È ben noto a chiunque abbia una minima cultura nel settore come non solo la chimica non porti alcuna responsabilità sull'inquinamento, le piogge acide, il buco dell'ozono, e problemi consimili, ma anzi essa costituisca una condizione necessaria per comprenderli e per risolverli. Qui si nota spesso una **confusione netta tra scienza e tecnica**: confusione sagacemente creata dai destro-hegeliani italiani in quanto funzionale alle loro finalità politiche non democratiche ed oppressive, e poi lasciata in vigore anche da scuole di pensiero successive, o scientemente (e quindi con finalità paragonabili) o per semplice ignoranza. La chimica, come ogni scienza, ha **finalità essenzialmente cognitive**. La sua applicazione è altro da sé, e si deve ricondurre alle relative responsabilità che stanno ben al di fuori dei laboratori. Va aggiunto che non solo un lavoro efficace per la soluzione dei problemi, ma anche la loro stessa posizione, richiede prioritariamente una cultura chimica adeguata, ben superiore a tutta quella che viene fornita dalla scuola italiana (sempre esclusi i piccoli segmenti specificamente professionalizzanti, o ritenuti tali).

D'altra parte, pur se studi scientifici sull'*oikos* si registrano anche nel secolo scorso (la sua fondazione attuale risale al 1866, con Ernst Heinrich Haeckel, 1834-1919), un'eventuale *convivial way of thinking* contraria alla chimica, sia pure su base fallace ed incolta, suscettibile d'influencare anche il legislatore demagogico, risulterebbe solo agli ultimi decenni: non può, quindi, essere causa di tale enorme ritardo, le cui radici storiche più remote abbiamo ben fatto oggetto di una seppur sintetica disamina. Si è altresì appurato come, al contrario, proprio l'applicazione industriale sia stata vista come una via di recupero della disciplina, e sia pure certamente non valida sul piano pedagogico come oggi l'intenderemmo.

Questo indirizza la ricerca di una possibile via risolutiva altrove: e precisamente nel contesto delle considerazioni pedagogiche e culturali, e del ruolo che la chimica si è vista attribuire in quei contesti.

Al riguardo, la cultura scientifica odierna consente di indicare alcune possibili **chiavi interpretative**, attraverso una **mediazione pedagogica** adeguata e riferita all'attuale.

Un primo fattore da considerare, e al quale si è accennato, è proprio rappresentato dal continuo ricorrere di una **visione non essenzialistica della scienza** in generale, della quale potrebbe risentire anche la chimica. Ma sono altresì possibili delle visioni strumentalistiche della chimica pur all'interno di visioni essenzialistiche delle scienze naturali: per cui l'applicatività della chimica diviene un ostacolo al suo dispiegamento educativo e culturale pur assicurandole una presenza minimale come richiesto proprio dal contesto strumentalistico stesso.

Un secondo fattore si indica nella **tendenza riduzionistica** che alligna in una possibile visione della chimica, o meglio in un modo di leggere il paradigma elettronico (e non quello molecolare) della chimica odierna: si tratta di una possibile visione di questa disciplina (come non di base) la quale era già in embrione nelle ricerche di fisica atomica della seconda metà dell'ottocento. È da ritenersi che essa non sia stata influente sulla cultura pedagogica italiana dei vari periodi considerati: di certo, non lo è in quella degli ultimi trent'anni circa.

Va poi considerato, per i risvolti applicativi del problema che non si possono certo trascurare, come l'attenzione dei didatti che avevano qualche possibile inclinazione per le scienze della natura si orientasse storicamente con nettissima prevalenza **su altre discipline**, e di questo abbiamo visto qualche conseguenza: ci si riferisce soprattutto alla materia naturalistica, geografica ed ambientale, alla materia bio-medica e, solo in seconda battuta ed eventualmente, alla fisica. Questo è egregiamente testimoniato, per quel che riguarda i decenni a cavallo dei due secoli, in particolare dall'opera di Giuseppe Lombardo Radice (1879-1938) e dalle sue segnalazioni di «maestri apostoli». Quanto ai decenni successivi, si è detto dei limiti dei referenti scelti dai pedagogisti cattolici egemoni nel primo dopoguerra: sembrerebbe, da alcune esperienze correnti, che permanga in settori non indifferenti della pedagogia cattolica odierna una visione delle scienze naturali in qualche modo appiattita sullo studio dell'ambiente.

In ogni caso, va segnalata e considerata una carenza evidente nella **ricerca educativa e didattica** sulla chimica, cui non era del tutto estranea la scarsa incidenza dei chimici sulla teorizzazione filosofica, in contrasto con i cospicui apporti di fisici, medici, naturalisti.

Forse andrebbe anche aggiunta una certa *distanza dei chimici italiani* dal positivismo italiano della fine dell'ottocento, e dalle riprese dell'attivismo nel secondo dopoguerra.

Come noto, nell'Ottocento l'Italia annovera due grandi chimici quali Amedeo Avogadro (1776-1856) e Stanislao Cannizzaro (1826-1910). Di essi, proprio Cannizzaro fu anche Senatore del Regno dal 1871, e quindi in qualche modo poteva essere partecipe diretto di più d'una riforma dei programmi elementari: ma non si annoverano interventi di rilievo né dell'uno né dell'altro (né di altri chimici ancora del periodo) sull'educazione o sulla legislazione scolastica; semmai, sulla didattica universitaria. E, in questo secolo, annoveriamo un solo premio Nobel per la chimica, Giulio Natta (1903-1979) nel 1963: ma anche da qui, al di là di apprezzabili interventi divulgativi, non restano contributi sostanziali nel senso voluto.

Rimane il fatto che l'*analisi pedagogica*, in un contesto culturale essenzialistico nel quale la chimica abbia il ruolo suo proprio come disciplina di base nella cultura scientifica, costituisce passaggio essenziale anche per la soluzione di questo problema. E che, d'altra parte, essa trova nel permanente problema dell'educazione scientifica, sempre combattuta e sempre carente nella scuola e nella cultura italiana, un suo campo d'esercizio per molti aspetti ottimale.

BIBLIOGRAFIA

- E. AGAZZI (a cura di), *Storia delle scienze* (2 volumi). Roma, Città Nuova, 1984.
E. BLEZZA, *Educazione e scienza*. Torino, SEI, 1989.
E. BLEZZA, *L'insegnamento delle scienze*. Torino, SEI, 1990 (3a).
E. CATANI, *Storia dei programmi della scuola elementare*. Firenze, La Nuova Italia, 1990.
H. A. CAPELLERA, *Storia della scuola italiana*. Bologna, Magistero, 1988.
G. CIVIS (a cura di), *La scuola italiana dall'Unità ai nostri giorni*. Firenze, La Nuova Italia, 1990.
L. GEYMONAT (a cura di), *Storia del pensiero filosofico e scientifico* (7 volumi). Milano, Garzanti, 1970/1972.
M. LAENG (a cura di), *Atlante della pedagogia* (3 volumi). Napoli, Tecnodid, 1990 e sgg.
H. M. LECHESTER, *Storia della chimica*. Milano, ISEDI, 1978.
P. ROSI (a cura di), *Storia della scienza moderna e contemporanea* (3 volumi su 5 tomi). Torino, UTET, 1988/1989.
C. SETA et al., *Educazione scientifica nella nuova scuola elementare*. Firenze, Le Monnier.

PIETRO CERRETA (*)

L'uso degli esempi della Chimica nella storiografia di Kuhn (**)

Summary - Our previous analysis of "The Structure of Scientific Revolutions" (SRS) by T.S. Kuhn has revealed that the book mainly rests on historical examples of Mechanics and Chemistry. Moreover it has revealed the absolute lack of Mathematics examples while the number of examples of seventeenth and eighteenth centuries Chemistry alone exceeds those of other theories of the same period. In this paper I intend to show that Kuhn, using mainly Chemistry at its beginnings examples, avoids to confront his "paradigm" concept with physical theories which would require from him a greater effort due to their mathematical aspects. I will point out that these features of SRS explain the reasons of the wellknown imprecision of Kuhn's use of it and justify Kuhn's renouance to "paradigm" in his next work on black body.

1. Lo schema interpretativo di Kuhn poggia su Meccanica e Chimica

Abbiamo interpretato l'intera struttura concettuale del pensiero di T.S. Kuhn¹ indagando sugli esempi storici che egli impiega ne la «Struttura delle rivoluzioni scientifiche» (nel seguito: SRS).² Ci ha suggerito questa feconda ricerca la immediata evidenza, in SRS, dell'alto numero di esempi di Chimica. I risultati della ricerca sugli esempi storici³ (vedi le successive tabelle 1 e 2) mostrano che in SRS c'è veramente un'alta frequenza di esempi di Meccanica e di Chimica. Essi, insieme e da soli, costituiscono circa il 60% del totale, distanziandosi notevolmente da

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

(**) Relazione presentata al IV Consiglio Nazionale di «Storia e Fondamenti della Chimica» (Venezia, 7-9 novembre 1991).

¹ P. CERRETA e A. DRAGO, *The Conceptual Structure of «The Structure of Scientific Revolutions» by T.S. Kuhn*, in F. Kraffl e C. Scriba (eds), *Science and Political Order XVIII International Congress of History of Science*, Hamburg-Munich, 1989.

