RENDICONTI
DELLA
ACCADEMIA NAZIONALE
DELLE SCIENZE
DETTA DEI XL

MEMORIE DI SCIENZE FISICHE E NATURALI

A CURA DI

L. AMERIO - A. BALLIO - V. CRESCENZI - E. GATTI - A. GRANITI - A. IMBESI (†)
E. MANELLI - G. MARINO - G. MODENA - A. MOTTANA - E. PICASSO
E. PORCEDDU - G.T. SCARASCIA MUGNOZZA - G. SETTI

SERIE V, VOL. XXVII, PARTE II, TOMO II, 2003
121° DALLA FONDAZIONE (1782)
ROMA

© Copyright 2004

Accademia Nazionale delle Scienze detta dei XL

Roma

ISSN 0392-4130

ACCADEMIA NAZIONALE DELLE SCIENZE DETTA DEI XL
00161 Roma - Via L. Spallanzani, 7

ACCADEMIA NAZIONALE DELLE SCIENZE
detta dei XL

Atti del X Convegno Nazionale di

STORIA E FONDAMENTI DELLA CHIMICA

Organizzato da:

UNIVERSITÀ DI PAVIA

DIPARTIMENTO DI FISICA «A. VOLTA»

DIPARTIMENTO STORICO-GEOGRAFICO «CARLO M. CIPOLLA»

GRUPPO NAZIONALE DI FONDAMENTI E STORIA DELLA CHIMICA

ACCADEMIA NAZIONALE DELLE SCIENZE DETTA DEI XL

a cura di

MARCO CIARDI e FRANCO GIUDICE

Pavia, 22-25 Ottobre 2003

INTRODUZIONE

Il presente volume raccoglie i testi delle relazioni e delle comunicazioni lette al X Convegno Nazionale di Storia e Fondamenti della Chimica svoltosi presso l'Università di Pavia (Teatro di Fisica «Alessandro Volta») dal 22 al 25 ottobre 2003.

Desideriamo ringraziare immediatamente le persone e le istituzioni senza la cui preziosa e costante collaborazione questa iniziativa non sarebbe giunta a compimento.

In primo luogo esprimiamo la nostra riconoscenza all'Accademia Nazionale delle Scienze detta dei XL e al suo presidente, Prof. Gian Tommaso Scarascia Mugnozza per l'attenzione sempre mostrata verso l'attività del Gruppo Nazionale di Fondamenti e Storia della Chimica e per il determinante sostegno che ha consentito, ancora una volta, la pubblicazione degli Atti del Convegno sotto forma di volume dei Rendiconti dell'Accademia. L'Accademia, tra l'altro, ha acconsentito ad ospitare all'interno del suo sito internet (www.accademiaxl.it) uno spazio dedicato alle attività del nostro gruppo (www.accademiaxl.it/GNFSC/). Un sentito grazie va naturalmente alla dott.ssa Antonella Grandolini, che ha contribuito anche in questa occasione, e in maniera determinante, grazie alla sua opera di coordinamento, sia all'organizzazione del convegno che alla realizzazione degli Atti.

Non può mancare un doveroso ringraziamento al sig. Franco Chiorri della Tipografia della Pace di Roma, che riunisce in sé qualità come la professionalità, la competenza e la disponibilità, raramente riscontrabili nel variegato universo dell'editoria nazionale.

Ringraziamo naturalmente il Dipartimento di Fisica «A. Volta» dell'Università di Pavia che, grazie all'interessamento del prof. Fabio Bevilacqua, ha assicurato all'iniziativa non soltanto un importante sostegno economico, ma la possibilità di avviare un proficuo scambio di idee e di relazioni fra la comunità nazionale degli storici della chimica e quella degli storici della fisica. Desideriamo, inoltre, esprimere la nostra riconoscenza alla professoressa Vita Finzi, prorettore dell'Università di Pavia, per aver portato il suo saluto all'apertura dei lavori e per la sua sensibilità nei confronti della storia della chimica.

Un cordiale ringraziamento va anche al Dipartimento Storico-Geografico «Carlo M. Cipolla» di Pavia, che ha contribuito, in maniera significativa, alla realizzazione del Convegno.