² T.S. KUHN, *The Structure of Scientific Revolutions*, University of Chicago (1962); (trad. it. *La struttura delle rivoluzioni scientifiche*, Einaudi, Torino, 1969).

³ P. CERRETA, A. DRAGO, *Matematica e conoscenza storica. La interpretazione di Kuhn della storia della scienza*, in L. Magnani (ed.), *Conoscenza e Matematica*, Marcos y Marcos, Milano, 1991, pp. 353-364. Abbiamo distinto gli esempi «brevis» (<5 righe) da quelli più «longhi», ossia più importanti (>5 righe).

quelli di tutte le altre teorie. La Meccanica ha complessivamente il maggior numero di esempi, ma ciò non vale in ogni periodo storico; infatti gli esempi di Chimica diventano più numerosi nei periodi che hanno pochissimi esempi di Meccanica: gli esempi di Chimica nel '700 sono 20 e nell'800 7, mentre quelli di Meccanica sono, rispettivamente negli stessi periodi, 3 e 1.

Il rimanente 40% degli esempi è frazionato tra Elettromagnetismo, Ottica e Termodinamica, per citare le teorie principali, e distribuisce prevalentemente tra '700 e '800, ossia nello stesso periodo di quelli di Chimica; ma il loro numero è quasi sempre minore rispetto al numero di quelli di Chimica. È sorprendente, infine, che Kuhn non impieghi alcun esempio di Matematica.

Tab. 1 - Distribuzione degli esempi storici rispetto alle teorie.

| Teorie/Scienziati | > 5 righe | < 5 righe |
|---------------------|-----------|-----------|
| MECCANICA | 30 | 18 |
| CHIMICA | 18 | 16 |
| ELETTROMAGNETISMO | 9 | 6 |
| OTTICA | 9 | 4 |
| TERMODINAMICA | 5 | 4 |
| FISIOLOGIA/BIOLOGIA | 4 | 0 |
| ASTRONOMIA | 3 | 9 |
| PSICOLOGIA | 3 | 0 |
| RAGGI X | 2 | 1 |
| PLANCK | 1 | 0 |
| PAULI | 1 | 0 |
| <i>Totali</i> | 85 | 58 |

Tab. 2 - Distribuzione degli esempi delle teorie principali rispetto ai periodi storici.

| | '500 | '600 | '700 | '800 | '900 |
|---------------|------|------|------|------|------|
| MECCANICA | 13 | 21 | 3 | 1 | 10 |
| CHIMICA | | 5 | 20 | 7 | 2 |
| EL. MAGN. | | | 10 | 5 | |
| OTTICA | | | 2 | 9 | 2 |
| TERMODIN. | | | 4 | 4 | 1 |
| <i>Totali</i> | 13 | 26 | 39 | 26 | 15 |

Dai dati suddetti si capisce subito che Kuhn valida la sua tesi principalmente sugli esempi di Meccanica e Chimica. Ciò fa meraviglia perché sono due teorie completamente diverse. Questo legame non è dettato dalla volontà di presentare in modo complementare, ossia in teorie molto differenti tra loro, gli aspetti centrali della tesi di SRS. La ragione è invece, a detta dello stesso Kuhn, che le caratteristiche delle rivoluzioni «emergono con particolare chiarezza dallo studio per esempio della rivoluzione newtoniana o della rivoluzione chimica».¹ Le altre teorie, quindi, hanno pochi esempi perché le loro rivoluzioni sono meno evidenti. Allora, se è il criterio dell'evidenza a determinare la scelta degli esempi e quindi delle teorie, la distribuzione da noi ottenuta rivela che la graduatoria di «chiarezza» delle rivoluzioni nelle varie teorie per Kuhn è equivalente a quella dei libri di testo scolastici. Perciò, se al termine «evidente» sostituiamo «noto», non cambiamo la sostanza di ciò che dice Kuhn.

Infatti tutti ammettono che nel '600 il newtonianesimo rivoluzionò la scienza antica e che esso solo nel '900 fu messo definitivamente in crisi dalla Meccanica Quantistica e dalla Relatività. E, inoltre, tutti vedono in Lavoisier e in Dalton coloro che hanno rivoluzionato la Chimica tra la fine del Settecento e l'inizio dell'Ottocento. Mentre solo pochi parlano di rivoluzione in Termodinamica o in Ottica ed Elettromagnetismo. La tesi centrale di Kuhn, quindi, si appoggia essenzialmente su fatti considerati rivoluzionari indipendentemente dalla categoria che appare nel titolo del suo libro. Questi esempi così noti, in realtà, sono utili a Kuhn per esporre in forma pedagogica e persuasiva i termini della sua interpretazione. Indubbiamente la loro notorietà consente all'autore di far riferimento a dati già in possesso dal lettore quando gli vuole illustrare il meccanismo centrale della sua tesi: la «rivoluzione» come cambiamento di «paradigma». Inoltre quegli stessi fatti gli offrono occasioni opportune per parlare di scienza normale, di anomalia e di incommensurabilità, concetti necessari al completamento del suo schema interpretativo che altri esempi, meno noti, non gli avrebbero dato. E quello che più conta, gli consentono di parlare di comunità e di manuali, elementi che mettono in concreto i termini del suo discorso.

Allora questa è una prima spiegazione del perché Kuhn non abbia usato né fatti relativi a periodi recenti né ad altre teorie. (Se si esclude il tema della scoperta dei raggi X, su cui egli si è concentrato abbastanza, sembra che le situazioni storiche diverse da quelle delle teorie prescelte non si siano adattate allo schema che egli voleva proporre).² Si è quindi indotti a pensare che tra l'articolazione del pensiero di Kuhn e gli esempi di Meccanica e Chimica, scelti prevalentemente tra '600 e '700, e vi sia una dipendenza così stretta da potersi definire indispensabile.

¹ T.S. Kuhn, *SRS op. cit.*, p. 25.

² Gli esempi più moderni riguardano la meccanica quantistica e la relatività, nell'ambito della meccanica quindi.

2. *La Chimica intesa come semplice concezione scientifica e le conseguenze sulla presentazione del «paradigma»*

Incominciamo col dire che per l'Elettromagnetismo ci sono ben 10 esempi nel '700 contro 5 dell'800; ciò chiaramente mette questa teoria su un letto di Procuste. Questo stesso giudizio vale ancor più per l'Optica, che è del tutto ignorata nel '600. Ma soprattutto qui vogliamo notare che SRS non è quello che uno storico potrebbe aspettarsi, sapendo che la categoria fondamentale di Kuhn è il «paradigma»; e cioè un'analisi storica dettagliata di come il più potente e duraturo paradigma della storia della fisica, quello rappresentato dalla Meccanica di Newton, si è costruito. Leggendo SRS sembra che la Meccanica di Newton sia sorta nel '600 coi contrasti relativamente piccoli con il cartesianesimo e con Leibniz. Né SRS esamina come la teoria di Newton si è trasformata in un paradigma per la scienza del '700, fino ad inglobare Astronomia, Acustica, Ottica e Idrodinamica; e tentando di inglobare anche i fenomeni termici, elettrici, magnetici e chimici; fino a generare delle filosofie, come in Eulero, il quale voleva verificare la metafisica generale sulla teoria newtoniana;² o come in Kant, il quale pose lo spazio e il tempo newtoniani come due delle categorie a priori della conoscenza umana. I soli tre esempi del '700 sembrano del tutto sproporzionati con i temi della meccanica di quel periodo.

È ben vero che il '700 è un secolo difficile per lo storico. Qui la matematica avanzata (calcolo differenziale) incomincia ad avere un ruolo essenziale per la spiegazione storica. Tuttora è da compiere la ricostruzione della successione precisa delle tappe della storia della fisica in quel periodo;³ cioè districata dalle oscurità filosofiche dei suoi personaggi, come pure dalle oscurità dei concetti e delle notazioni, spesso devianti.⁴ Di fatto però Kuhn si dispensa dal trattare il rapporto fisica-matematica, quasi che la meccanica non funzioni da paradigma, proprio e soprattutto, per la matematica che essa ha introdotto nella fisica teorica. E siccome in SRS gli esempi dei secoli successivi riguardano sempre teorie allo stato nascente (l'Optica fisica ad es., l'Elettromagnetismo, ecc.) egli riduce la storia della fisica ad una storia di sole ipotesi e concezioni scientifiche, non di strutture matematiche.

E questa è una seconda spiegazione del così grande interesse di Kuhn per la Chimica; questa scienza ha una matematica molto ridotta, tanto da sembrare inesistente rispetto all'analisi infinitesimale; essa può essere ben presentata come una concezione scientifica. Certo una descrizione della storia della fisica nel '700 avrebbe richiesto più impegno a Kuhn (e anche ai lettori che, di conseguenza sarebbero stati certamente meno numerosi; SRS sarebbe stata meno «popolare» e avrebbe avuto una risonanza molto minore). E i risultati per la filosofia della scienza non sarebbero stati gli stessi. Infatti in SRS la mancanza della Matematica, cioè di tutta la storia della scienza del '700, ha gravi conseguenze per il concetto

² E. CASSEIR, *Storia della Filosofia moderna*, vol. II, Einaudi, 1953, p. 520.

³ C. THIBODELL, *A Program Toward Rediscovering the Rational mechanics of the Age of reason*, «Arch. Hist. Exact Sci.», 1, 3-36 (1960).