Come si può notare dal programma, il convegno di Pavia, a differenza dei pre-

cedenti, si è articolato in una serie di sessioni tematiche (*I chimici e la chimica*, *Chimica e società*, *La chimica e le altre scienze*, *Chimica e didattica*, *La chimica e l'Europa*), allo scopo di favorire l'incontro fra studiosi e ricercatori che difficilmente avrebbero potuto avere l'occasione di dialogare o di discutere all'interno di un programma di interventi strutturato sulla base di un percorso di tipo cronologico. L'esperimento, ci pare, abbia dato un qualche esito positivo e, forse, potrebbe essere auspicabile ripeterlo in futuro. Gli Atti, comunque, vengono presentati secondo la tradizionale impostazione seguita nei precedenti volumi.

MARCO CIARDI
FRANCO GIUDICE

Lista dei partecipanti

Abbri, Ferdinando
Albini, Angelo
Arecco, Davide
Bandinelli, Angela
Bassani, Angelo
Bensi, Paolo
Bentivenga, Giovanni
Bevilacqua, Fabio
Bonera, Gianni
Calascibetta, Franco
Calligaro, Alberto
Cardillo, Paolo
Carella, Giuseppe
Carusi, Paola
Cerruti, Luigi
Ciardi, Marco
Cinquantini, Arnaldo
Colli, Angela
Corsi, Pietro
Costa, Maria Grazia
Dall'Olio, Giuliano
D'Avino, Attilia
Decet, Fabio
Di Mitri, Gino L.
Gori, Silvio
Fantini, Bernardino
Fasani, Elisa
Ferraresi, Alessandra
Fontani, Marco
Francioni, Gianni
Fregonese, Lucio
Gado Wiener, Roberta
Giormani, Virgilio
Giudice, Franco
Marino, Gianlorenzo
Mazzarello, Paolo
Mellerio, Giorgio
Mirone, Paolo
Mostacci, Erminio
Nepgen, Donatella
Palazzi, Sergio
Passannanti, Salvatore
Piccardi, Giovanni
Plassa, Margherita
Polizzi, Gaspare
Priori, Domenico
Righetto, Zita
Rapisarda, Angelo
Redondi, Pietro
Rizzardini, Massimo
Saiello, Paolo
Seligardi, Raffaella
Taddia, Marco
Turco, Francesca

Programma del Convegno

Mercoledì 22 ottobre

h. 15.00 – 16.00 Apertura dei lavori / Saluti inaugurali

h. 16.00 **Conferenza**

Lucio Fregonese: *Gli studi recenti sulla chimica di Volta*

Discussione

h. 17.00 – 17.15 Pausa

h. 17.15 **Comunicazioni: sessione *I chimici e la chimica***

Alessandra Ferraresi: *Il ritorno di Valentino Brusati a Pavia (1790-1796): un caso della politica della scienza asburgica*

Paolo Cardillo: *«Chimica no si può manipolare senza la prattica»: Incidenti storici che hanno avuto per protagonisti alcuni padri della chimica*

Massimo Rizzardini: *L'ultima utopia: il mosaico delle scienze nella chimica mistica di Robert Fludd*

Angelo Albini: *Un centenario che onora la scienza. Come e perché agli del Novecento nacque a Bologna la fotochimica organica*

Giovedì 23 ottobre

h. 9.00 **Comunicazioni: sessione *Chimica e società***

Roberta Gado Wiener: *Chimica dell'artigiano, chimica del monaco: i materiali e la loro lavorazione nel manuale di Teofilo (secolo XII)*

Chiara Crisciani: *«La corrispondenza alchemica tra Tommaso da Bologna e Bernardo di Treviri» (sec. XIV)*

Giuseppe Marino Nardelli: *Chimica e vetro nel XVIII secolo. La vetreria preindustriale dei monaci olivetani di Gubbio*

h. 10.15 – 10.30 Pausa

h. 10.30 **Conferenza**

PIETRO REDONDI: *Cattaneo, il* Politecnico, *la chimica industriale*

Discussione

h. 11.15 **Comunicazioni: sessione *Chimica e società***

ANGELO BASSANI: *Un'iniziativa agroindustriale in età napoleonica: la Euganea Società Glicotecnica*

LUIGI CERRUTI, ERMINIO MOSTACCI: *Chimica e informazione scientifica nel* Politecnico *di Cattaneo*