⁴ J. RAUZY, *The representation of Physical quantities in Eighteenth-Century Mathematical Physics*, «ISIS», 52, 1961 e anche A. DRAGO, S.D. MARRAS, *La teoria meccanica nel Settecento, un secolo di ambiguità e di polemiche per una teoria fisica*, «Giornale di Fisica», 27 (1986) 291-307.

di paradigma, che così non viene qualificato nei suoi contenuti matematici. Kuhn non dà altre occasioni di riflettere su paradigmi importanti. Infatti, già non ha riflettuto molto bene su quelli precedenti, relativi al contrasto Tolomeo/Copernico, perché li ha rappresentati come semplici concezioni scientifiche piuttosto che come delle teorie matematizzate sistematicamente; poi lo stesso avviene per l'800, secolo al quale Kuhn in effetti dà più spazio, ma attraverso la Chimica e l'Optica, le teorie a più basso contenuto matematico. Infine Kuhn accenna solamente al periodo della fisica moderna (così come fanno tutti i bravi libri scolastici di storia generale, che non parlano o non pronunciano giudizi sul 1900). Così viene a mancare la debita precisione sulla parola «paradigma», senza che il lettore provi sofferenza (tanto è vero che è occorso uno studio per rivelare la sua imprecisione).⁷

3. *La Chimica come scienza di un periodo rivoluzionario e la presentazione della «rivoluzione»*

Però è anche vero che Kuhn nel titolo di SRS, tra i suoi concetti caratteristici, «rivoluzione» e «paradigma», sceglie il primo e ignora il secondo. La cosa sorprende perché il paradigma è basilare dal punto di vista logico. Ma forse il testo di SRS si sofferma di più sulle rivoluzioni. Proviamo a seguire questa indicazione.

Kuhn descrive la rivoluzione della Meccanica del '600 (cioè la rivoluzione newtoniana che va ad includere le meccaniche di Galilei e di Cartesio in quella di Newton). Ma occorre ricordare che questa «rivoluzione» è stata studiata molto bene da Koyré.⁸ Stranamente Kuhn né ricorda Koyré, né ricorda il più generale dibattito sulla nascita della scienza moderna; né qui la parola «rivoluzione» prende molto più significato di un grande impulso dato dal newtonianismo. Molte potrebbero essere le spiegazioni di ciò. Resta il fatto che nell'economia del libro questa non appare una grande rivoluzione. Piuttosto Kuhn si concentra sulla scienza attorno alla rivoluzione francese: la Chimica in particolare e poi l'Elettrostatica e la teoria del Calore. La rivoluzione francese è un fenomeno politico così tanto sconvolgente per tutta la realtà del tempo, che il lettore può ben concepire che anche la scienza abbia subito una sua particolare «rivoluzione». Allora si può ben dire che Kuhn preferisce (oltre che nel titolo altisonante, anche nello studio dei periodi storici) la rivoluzione al paradigma perché in realtà in SRS egli si è ritagliato un periodo storico che è rivoluzionario in tutti i sensi; e che quindi cattura facilmente il consenso del lettore sulla sua tesi della intrinseca conflittualità dell'evoluzione scientifica. Questa è una terza spiegazione del così alto numero di esempi per la Chimica, la nuova scienza di quel periodo rivoluzionario.

Questa enfasi sulla «rivoluzione» piuttosto che sulla norma, ha contribuito negli anni '60 a rendere «popolare» SRS; la quale infatti si presenta audacemente sconvolgente il paradigma che la usuale storia generale ci fornisce sulla evoluzione

⁷ M. MASTRERANDI, *La natura di un paradigma*, in P. Feyerabend et alii, *Critica e crescita della conoscenza*, Feltrinelli, Milano, 1976, pp. 144-145.

⁸ A. KOYRÉ, *Studi Galileiani* (1959), Einaudi, 1970; *Dal mondo chiuso all'universo infinito* (1957), Feltrinelli, 1971.

della scienza. Ma notiamo che Kuhn, proprio perché non ha dato una precisa definizione di «rivoluzione» né di «paradigma», non chiarisce se e come, nell'ambito di una teoria, un paradigma può coesistere con un altro senza entrare in conflitto. Il problema si pone proprio nel caso della Chimica del '700, come si può rilevare dalla tabella:

Tab. 5 - Paradigmi per la Chimica in SRS

| | |
|--|-----------|
| PARADIGMA NEWTONIANO «SOPRA-MECCANICO» | |
| PARADIGMA DEL FLOGISTO | LAVOISIER |
| PARADIGMA DELLE AFFINITÀ | DALTON |

I paradigmi della Chimica del '700, di cui Kuhn più frequentemente parla, sono il paradigma del «flogisto» (che fu rivoluzionato da Lavoisier con «la teoria della combustione ad opera dell'ossigeno») e il paradigma dell'«affinità elettiva» che —secondo Kuhn— fu rivoluzionato da Dalton. Le due rivoluzioni sono indicate nella tabella 5 con due tratti verticali in due righe distinte, perché Kuhn ne parla in esempi distinti. (Una volta egli accenna al perdurare del paradigma dell'«affinità» «fin dopo Lavoisier»; per questo motivo il tratto verticale che riguarda Lavoisier, nella tabella 5, compare prima di quello che riguarda la fine del paradigma dell'«affinità»). Al di sopra di questi righe, poi, è indicato il paradigma newtoniano che, secondo Kuhn, ha un «aspetto sopra meccanico» nel senso che da esso derivò «gran parte della letteratura del XVIII secolo concernente le affinità chimiche e le serie di sostituzione».¹¹ In altri termini, quando studia un periodo «rivoluzionario» egli riesce a specificare quale paradigma decade e quale gli succede, ma nulla o poco dice degli altri paradigmi che, introdotti con altri esempi storici, sono contemporanei alla rivoluzione.

È per questa imprecisione nei rapporti tra i paradigmi che SRS può presentare come risultato quello che appare discutibile (nel seguito di questo paragrafo contrasteremo questa tesi): che le innovazioni della Chimica derivino dal paradigma della Meccanica newtoniana. Allora qui c'è una quarta giustificazione dell'alto numero di esempi di Chimica: Kuhn la vuole assoggettata al paradigma che per lui

¹¹ T.S. KUHN, *SRS op. cit.*, p. 95-97 (per il paradigma del «flogisto»); *ibidem*, p. 79 (per la «teoria della combustione ad opera dell'ossigeno»); *ibidem*, p. 160 (per il paradigma dell'«affinità elettiva»); *ibidem*, pp. 162-164 (per la rivoluzione di Dalton); *ibidem*, p. 160 (per il perdurare del paradigma dell'«affinità» «fin dopo Lavoisier»); *ibidem*, p. 135 (per l'«aspetto sopra meccanico» del «newtonianesimo»). È da notare, infine, che anche in altre occasioni Kuhn attribuisce alle teorie fisiche un valore paradigmatico per i chimici (per Lavoisier, l'introduzione della pompa ad aria, *ibidem*, p. 94; e l'introduzione della bilancia, *ibidem*, p. 96; per Dalton, la miscelazione come processo fisico, *ibidem*, p. 163).

è dominante, quello della Meccanica, benché sappia bene che molti potrebbero obbiettare a questa idea.

Si noti che su questo periodo a cavallo dell'800, che è stato poco approfondito dagli storici, Kuhn aveva compiuto alcuni studi specifici importanti; ma questi studi sono molto parziali rispetto alla complessità della storia del periodo. Egli non ha studiato molto la Chimica, affatto Laplace, Monge, Lavoisier, Lagrange, Galois, Lobachevskij, per ricordare solo alcuni protagonisti. Quindi la sua base culturale era molto ristretta rispetto alle generalizzazioni che egli ha voluto ricavare su quel periodo storico particolare. Tanto più che, curiosamente, non cita nemmeno un'importante studio storico, compiuto da lui stesso, su un personaggio che veramente è rivoluzionario, Sadi Carnot. In effetti è tutta la nascita della Termodinamica che viene fortemente penalizzata da Kuhn, tanto da non citare neanche l'altro suo famoso lavoro sulla scoperta della conservazione dell'energia e che abbraccia giustappunto l'arco di tempo 1750-1850.¹² E questo fatto è molto strano. Secondo noi esso dipende dalla visione kuhniana di un unico paradigma meccanicistico. Infatti, quando Kuhn discute della rivoluzione chimica attribuisce al newtonianesimo « un aspetto sopra meccanico »¹³ il quale avrebbe suggerito ai chimici la soluzione della rivoluzione. Si noti che, se anche si volesse ammettere ciò per la Chimica, nel caso della Termodinamica non si vede come questo « aspetto » poteva influire per eliminare il calorico, che in effetti era un fluido meccanico, sul quale per di più si poteva teorizzare mediante equazioni differenziali.¹⁴ Inoltre è ben noto che per tutto l'ottocento il meccanicismo trovò una controposizione culturale molto temibile nella Termodinamica, che veniva considerata da alcuni come la prima teoria fisica, e quindi da porre al di sopra della Meccanica. Se Kuhn si fosse soffermato un po' di più sulla Termodinamica dell'800, il lettore fisico non avrebbe potuto dimenticare questo forte contrasto, che si esprime anche nella matematica: quella dell'entropia (una disuguaglianza!) e quella della meccanica (equazioni differenziali).