PAOLO BENSI: *La chimica e la pittura dell'Ottocento*

Pausa pranzo

h. 14.45 **Comunicazioni: sessione *Chimica e società***

DOMENICO PRIORI: *Le analisi chimiche delle acque termali e minerali del Piceno dal XVI al XIX secolo*

GIOVANNI PICCARDI: *Considerazioni sulle analisi di acque sorgive eseguite da U. F. Hoefer, speziale di Pietro Leopoldo di Lorena*

MARGHERITA PLASSA: *Materiali di riferimento per l'analisi chimica: un secolo di storia*

FRANCO CALASCIBETTA: *Nicola Parravano ed il suo ruolo nella chimica italiana degli anni venti e trenta del XX secolo*

h. 16.20 – 16.35 Pausa

h. 16.35 **Comunicazioni: sessione *La chimica e le altre scienze***

FRANCESCA TURCO: *L'introduzione della spettrometria di massa in Italia*

PAOLO SAIELLO: *Un legame tra storia della chimica e storia della fisica: il teorema del calore di Nernst*

GASPARE POLIZZI: *Aspetti di storia ed epistemologia della chimica di lingua francese: Bachelard, Metzger e Serres*

Venerdì 24 ottobre

h. 9.00 **Comunicazioni: sessione *La chimica e le altre scienze***

PAOLA CARUSI: *Il leone desidera il sale. Metafore zoologiche e venatorie della distillazione e dell'Opera*

GINO L. DI MITRI: *Una querelle settecentesca sulla qualità delle acque. Niccolò Caputi e il milieu della provincia scientifica di Terra d'Otranto*

VIRGILIO GIORMANI: *Anton Mario Lorgna e la disinfezione delle stalle durante la peste bovina del 1783-84*

h. 10.15 – 10.30 Pausa

h. 10.30 **Conferenza**

PIETRO CORSI: *La fine di un dibattito: scienza e lingua, 1770-1802*

Discussione

h. 11.15 **Comunicazioni: sessione *La chimica e le altre scienze***

DAVIDE ARECCO: *Lavoisier e le macchine aerostatiche: un dibattito chimico tra Francia e Piemonte*

ANGELA BANDINELLI: *Spallanzani chimico e la teoria della respirazione. Alle origini di una nuova riflessione «biologica»*

GIULIANO DALL'OLIO, ELENA DALL'OLIO: *1879: l'influenza del fegato nella produzione dell'urea dimostrata dalla 'chimica patologica'*

BERNARDINO FANTINI: *L'emoglobina è un organo o una molecola? Le malattie molecolari fra medicina, biologia e chimica*

Pausa pranzo

h. 14.45 **Comunicazioni: sessione *Chimica e didattica***

RAFFAELLA SELIGARDI: *La nuova chimica e i suoi usi: un confronto tra due manuali universitari contemporanei (1802) nel contesto bolognese*

SERGIO PALAZZI: *L'involuzione (si) fa testo. Un esame dei manuali di chimica lungo il '900*

PAOLO MIRONE: *50 anni di orbitali nell'insegnamento della chimica*

SILVIO GORI: *Misconoscenze correnti nell'uso dell'S.I.*

h. 16.30 Visita al Museo per la Storia dell'Università di Pavia

h. 18.30 Assemblea dei soci

h. 21 Cena sociale

Sabato 25 ottobre

h. 9.00 **Comunicazioni: sessione *La chimica e l'Europa***

FERDINANDO ABBRI: *Théodore Baron e la chimica francese alla metà del Settecento*

FRANCO GIUDICE: *Carlo Barletti e la rivoluzione chimica di Lavoisier*

MARCO TADDIA: *I* Ragionamenti *di Pellegrino Salvigni, ovvero un contributo bolognese al dibattito su Lavoisier*

MARCO CIARDI: *San Pietroburgo, Karlsruhe, Pisa: Aleksandr Porfirievič Borodin e la chimica italiana*

h. 10.35 – 10.50 Pausa

h. 10. 50 **Comunicazioni: sessione *La chimica e l'Europa***

ENRICO GIANNETTO: *La concezione elettromagnetica e quantistica dell'atomo fra fine Ottocento e inizio Novecento*

ANDREAS KARACHALIOS: *Il contributo di Hans G. A. Hellmann alla nascita della chimica quantistica (1903-1938)*