¹² Gli studi di Kuhn fino alla data di SRS sono, *Newton 31st Query and the Degradation of God*, «ISIS», 42, (1951) 296-398; *R. Boyle*, «ISIS», 43 (1952) 12-36; *Newton and the theory of Chemical solution*, «ISIS», 43 (1952) 123-24; *The Independence of Density and Pressure in Newton's Theory*, «ISIS», 43 (1952) 364-5; *Carnot version of Carnot Cycle*, «Am. J. Phys.», 23 (1955) 91-95; *La Mer's Version of Carnot Cycle*, «Am. J. Phys.», 23 (1955) 397-9; *The Copernican Revolution, Planetary Astronomy in the Development of Western Thought*, Cambridge, Mass. 1957; *Conservation of Energy as an Example of Simultaneous Discovery*, in M. Clagett (ed.), *op. cit.*, p. 357-382; *The Caloric Theory and the Adiabatic Compression*, «ISIS», 49 (1958), p. 132-140; «Preface to I. Newton's Optical Papers» in I.B. Cohen, *Isaac Newton's Papers and Letters on Natural Philosophy*, Cambridge, Mass., Harvard University Press, 1958, pp. 27-45; *The Essential Tension: Tradition and Innovation in Scientific Research*, in C.W. Taylor (ed.), *The Third Utah Utah Res. Conf.*, U. Utah p., 1959, 162-177; *The Function of Measuring in Modern Physical Science*, «ISIS», 52, (1961) 161-190; *Sadi Carnot and the Cogwheel Engine*, «ISIS», 52 (1961) 367-374; *Engineering Precedent for the Work of Sadi Carnot*, «Actes du Congrès Int. Hist. Sci.», Barcelona (1961) 530-55; *The Function of Dogma in Scientific Research*, in A.C. Crombie (ed.), *Scientific Change*, Basic Book, 1963, 347-369, 386-595. Alcuni (quelli su Carnot) di questi lavori sono citati da Kuhn ma poi, stranamente, non sono impiegati nel sostegno della sua tesi. I lavori su Newton, invece sono pienamente utilizzati in SRS!

¹³ T.S. Kuhn, SRS *op. cit.*, p. 135.

¹⁴ Si veda ad es. la correzione di Laplace della velocità del suono data da Newton; essa fu ottenuta differenziando $dQ = 0$.

Quindi se dovessimo prendere sul serio il suo titolo e il suo periodo storico principale, allora dovremmo pretendere un approfondimento mediante ulteriori studi storici specifici sia della parola «rivoluzione» che di quella particolare rivoluzione scientifica da lui sottolineata, studi che Kuhn invece o non ha compiuto o ha ignorato o (avendoli fatti!) non ha voluto citare. Per questa mancanza, le applicazioni delle sue categorie fondamentali restano generiche e generali, basate sulla evidenza dei fatti noti al lettore medio e non sulla forza di convinzione della successione evolutiva dei fatti storici presentati.

4. Conclusioni

Come abbiamo visto, l'imprecisione dei concetti di paradigma e di rivoluzione di Kuhn è collegata alla qualità degli esempi storici da lui considerati. Questo non sarebbe stato colto se non ci fossimo meravigliati del così gran numero di esempi di Chimica in SRS. Proprio da questa «spia» è scaturito il coerente lavoro interpretativo di SRS, un'opera che, da circa trent'anni, ha sollevato grandi problemi e grandi discussioni tra gli storici e tra i filosofi della scienza. E scoprendo Kuhn in SRS, siamo entrati in possesso del «codice di accesso»¹⁷ al suo schema concettuale fino al punto di spiegare la sua incapacità ad usare il «paradigma» nel suo libro più recente: «Black Body Theory and the Quantum Discontinuity, 1894-1912» (nel seguito: BBT),¹⁸ abbia rinunciato a descrivere la nascita della teoria dei quanti con la categoria fondamentale di SRS: il paradigma.¹⁹ Abbiamo chiarito, infatti, che Kuhn è stato costretto a deludere chi attendeva, in BBT, la verifica della tesi di SRS proprio perché il concetto di paradigma, a causa della sua vaga definizione, gli si è rivelato inapplicabile in quel caso storico. Abbiamo provato, in altri termini, che in BBT è stato sconfitto il «più popolare tentativo di tutti i tempi di interpretare la natura della scienza».²⁰ Giungere consapevolmente a questa conclusione non è di poco conto se indica ai filosofi della scienza come passare dalle idee suggestive, ma non sufficientemente fondate, di Kuhn²¹ ed altre idee²² che si sono rivelate più profonde.

¹⁷ P. CERRETA, A. DRAGO, *Matematica e conoscenza storica. La interpretazione di Kuhn della storia della scienza*, op. cit.

¹⁸ T.S. KUHN, *Black Body Theory and the Quantum Discontinuity, 1894-1912*, Oxford, Clarendon Press - New York, 1978; (trad. it. *Alle origini della fisica contemporanea. La teoria del corpo nero e la discontinuità quantica*, E. Melloni, Bologna, 1981).

¹⁹ P. CERRETA, *Il corpo nero: Kuhn tra Planck e Boltzmann*, in F. Bevilacqua (ed.), *Atti XII Congresso Naz. Storia della Fisica*, L'Aquila, 1991, (in press).

²⁰ D. SHAPERS, *The Paradigm Concept*, in «*Science*», vol. 172 (1971), p. 706-709.

²¹ Tale indicazione sottrae gli studiosi al fascino ambiguo di Kuhn il quale, dopo anni di reticenza su BBT, nel 1984 tenta di salvare il successo di SRS dichiarando che esso non ha nessuna relazione con BBT, e nello stesso tempo suggerisce come si può leggere BBT alla luce di SRS. Si veda, T.S. KUHN, *Revisiting Planck*, in *HSPS*, 14,2 (1984), p. 231-252.

²² A. DRAGO, *I quattro modelli della realtà fisica*, «*Epistemologia*», 1990.

GIOVANNI PAOLONI (*)

Alcune fonti documentarie per la storia della chimica in Italia (**)

Summary - The author reviews the information available on some institutional and personal archives for the history of Italian chemistry (among them the papers of S. Cannizzaro, E. Paternò, C. Bertagnini), stressing the importance of some missing personal archives (R. Piria). Information is also given on recent initiatives for the archives of science and technology.

Nel corso di questi ultimi anni gli storici delle discipline scientifiche hanno rivolto una crescente attenzione alle fonti storiche che si trovano negli archivi. Questa tendenza ha interessato anche gli storici della chimica, favorendo la ricerca e la valorizzazione delle fonti per la storia della disciplina. I risultati raggiunti sono ben lontani dal lasciare soddisfatti, e tuttavia sono ormai sufficienti per un primo bilancio, utile soprattutto in vista di una strategia efficace per una nuova fase di attività in questo settore.

In questa comunicazione mi propongo di presentare alcune fonti archivistiche riguardanti la storia della chimica italiana post-unitaria, dando notizia (purtroppo solo sommariamente) di un certo numero di archivi personali, istituzionali, professionali e d'impresa. Questa distinzione, come si vedrà, non è solo la conseguenza di un approccio di tipo storico-istituzionale, ma è anche coerente con una strategia di ricerca che tenga conto dei diversi percorsi che l'attuale organizzazione archivistica italiana prevede per la conservazione di fonti di origine tra loro differente.

Gli archivi di personalità della chimica italiana del periodo che qui interessa sono concentrati, ad eccezione di Cesare Bertagnini, presso l'Accademia nazionale delle scienze detta dei XL. Lì si trovano la parte più significativa delle corrispondenze di Stanislao Cannizzaro, le carte di Emanuele Paternò, quel che resta delle carte di Arturo Miolati, di Nicola Patravano e di Domenico Marotta.¹ Si tratta di

(*) Archivio centrale dello Stato, Roma.

(**) Relazione presentata al IV Congresso Nazionale di «Storia e Fondamenti della Chimica» (Venezia, 7-9 novembre 1991).

¹ Per notizie sui carteggi personali conservati presso l'Accademia dei XL cfr. *Guida all'archivio storico dell'Accademia nazionale delle scienze detta dei XL*, a c. di G. Paoloni e M. Tosti Croce, Roma 1984, pp. 77-78, e *Primi risultati del censimento dei documenti italiani per la storia della*

documentazione di interesse e consistenza variabili da caso a caso, e che sempre rappresenta solo una parte di quel che doveva essere in origine l'archivio: emblematico in questo senso è l'archivio Cannizzaro, diviso fra tre diverse sedi,² e tuttavia incompleto. Poco consistente anche la documentazione di Miolati e Parravano, anche se interessante. Molto ricco è invece l'archivio Paternò, sul quale è stato avviato un lavoro di ricognizione, preliminare al riordinamento e all'inventariazione: esso comprende manoscritti scientifici, appunti per lezioni, corrispondenza, documentazione relativa a questioni di carattere accademico, politico e istituzionale, ed è forse il più consistente di tutti, almeno da un punto di vista quantitativo.