ARNALDO CINQUANTINI, MARIA GRAZIA COSTA, MARCO FONTANI: *La congiura di Copenaghen: dall'eclissi dell'aldebaranio e del cassiopeio al conflitto di priorità tra celtio e afnio*

Chiusura dei lavori

Comitato Scientifico:

ALESSANDRO BALLIO, ANGELO BASSANI, FABIO BEVILACQUA, FRANCO CALASCIBETTA, PAOLA CARUSI, MARCO CIARDI, FRANCO GIUDICE, GIORGIO MELLERIO, PAOLO MIRONE

Comitato Organizzatore:

MARCO CIARDI, FRANCO GIUDICE, ALESSANDRA FERRARESI

Per ulteriori informazioni: giudice@ppp.unipv.it

A nome dell'Accademia Nazionale delle Scienze, detta dei XL, e del suo Presidente Prof. Gian Tommaso Scarascia Mugnozza, che non ha potuto essere presente qui con voi a causa di un altro impegno, ho il piacere di presentare a tutti i partecipanti a questo Convegno Nazionale di Storia e Fondamenti della Chimica i più cordiali saluti dell'Accademia stessa. Ricordo che l'Accademia dei XL, in coerenza col suo tradizionale impegno a favore di studi di storia della Scienza, ha sempre seguito con grande interesse i lavori del Gruppo Nazionale di Fondamenti e Storia della Chimica e i convegni da esso organizzati. Questo interesse si è peraltro sempre concretizzato con la pubblicazione degli atti dei convegni nei propri Rendiconti, e ciò si verificherà, a quanto mi risulta, anche per gli atti del presente convegno.

Per concludere, vorrei aggiungere un commento personale in relazione a questa esigenza, vivamente sentita da parecchi di noi, di evidenziare e sostenere le nostre radici sia storiche che scientifiche. Questa esigenza mi porta spesso alla mente quella naturale che presentano le piante e, in particolare, gli alberi ad affondare sempre più in profondità le proprie radici. Solo così, infatti, si possono garantire frutti stabili e duraturi per le nuove generazioni assicurando altresì una più facile sopravvivenza in condizioni difficili come quelle che stiamo vivendo ora per la Ricerca Scientifica e Tecnologica nel nostro Paese.

Grazie e buon lavoro.

Pavia 22 Ottobre 2003

ORAZIO SVELTO
(Uno dei XL)

PAOLA CARUSI*

Il leone desidera il sale. Metafore zoologiche e venatorie della distillazione e dell'Opera**

The lion desires salt. A zoological and venatical metaphor for distillation and the Work

Summary – In ninth century Islamic alchemy, the production and subsequent distillation of the product of the Great Work are effectively described as a lion hunt in the allegorical alchemical treatise *al-Mā' al-waraqī* by Ibn Umail al-Tamīmī: with a ruse – making a smell that the lion particularly likes – it is lured into a closed place: from this place (obviously the alchemist's vessel, he pokes out one paw after the other and they are cut off, lastly he pokes out his head, which meets the same fate (this probably refers to the different fractions of a liquid being removed). The origin of this allegory can be attributed to several non-alchemical sources, first and foremost the ancient, and later also Islamic, tradition of hunting (the lion must be caught by craft and made to enter a trap or fall into it); but the most interesting reference - as far as our alchemical test is concerned – is found in the *Kitāb al-Ḥayawān* (*Book of Animals*) by Abū 'Uṯmān al-Ǧāḥiẓ, a keen scholar and encyclopaedic ninth-century Iraqi writer (d. 868-869). In a short chapter of his work this author describes a tradition according to which the lion, an animal that obviously has a an ill-balanced diet since it feeds only on meat and blood, which are sweet, needs salt in order to restore the balance and for that reason will travel even very long distances in search of salt. Salt would therefore seem to be the compound that, in Ibn Umail, sends out a smell the lion cannot resist; in fact, a long story has survived up to modern times linking lion/sun/gold with the "salt" that dissolves it. Between zoology, medicine, literature and learned and popular tradition, Islamic alchemy appears, once again, to confirm the interdisciplinary origin of its allegories and its close relationship with the other natural sciences.

* Università degli Studi di Roma «La Sapienza», Facoltà di Studi Orientali.

** Relazione presentata al X Convegno Nazionale di «Storia e Fondamenti della Chimica» (Pavia, 22-25 ottobre 2003).

Ricerche recenti e meno recenti compiute sulla storia dell'alchimia islamica – mi riferisco tra l'altro anche alla mia indagine sull'allegoria della chiocciola[1], comunicazione presentata in occasione dell'VIII Convegno Nazionale del nostro gruppo – mettono in evidenza i numerosi legami esistenti tra l'alchimia islamica e le altre scienze della natura; legami che vanno ben al di là di occasionali prese di contatto e danno invece conto sempre di più di una comune rete interdisciplinare di informazioni. Questo lavoro è dedicato ancora una volta ad una allegoria alchemica in cui compare un animale: caso tanto strano quanto esemplare, che mi è capitato recentemente di esaminare, e di cui mi sono divertita a seguire le tracce.

Nel *Mā' al-waraqī* di Ibn Umail al-Tamīmī[2], opera su cui lavoro da anni e che è probabilmente all'origine di buona parte della letteratura allegorica alchemica nel mondo latino, si trova un passo molto oscuro; passo che, come avviene molto spesso in Ibn Umail, sembra quasi al limite della follia, e che tuttavia, come d'abitudine nel nostro autore, è ben lontano dall'essere posto a caso:

> (p. 32, r. 14) M.rqūn.s disse a sua madre come si caccia il leone. Più sorprendente, o madre, è il modo in cui uccido il leone. Lo osservo quando vuole prendere la sua strada (il suo cammino) che ti ho insegnato; prendo anch'io la sua strada, lo precedo, e lo attendo al varco sulla strada; in mezzo alla strada scavo per lui una fossa – si intende la cucurbita – e costruisco su questa fossa una cupola di vetro affinché, quando è entrato in essa, io possa guardarlo finché muore, e possa vedere come si muta il suo colore dopo la sua morte da un colore ad un altro. E quando si avvicina alla cupola, accendo nella parte inferiore di quella fossa un fuoco senza fumo e senza fiamma, che cammina come camminano gli scarabei neri, e come cammina la madre affettuosa sul ventre del figlio – quando dice 'gli scarabei neri' intende il carbone, e paragona la sottigliezza del calore del fuoco e il suo camminare nel carbone al camminare della madre affettuosa sul ventre del figlio, per la delicatezza con cui cammina la fiamma del fuoco nel carbone.
> Gli disse sua madre: M.rqūn.s, bisogna che questo fuoco sia più delicato del calore della febbre; e disse a lei [M.rqūn.s]: Madre, il fuoco che ho posto è del grado della febbre. Poi, povera mamma!, quando ho appiccato quel fuoco come ti ho descritto, vi pongo sopra una pietra che chi la conosce la pone sopra i suoi occhi e chi non la conosce desidera ottenerla. Quando la pongo su quel fuoco, si manifesta ad essa un odore che piace al leone; e quando il leone fiuta l'odore di quella pietra accorre veloce finché entra in quella casa di vetro e cade in quella fossa. Allora quella pietra che il leone ama lo inghiotte e di lui non vedo più niente. Questa pietra che il leone ama è la femmina, perché essa lo nasconde (lo oscura) con il suo colore. Per questo dice: Non vedo nulla di lui. Poi, quando si è trattenuto [nella fossa] per alcuni giorni – intende con questo che si continua il

[1] P. Carusi, *La chiocciola di Aristotele. Un probabile piccolo passaggio dalla filosofia all'allegoria alchemica*, in F. Abbri, M. Ciardi (a cura di), *Atti dell'VIII Convegno Nazionale di Storia e Fondamenti della Chimica* (Arezzo 28-30 ottobre 1999), Roma, Accademia Nazionale delle Scienze detta dei XL, 1999, pp. 31-44.

[2] *Three arabic treatises on alchemy by Muhammad bin Umail* (*10th century A.D.*), ed. M. Turāb 'Alī, Calcutta, 1933 («Memoirs of the Asiatic Society of Bengal», XII, 1, pp. 1- 213), pp. 32-33.