Perché questa raccolta di archivi si trova proprio l'Accademia dei XL? La risposta è nell'interesse di Domenico Marotta, che ne fu per molti anni presidente, per la storia della scienza: grazie a lui furono acquisite le carte di Cannizzaro e Paternò, dalle quali del resto egli curò la pubblicazione di materiali selezionati.³ Marotta volle salvare le carte di coloro che considerava i suoi maestri, e per questo ebbe la fiducia degli eredi. Ma l'impegno del sodalizio nel campo della conservazione di archivi è stato mantenuto e sviluppato dai presidenti successivi, e così sono stati attirati verso l'Accademia altri importanti carteggi personali.

Le carte di Cesare Bertagnini, invece, furono depositate presso l'Archivio di Stato di Torino, dove furono ordinate e successivamente donate alla Biblioteca comunale di La Spezia; questo iter si spiega col fatto che la madre di Bertagnini era cugina di Giovanni Sforza, direttore dell'Archivio di Stato di Torino, al quale lasciò in eredità l'archivio, da questi poi donato alla biblioteca spezzina.⁴

Cannizzaro e Bertagnini sono considerati tra i fondatori di quella che Giulio Provençal ha definito la «scuola italiana di chimica»; nel panorama appena delineato, tuttavia, si nota l'assenza dell'altra grande personalità del gruppo, Raffaele Piria. Questi lasciò certamente delle carte, delle quali faceva parte il manoscritto di un manuale di chimica che Cannizzaro si impegnò a far pubblicare. Per varie ragioni, però, la pubblicazione non poté essere realizzata, e questo causò il risentimento della moglie di Piria, Luigia Cosenz, che da tale pubblicazione riteneva di poter ricavare un utile, e si ritenne perciò ingiustamente defraudata dagli allievi del

scienza, a cura di Giovanni Paoloni e Nicoletta Coppini, in «Rendiconti dell'Accademia nazionale delle scienze detta dei XL», serie V, volume XIV (1990), parte II, pp. 26-51. Le notizie non includono la documentazione di Nicola Parravano, della quale gli eredi hanno recentemente donato all'Accademia una selezione di materiali riprodotti, curata da G.B. Marini Bettolo.

² Le carte Cannizzaro si trovano in parte presso l'Accademia dei XL, in parte presso la Società chimica italiana e presso il Museo centrale del Risorgimento di Roma. Cfr. *Le carte di Stanislao Cannizzaro*, a c. di G. Paoloni e M. Tosti Croce, Roma 1989. Si può peraltro affermare che l'archivio ricostruito è incompleto: ad esempio mancano i manoscritti scientifici e i quaderni di laboratorio, che probabilmente si trovavano presso Platino chimico, e sono andati perduti dopo la morte del grande chimico.

³ *Stanislao Cannizzaro. Scritti vari e lettere inedite nel centenario della nascita*, a cura dell'Associazione italiana di chimica generale ed applicata, Roma 1936; D. MAURETTA, *Etanislao Paternò. Scritti e ricordi editi e inediti*, in «Rendiconti dell'Accademia nazionale delle scienze detta dei XL», serie IV, volume XV (1964), pp. 33-425; *Raffaele Piria. Lavori scientifici e scritti vari*, raccolti da D. Maureta, Roma 1932.

⁴ Cfr. *Dizionario biografico degli italiani*, vol. 9, ad nomen, e G. PROVENÇAL, *Vita e opere di Cesare Bertagnini*, Roma 1928.

Luino 8 Maggio 1860

Care Cannizzaro

Wurtz mi ha scritto giorni dietro inviandomi un programma d'un congresso di Chimici ed invitandomi a comunicarlo anche a voi. Vi mando la lettera col relativo programma, cuiè paggiato (vedete) di che cosa si tratta. A mandarvelo è portatelo voi, giacchè m'immagino che non tarderete a venire a Luino.

L'idea mi sembra eccellente. Io intanto ho scritto accettando per conto vostro e mio, e ho detto una innocente bugia, affermando che mi aveva (autorizzato) a dare la vostra adesione, come non subito a questo fatto se effettivamente ne avessi fatto prima.

Cora avete concluso per Pisa. Cordimenti
Per affetto
Raffaele

Definizione delle voci in che
mi è importante — come quelle
espresse dalle parole
atomo, molecola, equivalente
atomico — basico.

Esame delle quistioni degli
equivalenti e delle formule
chimiche

Stabilimento di una notazione
e nomenclatura uniforme
M. Wirtz

27. rue St Guillaume

marito. Perdendo i contatti con lei, gli allievi persero ogni traccia delle carte di Piria, delle quali tuttora non si ha notizia: e questo benché la famiglia Cosenz, che ha dato personalità illustri alla storia dell'Italia risorgimentale e postunitaria, abbia dimostrato grande sensibilità verso la documentazione archivistica, con ripetute donazioni al Museo centrale del Risorgimento.

Queste piccole storie, oltre a fornire qualche notizia utile a chi è interessato, dimostrano in maniera emblematica il ruolo del caso nella conservazione dei carteggi personali e la funzione che possono avere le comunità scientifiche: la sorte degli archivi personali è infatti affidata alla buona coscienza dei diretti interessati e dei loro eredi, e dunque dipende dalla percezione che il diretto interessato ha di sé o che i familiari hanno del caro estinto in rapporto all'ambiente professionale, dal desiderio di tramandare la memoria storica e dal timore che questa possa essere ricostruita in maniera deformata o riduttiva; essa dunque può essere influenzata in maniera negativa o positiva dalle rispettive comunità.

Meno esposti ai rischi della dispersione sono gli archivi che riguardano l'organizzazione professionale dei chimici italiani. È noto che in Italia solo con grande ritardo rispetto agli altri paesi e ad altre discipline i chimici sono riusciti a costituire un'associazione professionale. È significativo il fatto che, come già altre associazioni professionali fra cultori di discipline scientifiche, anche l'Associazione italiana di chimica pura e applicata sia nata intorno a una rivista scientifica già esistente e affermata, la «Gazzetta chimica». La Società chimica italiana ha recentemente deciso di intraprendere alcune iniziative per favorire la conservazione e per valorizzare l'archivio della Società stessa; in mancanza di altre informazioni non si può dire di più sull'iniziativa, salvo rilevare che si tratta certamente di un patrimonio consistente, e che in questo archivio è stata trovata una parte delle carte di Cannizzaro, lì confluita per la preparazione del centenario celebrato nel 1926 e per la pubblicazione del relativo volume. La disponibilità di questo archivio e di quelli delle altre organizzazioni professionali in vario modo collegate alla storia della Società chimica, insieme alle ricerche su riviste professionali e altre fonti come quelle recentemente intraprese sotto la guida di Luigi Cerruti, consentiranno in futuro di avere una migliore conoscenza dei chimici italiani come comunità scientifica, adottando una prospettiva storiografica più aggiornata rispetto all'unico lavoro oggi disponibile sull'argomento, quello di Angelo Coppadoro.⁷

Gli archivi delle associazioni professionali e degli enti sono maggiormente tutelati rispetto a quelli personali, potendo essere più agevolmente identificati e, nel caso di privati, dichiarati «di notevole interesse storico» da parte delle Soprintendenze per i beni archivistici, e nel caso di enti pubblici ed enti locali sottoposti a vigilanza.⁸ Per gli archivi personali degli scienziati, invece, il discorso della vigilanza è più diffi-

⁷ Cfr. A. COPPADORO, *I chimici italiani e le loro associazioni*, Milano 1961; P. ANTONIOTTI, L. CARATTI, M. REI, *I chimici italiani nel contesto europeo*, in *La scienza accademica nell'Italia post-unitaria*, a cura di V. Ascareani, Milano 1989, pp. 113-190.

⁸ Come stabilisce il D.P.R. 30 settembre 1963 n° 1409, in particolare gli articoli da 30 a 43. Sulla normativa relativa agli archivi cfr. Ministero dell'Interno, Direzione generale degli archivi di Stato, *La legge sugli archivi*, Roma 1963; e Ministero per i beni culturali e ambientali, Ufficio centrale per i beni archivistici, *La legge sugli archivi. Aggiornamenti (1965-1986)*, Roma 1987.

cile: se però si supera la difficoltà di identificazione e localizzazione le Soprintendenze, accanto allo strumento già menzionato della notifica, hanno la possibilità di mettere in campo personale qualificato proprio, di segnalare operatori professionalmente competenti, di informare sulla possibilità di ottenere contributi o altri servizi offerti dall'amministrazione archivistica, agendo come organizzatori della domanda in un rapporto di fiducia e di corretta informazione tra amministrazione e utenti.

Situazione ben diversa è quella degli archivi istituzionali centrali e periferici, conservati nell'Archivio centrale dello Stato e negli Archivi di Stato delle varie provincie. L'organizzazione amministrativa fortemente centralizzata dello Stato italiano, particolarmente accentuata nell'età liberale, fa sì che vi sia una forte interdipendenza tra fonte locale e fonte centrale: a quest'ultima devono ricorrere di necessità non solo quanti coltivano interessi storiografici più legati allo studio degli indirizzi e delle politiche centrali, sia pure con un taglio settoriale, ma anche quanti si interessano a tematiche di storia locale o comunque collegate allo studio di realtà anche importanti ma amministrativamente periferiche. Alcuni tra i lavori presentati in questo convegno forniscono un eccellente esempio del tipo di fonti che si possono trovare negli Archivi di Stato per il periodo preunitario, ed esplorano alcune fra le loro possibili utilizzazioni. Tutta da studiare appare invece la documentazione istituzionale post-unitaria, relativa agli organi tecnici e scientifici periferici dell'amministrazione statale. Tra questi occorrerà considerare, per le ricerche di storia della chimica, tanto i servizi prevalentemente collegati con l'intervento degli enti locali e dello Stato in campo igienico-sanitario, quanto quelli prevalentemente indirizzati al sostegno dell'attività produttiva agricola e industriale e al suo controllo per finalità qualitative e soprattutto fiscali.

Punto di riferimento obbligatorio per le fonti dell'amministrazione centrale è l'Archivio centrale dello Stato. Qui si trovano gli archivi del Ministero della pubblica istruzione, del Ministero di agricoltura industria e commercio e dei dicasteri economici ad esso succeduti nel ventennio fascista e nel dopoguerra, gli archivi della Direzione generale della sanità pubblica (fino al 1934) e di alcuni laboratori dell'Istituto superiore di sanità, gli archivi del Consiglio nazionale delle ricerche (fino al 1951) e dell'IRI, nonché di enti come l'ENADISTIL (Ente nazionale distillazione materie vinose), l'Ente nazionale metano, la DELTEC (Delegazione tecnica italiana a Washington). Per quanto concerne lo Stato come committente dell'industria chimica desidero poi segnalare gli archivi del Ministero della marina, in particolare la serie «Contratti», e quelli del Ministero delle armi e munizioni, particolarmente ricchi per quanto riguarda le vicende della chimica italiana nel primo conflitto mondiale.

Fra gli archivi d'impresa relativi all'industria chimica (un campo nel quale vi è molto ancora da scoprire) desidero invece segnalare l'archivio della SIRI (Società italiana ricerche industriali), conservato nell'Archivio di Stato di Terni,¹ nonché

¹ La SIRI, fondata da Luigi Casale con l'appoggio della Società Terni e col conferimento della SIAS (una controllata della Società italiana per il carburato di calcio), operò dal 1925 al 1985 a Terni occupandosi di ingegneria chimica. Una descrizione dell'archivio è stata pubblicata da C. MASSOLA *La documentazione della Società italiana ricerche industriali presso l'Archivio di Stato di Terni*, in «Archivi e imprese», 1990, n° 2, pp. 102-103.

l'archivio dell'Istituto Guido Donegani e quel che resta degli archivi aziendali della Montecatini, non accessibili coerentemente alla consultazione, ma recentemente messi a disposizione di un gruppo di ricercatori di storia economica della Fondazione ASSI dalla Montedison.⁹

Questa rassegna, per quanto sommaria, non potrebbe chiudersi senza un cenno al problema degli archivi delle Università: mentre per la documentazione relativa al periodo preunitario molti atenei hanno scelto da tempo la strada del deposito presso i locali archivi di Stato, esiste per il periodo post-unitario uno stato di incertezza, legato in parte a problemi di competenza burocratica,¹⁰ ma soprattutto al desiderio delle Università di non riconoscere vincoli esterni di alcun genere e di mantenere il pieno controllo sull'utilizzazione non solo amministrativa ma anche culturale della propria memoria archivistica. In questo stato di incertezza accade, puramente e semplicemente, che sia esposta a un forte rischio di dispersione molta documentazione di interesse storico relativa a progetti di ricerca, attività di istituti e fondazioni, singoli docenti, e in qualche caso addirittura all'attività istituzionale di segreteria, amministrazione e organi accademici.

Questo panorama, con tutte le sue lacune e la sua sommarietà, pone in evidenza i due principali problemi cui si trova oggi di fronte chiunque voglia occuparsi delle fonti documentarie per la storia della scienza nell'Italia post-unitaria: il problema del riconoscimento e quello della circolazione delle informazioni relative alla localizzazione e all'accessibilità delle fonti stesse. Il problema del riconoscimento (vale a dire della consapevolezza, da parte del detentore di un certo archivio, della sua esistenza e del suo valore storico e culturale) è determinante per la conservazione: in questo senso, come si è già detto, le comunità scientifiche e le istituzioni accademiche e museali possono svolgere (e in altri paesi svolgono da anni in maniera sistematica e organizzata) un importante ruolo di sensibilizzazione.

Ma un archivio salvato dalla dispersione non è per questo automaticamente inserito nella circolazione dell'informazione culturale e storica e reso disponibile agli studiosi. Per raggiungere questo obiettivo sono necessari altri strumenti: l'amministrazione archivistica si è perciò molto adoperata in questi anni per la predisposizione di strumenti generali di informazione e di indirizzo relativi sia agli archivi direttamente conservati negli Archivi di Stato,¹¹ sia a quelli a vario titolo vigilati dalle Soprintendenze archivistiche.¹² A queste iniziative si accompagnano specifici strumenti settoriali o locali, realizzati in proprio o promossi tanto dalla amministrazione archivistica quanto da altri operatori istituzionali.

⁹ Il gruppo ha appena pubblicato due libri che rappresentano un passo avanti negli studi sulla storia dell'industria chimica italiana: *Montecatini 1888-1966: capitoli di storia di una grande impresa*, a c. di F. Amatori e B. Bezza, Bologna 1990, e *Dall'ammociana ai nuovi materiali: storia dell'Istituto di ricerche chimiche Guido Donegani*, Bologna 1991.

¹⁰ L'incertezza burocratica si fonda sul dubbio se gli archivi delle Università siano da considerare come quelli enti autonomi (vigilati dalle Soprintendenze archivistiche) oppure come quelli di organi sia pure atipici dell'amministrazione (sorvegliati da apposite commissioni con rappresentanza del locale Archivio di Stato).

¹¹ *La Guida generale degli Archivi di Stato*, di cui sono stati pubblicati i primi tre volumi ed è in corso di stampa il quarto ed ultimo.

¹² *Archivi di famiglie e di persone. Materiali per una guida*, di cui è stato appena pubblicato il primo volume.

Per quanto riguarda specificamente gli archivi della scienza, in Italia il primo tentativo di censimento è stato impostato dall'Istituto e museo di storia della scienza di Firenze nel 1982, con l'obiettivo di realizzare un «Archivio delle corrispondenze degli scienziati italiani 1400-1900». È difficile, in assenza di informazioni specifiche, valutare i risultati conseguiti dall'iniziativa come censimento di archivi; l'attività del museo fiorentino ha comunque dato avvio ad un pregevole lavoro di edizione di fonti sei-settecentesche, e d'altra parte la struttura stessa della scheda adottata è più adatta a questo tipo di attività che non a quella di censimento.¹⁰ Altre attività di censimento sono state intraprese dalla Commissione storica della Società astronomica italiana e dall'Accademia nazionale delle scienze detta dei XL in collaborazione con l'Ufficio centrale per i beni archivistici. La prima iniziativa si interessa in generale del patrimonio strumentale, bibliografico e archivistico degli osservatori astronomici, e ha conseguito lusinghieri risultati, almeno per quel che concerne gli archivi; la seconda tenta una ricognizione delle fonti documentarie per la storia della scienza e della tecnica esistenti sul territorio nazionale, senza restrizioni cronologiche o disciplinari.¹¹

Sono inoltre in corso iniziative a carattere disciplinare, di taglio contemporaneo, per la fisica e discipline collegate e per la matematica. Per la fisica si sta operando nel quadro del progetto internazionale ICOS (International catalog of the sources for the history of physics and allied sciences), promosso dal Center for history of physics dell'American institute of physics, in collegamento con varie istituzioni interessate in diversi paesi; per l'Italia il lavoro è svolto dal Seminario di storia della scienza dell'Università «La Sapienza» di Roma. A metà strada tra il censimento e l'edizione di fonti si colloca invece l'iniziativa per l'archivio delle corrispondenze dei matematici italiani promossa dal PRISTEM (Progetto ricerche storiche e metodologiche) dell'Università «Bocconi» di Milano. I due gruppi stanno inoltre studiando il modo di collegare interdisciplinarmente i propri risultati.

Avendo avuto modo di entrare in contatto e in qualche caso di collaborare con le iniziative che ho citato, come archivista particolarmente interessato agli archivi della scienza e alla storia delle istituzioni scientifiche, ritengo che queste esperienze costituiscano un fatto molto positivo, per le informazioni che hanno consentito di raccogliere e far circolare e per il tipo di rapporto che hanno incoraggiato fra ricercatori di interessi e formazione spesso diversi. Credo che gli storici della chimica dovrebbero riflettere su questo aspetto e sulle iniziative in corso, sia disciplinari sia interdisciplinari, e trarne qualche spunto per partecipare anch'essi all'attività di localizzazione delle fonti archivistiche e alla circolazione delle informazioni. Sarebbero infatti auspicabili iniziative capaci di superare i confini disciplinari, i quali in verità, almeno sul terreno delle fonti, dei repertori e della storia istituzionale sono spesso difficili da individuare. Per metterle in cantiere l'apporto degli storici della chimica è indispensabile.

¹⁰ L'iniziativa utilizza un tracciato di memorizzazione messo a punto presso il Centro di calcolo della Scuola normale superiore di Pisa, descritto da M. FRUTTI MAZZA, *Proposta per un repertorio "elettronico" dei carteggi*, in Scuola normale superiore di Pisa, Centro di elaborazione automatica di dati e documenti storico-artistici, «Bollettino d'informazioni», 1981, n° 1.

¹¹ Cfr. *Pisivi risultati*, cit.