> procedimento e (si continua) ad aggiungere ciò che si aggiunge del 'cibo' – tira fuori (fa uscire) la zampa anteriore destra; e quando la tira fuori, mi avvento sulla sua zampa e la taglio. Poi, rimane alcuni giorni, e tira fuori la zampa anteriore sinistra; e quando la tira fuori mi avvento su di essa e la taglio. Poi rimane alcuni giorni, e tira fuori la zampa posteriore destra, e quando (p. 33) la tira fuori mi avvento su di essa e la taglio. Poi rimane alcuni giorni, e tira fuori la zampa posteriore sinistra, e quando la tira fuori mi avvento su di essa e la taglio. Poi rimane alcuni giorni e tira fuori la testa; e quando la tira fuori mi avvento su di essa e la taglio. E a questo punto si compie definitivamente la sua uccisione. Poi mi dedico alle zampe anteriori e posteriori e alla testa; e riscaldo per esse un'acqua che si estrae dai cuori di idoli di pietre bianche e gialle che cadono dal cielo al tempo della pioggia e che raccogliamo e conserviamo presso di noi per cuocere le zampe anteriori e posteriori e la testa del leone. Le poniamo (le zampe etc.) in un recipiente di vetro; poi ci volgiamo al corpo di quel leone e lo cuociamo in quel brodo – vuole intendere con questo la cottura degli umori, e il loro ricondurli [su ciò che non si scioglie] finché l'anima si purifica, come racconta, passo dopo passo. Si riporta il tutto sul [corpo del] leone e si cuoce con esso, e da esso si distilla finché non rimane in quel corpo alcuna parte (lett. mattone) che non sia uscita con l'acqua, cioè l'anima …

A partire dalla lettura di questo testo possono già essere effettuate alcune osservazioni preliminari, che rendono conto, una volta di più, della compenetrazione, della stratificazione e del grado avanzato di elaborazione delle fonti nell'alchimia islamica del X secolo:

– in primo luogo (→ tradizione alchemica), questo testo fornisce – lo stesso autore interviene più volte per suggerire le sue spiegazioni – la descrizione metaforica di una soluzione e di una distillazione: nel complesso di operazioni descritto non è forse difficile riconoscere l'intero procedimento della Grande Opera. Un composto, 'il leone', è fatto entrare in una trappola (la cucurbita, recipiente dell'alchimista), è congiunto con un altro composto, 'la pietra', che è un solvente o ha su di esso un effetto solvente; in seguito, tutto ciò che si discioglie, le zampe e la testa, è prelevato in più riprese dal recipiente; da ultimo, tutto il liquido che è stato prelevato e il residuo (il corpo del leone) sono ricongiunti e distillati insieme.

– secondo punto: oltre agli elementi che si ritrovano all'interno della tradizione alchemica, sono chiaramente visibili in questo passo elementi che appartengono senza alcun dubbio alla storia della medicina (→ tradizione medica): il fuoco applicato al procedimento è del grado della febbre; la cottura che si realizza è la cottura degli umori, riferimento alla cottura galenica degli umori nel corpo; poco più avanti (passo qui non riportato per questioni di brevità), l'aria, calda e umida, 'secondo loro (evidentemente i medici) è di colore rosso': riferimento al sangue, umore che nel corpo è l'esatto corrispondente dell'aria. Questi punti fanno riflettere una volta di più, se ce ne fosse bisogno, sulle antiche relazioni alchimia-medicina, e l'ultimo, in particolare, aggiunge forse ancora qualcosa sull'origine di molti accostamenti che si ritrovano nell'allegoria alchemica tra aria e sangue, anima e respirazione.

– terzo e quarto punto: il discorso alchemico e medico si applica a un leone, e alla caccia di questo leone. Alla tradizione alchemica e medica già ricordate si sommano dunque conoscenze di carattere zoologico e veterinario (→ tradizione medico-zoologica, e anche agricola – come vedremo – perché nei trattati di agricoltura sono spesso presenti capitoli dedicati agli animali); e a queste conoscenze si sovrappone poi un altro complesso di informazioni portate da una quarta tradizione: quella dei trattati di caccia e pesca (cinegetica e alieutica), in gran voga, in epoca antica, già presso le corti degli imperatori romani nel II-III secolo d.C.[3]. Questo ultimo gruppo di fonti, che può apparire in qualche modo meno 'nobile' rispetto alle fonti per così dire 'scientifiche' abitualmente considerate nella storia della scienza, non deve assolutamente essere sottovalutato, perché è a questi trattati che sono spesso affidate notizie, superstizioni, conoscenze teoriche e pratiche sul comportamento e sulla psicologia degli animali. È proprio a partire da queste conoscenze, infatti, che il cacciatore antico e medioevale, uomo che vive in un rapporto strettissimo con la sua preda, può diventare un vero cacciatore e avere successo; nel caso del leone, animale che, come è noto, può essere cacciato solo dai re[4], è da trattati di questo tipo che proviene, ad esempio, la notizia sulla necessità dell'utilizzazione di trappole e di agguati, necessari non solo per prenderlo vivo, ma per vincere la proverbiale astuzia del re degli animali.