ROBERT FOX (*)

An Uneasy Courtship: Rhetoric and Reality in the Relations between Academic and Industrial Chemistry, 1770-1914 (**)

In his two-volume work *De l'industrie française*, published in 1819, the chemist J.A.C. Chaptal looked back on half a century in which, as he saw it, science had become established at the heart of industrial activity. In an account redolent with pride in the achievements of French industry, in particular during the First Empire, Chaptal painted a rosy picture of the contribution of science to manufacturing. It was a picture in which even the highly theoretical innovations of Lavoisier had their place. For Chaptal, Lavoisier's role in elevating chemistry to the status of a «positive science» had been as important for the chemical industry as it had been for chemical science.

Chaptal's account, in fact, suggests that the roots of industrial science lay somewhere in the half century between 1770 and 1820. And it is that implication of his work which provides the starting point for my own reflexions. I begin, inevitably, with an obvious *caveat*. In what sense can it be maintained that the chemistry of the later eighteenth century was responsible for the technical innovation of, say, chlorine bleaching, pioneered in the 1780s? At one level, it is hard to see what the theory of chemical affinities could have offered. But the point (however obvious) has to be made that the new departure could not have come about but for the chemical work of Berthollet and Scheele which had led, a few years earlier, to the isolation and identification of chlorine. Less obviously, but more importantly, we must recognize, as Barbara Whitney Keyser has done, that contemporary chemical science also played a part in encouraging a systematic approach to testing and what would otherwise have been a rather random procedure based on trial and error.

I shall say right away that I am convinced by the implications of Keyser's evidence. I believe that in judging the efficacy of science as a support for industrial

(*) University of Oxford - G.B.

(**) Presented at the IV National Meeting «Storia e Fondamenti della Chimica» (Venezia, 7-9 novembre 1991).

practice, we have to focus not so much on the consequences stimulated by major theoretical breakthroughs as on subtler, more elusive aspects of the intellectual and experimental "package" that science, at various times, has had to offer. One reason why I favour this solution is that if we try to test the role of science by the touchstone of its theoretical contributions alone, it becomes hard to understand why there has been such a long tradition of belief in the efficacy of science as a stimulus to industry. The solution makes sense, therefore, not only of Chaptal's assertions but also of rhetoric of the kind that was used, routinely and often unreflectively, to justify science throughout the eighteenth and nineteenth centuries.

Of course, even the approach I advocate does not solve all the historiographical problems. We still have to face and interpret the many programmatic statements, in particular from chemists, asserting the utilitarian importance of theory and what we might loosely term "pure chemistry". In the early and mid-nineteenth century, Justus von Liebig in Germany, Jean-Baptiste Dumas in France and A.W. Hofmann in England were just three of Europe's leading chemists who argued for the utility of chemistry for industrial practice but who also insisted on the importance of the chemist's remaining firmly in the realm of pure research. Hofmann's prescription was typically unequivocal: it was that the chemist should seek "pure truth" and avoid becoming too closely involved in the routines of manufacturing.

The obvious question we have to ask, as historians, is whether this conception of the chemist's role commended itself to the industrialists whose interests Hofmann claimed to be serving from his academic laboratory at the Royal College of Chemistry in London. My clear impression is that it did not. At least in England, there were few signs of any serious recognition of the contribution that could be made by university-trained chemists before the mid-century, or even for some years after that. When Lyon Playfair, fresh from Edinburgh and Liebig's laboratory at Giessen, was appointed as works chemist at a calico-printing factory in Lancashire in 1840, he was in the vanguard of a process of integration that was to be made painfully slow not by a shortage of chemists but by the attitudes that prevailed among manufacturers and, even more conspicuously, the simply educated workmen who ruled the colour shops of the textile mills. As one self-educated but highly successful colour chemist, John Mercer, recalled, the majority of managers and colourmen in Britain displayed a mixture of jealousy and contempt for chemists who had been fashioned in the universities, in ignorance of the ways and practices of the shop floor.

In the light of this evidence, I feel that we should think again about the way in which the marriage between science and industry came to be consummated in the chemical industry of the nineteenth century. At least in Britain, we have repeatedly been told, most notably by Martin Wiener, that one of the greatest weaknesses of the British economy was the tendency for the educated classes and the universities in which they were fashioned to disdain the alien world of manufacturing. While the ancient universities of Oxford and Cambridge may have been open to this charge (though even there, I can think of important individual exceptions), it does not have even a distant ring of truth when applied to the newer colleges that began to emerge in London and the provincial manufacturing towns from the mid-century. How can it be claimed that the Royal College of Chemistry (founded in

London in 1845) or Owens College (the future University of Manchester, founded in 1851) were hostile or even indifferent to the integration of scientific knowledge with industrial practice? It was one of their *raison d'être*. My own, very different view is that if we want to understand the slowness of the engagement of academic science in the advance of industry, we are less likely to find the impediments in the failings of academe than in the suspicion and hostility that circulated among industrialists and their employees.

In using words like "suspicion" and "hostility", I do not wish to imply that industrial attitudes were bred simply of ignorance or blind animosity. There were good reasons for believing that the emphasis on precision and theory that characterized the training of an academic scientist had little place in the rough and ready world of manufacturing. Pursuing the example of chemistry, I doubt whether even the introduction of artificial dyestuffs, following W.H. Perkin's discovery of mauve in 1856, significantly increased the scope for the attitudes and skills that were routinely and uniquely inculcated in a university laboratory. It is significant that the leaders in the old tradition of natural dyes and dyeing — Camille Koechlin and J.A. Schlumberger in Mulhouse and Charles O'Neill in Manchester, for example — remained as leaders in the new age of the aniline dyes; their rather approximate methods and simple facilities continued to be perfectly adequate.

Of course, it would be absurd to suggest that nothing at all had changed. In the 1860s, a small number of chemists with skills in advanced analysis found a new role as expert witnesses in legal cases, of which the litigation surrounding the red aniline dye fuchsine in France was the outstanding example. But it was only in the 1880s and 1890s that chemical manufacturers began to open the way to chemists in numbers significant enough to justify and encourage expansion within the universities. A study of the Bayer company in Germany has shown how late even this important manufacturer of dyestuffs and pharmaceutical products significantly extended its laboratory facilities. In 1877, Bayer employed only seven chemists, four of them engaged in routine quality control and two on colour testing. By the mid-1880s, the number had risen to almost thirty, but it was only after 1891, when the company opened its first purpose-built research laboratory (i.e. a laboratory dedicated to the search for new dyes and other substances, as opposed to control and testing) that Bayer became an employer of chemists on a large scale. Between 1890 and the eve of the first world war, the size of Bayer's "army" of chemists increased five-fold from about fifty to over 260.

One conclusion to be drawn from this is that academic chemistry made its mark in industry at a rather late stage. Bayer was already established as a leader by the time it embarked on the phase of its heaviest investment in laboratories and the chemists who manned them. Chemistry, in other words, was a tool in the consolidation of an already strong position rather than in the creation of the position in the first place. Another conclusion that emerges from the study of Bayer, in particular that by George Meyer-Thuzow, is that we should beware of supposing that the work of even the research laboratory was of a kind that regularly generated marketable new products. In the years just before the first world war, only two per cent of the new compounds that emerged from the research laboratory were ever exploited commercially. The main function of Bayer's dyestuffs research in this

period was to identify new compounds, most of them in the huge family of the azo-dyes, which were then patented, not (in the great majority of cases) with a view to exploitation but rather to impede their exploitation by other companies. The laboratory, in fact, was an important strategic weapon in a policy of defensive patenting.

These comments on the integration of research in industry in the late nineteenth and early twentieth centuries are offered as yet another element in a much longer cautionary tale. My aim has not been to deny the importance of science for industrial success: as early as the eighteenth century, chemistry in particular plainly had a role, even if its theoretical contribution was slight. I have sought rather to point to the diversity of ways in which science could become involved in industry and to the circumstances which, at various times, have impeded the process. In that diversity and in those circumstances, there lies what I offer as my most important warning. It is that, in working towards an historical account of the relations between science and industry, we should firmly divest ourselves of our present perceptions of the ways in which chemical knowledge can and should advance utility. The modern conception of in-house chemical research as a fount of sophisticated new products or processes devised in a well-founded laboratory and destined, at least in principle, for commercial exploitation is a late-comer in the history of industrial science. But that is not to say that industrial science itself is a late-comer. For the reasons I have advanced, I would argue that its roots lie far back in the eighteenth century. Our task, as historians, is to unravel those roots. As we do so, we should not be surprised if they bear little resemblance to the fruit that we see around us, in virtually any advanced chemical company, today.

BIBLIOGRAPHY

- JOHN JOSEPH BISS, *The emergence of the German dye industry* (Illinois Studies in the Social Sciences, no. 44) (Urbana, Ill., 1959).
- ROBERT F. BUD and GERRYLYNN K. ROBERTS, *Science versus practice. Chemistry in Victorian Britain* (Manchester, 1984).
- J.A.C. CHAPIN, *De l'industrie française* (2 vols., Paris, 1819).
- ROBERT FOX, *Science, industry and the social order in Mulhouse, 1798-1871*, "The British journal for the history of science", 17 (1984), 127-68.
- BARBARA WHITNEY KEYSER, *Between science and craft: the case of Berthollet and dyeing*, "Annals of science", 47 (1990), 213-60.
- GEORGE MEYER-TURBOW, *The industrialization of invention: a case study from the German chemical industry*, "Isis", 73 (1982), 363-81.
- ANTHONY S. TRUITS *et al.*, (guest editors), *Organic chemistry and high technology, 1850-1950*, special issue of "The British journal for the history of science", vol. 25, part 1 (March 1992).
- MARTIN J. WISNER, *English culture and the decline of the industrial spirit 1850-1950* (Cambridge, 1981).

INDICE

| | |
|-----------------------|--------|
| <i>Premessa</i> | Pag. 5 |
|-----------------------|--------|

MEMORIE

| | |
|--|-----|
| CUMO M. - Nuovo nucleare: un possibile contributo italiano | > 9 |
|--|-----|

CONVEGNO

BARTOLOMEO BIZIO NEL BICENTENARIO DELLA NASCITA (1781-1981)

| | |
|---|------|
| BONSEMIANTE M. - Introduzione al Convegno «Bartolomeo Bizio nel Bicentenario della nascita» | > 35 |
| BERTI G. - L'Università di Padova nella prima metà dell'Ottocento .. | > 39 |
| PENSO G. - Bartolomeo Bizio fondatore della batteriologia sperimentale .. | > 45 |
| BASSANI A. - Aspetti della chimica dell'800 nella proposta teorica di Bartolomeo Bizio | > 53 |
| MELONI G.A. - I fatti di Legnaro e le osservazioni di Vincenzo Sette e Bartolomeo Bizio | > 87 |
| MARINI-BETTOLO G.B. - Bartolomeo Bizio e i XL | > 95 |

IV CONVEGNO NAZIONALE DI STORIA E FONDAMENTI DELLA CHIMICA

| | |
|---|-------|
| Lista dei partecipanti | > 103 |
| Programma del Convegno | > 105 |
| Ringraziamenti | > 109 |
| MARINI-BETTOLO G.B. - Premessa | > 111 |
| MICHELON G. - La Storia ed i Fondamenti della Chimica. Ruolo, problemi, soluzioni possibili | > 113 |

| | |
|---|----------|
| DEBUS A.G. - History of Chemistry: Key to Modern Science | Pag. 117 |
| CARINI P. - L'alchimia di Bernard Palissy | » 133 |
| BONA QUAGLIA L. e TIRA S. - Guglielmo di Dia e Felice V antipapa: riflessioni sull'oro potabile | » 145 |
| DI MED A. - I composti e la metafisica | » 161 |
| TUGNOLI PATTARO S. - Storia e fondamenti. Alle origini della chimica moderna | » 177 |
| ARRISI F. - Una grande controversia scientifica: l'impatto del « <i>Traité</i> » di Lavoisier nel contesto italiano | » 193 |
| CURI E. - Le analisi chimiche delle acque delle Terme di Caldiero nel XVII e XVIII secolo | » 201 |
| CIARDE M. - Manuali, modelli, equazioni. La Fisica teorica di Amedeo Avogadro | » 207 |
| MARINO G. - Una dinastia di chimici perugini: i Purgotti | » 215 |
| NICOLINI N. - ... «Il pane arrossicato» ... storia dell'industria italiana dei fiammiferi 1860-1910 | » 223 |
| AMAT DI SAN FILIPPO P. - Unità protoindustriali della Sardegna Sabauda. II - Produzione di piombo e argento a Villacidro (1741-1798) - I Parte | » 227 |
| AMAT DI SAN FILIPPO P. - Unità protoindustriali della Sardegna Sabauda. II - Produzione di piombo e argento a Villacidro (1741-1798) - II Parte | » 239 |
| BENSI P. - Icilio Guareschi tra storia della chimica e storia dell'arte | » 255 |
| SEVERINO P. - Analogie teoriche e differenze teoriche tra il modello VB e quello LCAO-SCF-MO | » 265 |
| DRAGO A. - La riqualificazione della termodinamica a partire dalla teoria chimica | » 279 |
| PAOLINI L. - La scuola di Cannizzaro a Palermo: gli anni di avvio (1861-1865) | » 291 |
| CALABRETTA F. - L'evoluzione delle idee di D. Mendeleev rispetto all'ipotesi di Prout (1869-1889) | » 301 |
| MERONE P. - Wilhelm Ostwald fra «teoria» e «ipotesi» atomica (1890-1908) | » 313 |
| SEMERANO G. - La Fotochimica alla Scuola del prof. Arturo Miolati | » 321 |
| SEMERANO G. - Ricordo del prof. Emilio Viterbi nel centenario della nascita | » 329 |
| CEBUTI L. - Le parole / preferiscono il sonno. Analisi linguistica e pratica storiografica | » 333 |

| | |
|---|----------|
| BADIELLO R., CESCHIEL G.C. e PEDROCCO G. - Evoluzione storica nella didattica chimico-farmaceutica in Italia e nel Regno Unito: esperienze a confronto | Pag. 361 |
| BENEDETTI A., DI CATALDO F. e MICHELON G. - Aspetti storici rilevanti della teoria cinetica dei gas: un approccio iper-testuale | » 371 |
| GELSOMINI N., COSTA M., MANZELLI P. e FIORENTINI C. - La chimica a Firenze tra 800 e 900 | » 383 |
| DRAGO A. e VITIELLO O. - La formulazione di Bronsted della termodinamica completata col metodo originario di Sadi Carnot | » 391 |
| DALL'OLIO G. - Giovanni Bizio chimico veneziano dell'Ottocento | » 397 |
| CAPUANO E., CAVALCHI B. e MANZINI P. - Trasformazione di un territorio: l'analisi chimica come verifica della qualità ambientale da Lazzaro Spallanzani ad oggi | » 413 |
| BADIELLO R. e BREGOLA A. - Lo studio delle scienze nell'antica Università di Fermo | » 423 |
| RIZZUTI E. - «Etudes sur les affinités chimiques» di C.M. Guldberg e P. Waage. Una lettura storica di un concetto fondante del pensiero chimico | » 433 |
| GIORMANI V. - Giovanni Arduino e il problema del salnitro nella Repubblica Veneta | » 447 |
| BASSANI A. - Una perizia di Giovanni Arduino: L'analisi chimico-merceologica del Natro | » 453 |
| LEVI G. - Krebs e il ciclo dell'acido citrico | » 463 |
| INCORNICIATI G. - «Con tutta la mistica della scienza e del diritto». Origini giuridiche del dibattito sulla <i>science court</i> | » 471 |
| FIORENTINI C. - Il ruolo della riflessione storico-epistemologica nella riforma del processo educativo | » 485 |
| BLEZZA E. - «Elementi di Chimica», 1905. Per una storia della chimica nella scuola elementare italiana | » 493 |
| CERRIETA P. - L'uso degli esempi della Chimica nella storiografia di Kuhn | » 505 |
| PAOLONI G. - Alcune fonti documentarie per la storia della chimica in Italia | » 513 |
| FOX R. - <i>An Uneasy Courtship: Rhetoric and Reality in the Relations between Academic and Industrial Chemistry, 1770-1914</i> | » 521 |

INDICE DEGLI AUTORI

| | Pag. |
|-----------------------------|------------|
| ABBI F. | 193 |
| AMAT DI SAN FILIPPO P. | » 227, 239 |
| BADIELLO R. | » 361, 423 |
| BALLO A. | » 5 |
| BASSANI A. | » 53, 453 |
| BENEDETTI A. | » 371 |
| BENSI P. | » 255 |
| BERTI G. | » 39 |
| BLEZZA F. | » 493 |
| BONA QUAGLIA L. | » 145 |
| BONSEMBIANTE M. | » 35 |
| BRECCIA A. | » 423 |
| CALASCIBETTA F. | » 301 |
| CAPUANO F. | » 413 |
| CARUSI P. | » 133 |
| CASALCHI B. | » 413 |
| CERRETA P. | » 505 |
| CERRUTI L. | » 333 |
| CENCIH G.C. | » 361 |
| CIMARI M. | » 207 |
| CONTA M. | » 383 |
| CUNEO M. | » 9 |
| CURI E. | » 201 |
| DALL'OLIO G. | » 397 |
| DEBUS A.G. | » 117 |
| DI CATALDO F. | » 371 |

| | |
|-----------------------------|------------|
| DI MEO A. | Pag. 161 |
| DRAGO A. | » 279, 391 |
| FIORENTINI C. | » 383, 485 |
| FOX R. | » 321 |
| GELSOMINI N. | » 383 |
| GIORMANI V. | » 447 |
| INCORVATI G. | » 471 |
| LEVI G. | » 463 |
| MANZELLI P. | » 383 |
| MANZINI | » 413 |
| MARINI-BETTOLO G.B. | » 95, 111 |
| MARINO G. | » 215 |
| MELONI G.A. | » 87 |
| MICHELON G. | » 113, 371 |
| MIRONE P. | » 313 |
| NICOLINI N. | » 223 |
| PAOLONI G. | » 513 |
| PAOLONI L. | » 291 |
| PEDROCCO G. | » 361 |
| PENSO G. | » 45 |
| RIZZUTI F. | » 433 |
| SEMERANO G. | » 321, 329 |
| SEVERINO P. | » 265 |
| TIBA S. | » 145 |
| TUGNORI PATTARO S. | » 177 |
| VITIELLO O. | » 391 |