Effettuate queste considerazioni preliminari sul gran numero di tradizioni che confluiscono nel nostro passo, si è condotta qualche indagine più approfondita sulle fonti qui utilizzate da Ibn Umail (la citazione 'alchemica' di M.rqūn.s[5], autore antico, forse greco, tuttora non identificato, al momento attuale non sembra essere di molto aiuto). Un tratto di particolare interesse, perché in qualche modo interdisciplinare, ci è sembrato quello in cui si menziona la pietra che piace al leone; e a quel passo si è applicata la nostra ricerca.

Una indicazione molto utile per le nostre indagini si può trovare – a prima vista sorprendentemente – in una gigantesca antologia centrata intorno a temi zoologici composta nel secolo IX da un illustre erudito iracheno: il *Kitāb al-ḥayawān* (*Libro degli animali*), autore al-Ǧāḥiẓ (m. 869).

[3] Solo per fare un esempio: i due famosi trattati *Cynegetica* e *Halieutica* che vanno sotto il nome di Oppiano (il primo: Oppiano di Apamea, il secondo: Oppiano di Cilicia) sono dedicati a due imperatori: rispettivamente Caracalla e Marco Aurelio.

[4] In ossequio a una tradizione molto antica (imperatori romani e sovrani persiani, dagli achemenidi ai sasanidi), anche nell'Islam la caccia al leone è una prerogativa dei re; il leone, l'animale più nobile, re degli animali, può infatti essere cacciato solo da un suo simile. In molti casi l'animale è preso vivo, perché possa essere esposto e ammirato nei giardini delle corti; ma nei trattati di zoologia e nelle farmacopee, soprattutto a partire dal XIII secolo, è talvolta citata l'utilizzazione del sangue o di parti del leone nella preparazione di farmaci.

[5] Di questo autore (Markos re d'Egitto ?) identificato talvolta con Marcus Graecus, autore del *Liber ignium* (BERTHELOT, *Chimie* I, p. 89 sgg.), ben poco si conosce che vada oltre le citazioni di Ibn Umail al-Tamīmī; si veda F. SEZGIN, *Geschichte des arabischen Schrifttums*, IV, Leiden, 1971, p. 57.

al-Ǧāḥiẓ, *Kitāb al-ḥayawān*, ed. Cairo s.d., vv. 7, III, p. 260:

طلب الاسد للملح

والاسد اذا كثرت من حسو الدماء والدماء حلوة واكل اللحم واللحم حلو طلبت الملح لتتملح به وتجعله كالحمض بعد الخلة ولولا حسن موقع الملح لم يدخله الناس في اكثر طعامهم والاسد يخرج للتملح فلا يزال يسير حتى يجد ملاحة وربما اعتاد الاسد مكانا فيجده ممنوعا فلا يزال يقطع الفراسخ الكثيرة بعد ذلك فاذا تملح رجع الى موضعه وغيضته وعرينه وغابه وعريسته وان كان الذي قطع خمسين فرسخا

Il leone ricerca il sale

Poiché beve molto sangue, che è dolce, e mangia molta carne, che è dolce, il leone ricerca il sale per 'salarsi' con esso e prenderlo come l'aceto dopo che è inacidito. Se l'effetto che produce il sale non fosse buono, gli uomini non lo aggiungerebbero alla maggior parte dei loro cibi. Il leone parte (lett. esce) per salarsi e non cessa di andare finché non trova un luogo in cui vi è del sale. A volte il leone, che si è abituato [ad andare] ad un luogo, lo trova proibito; e allora, dopo ciò, continua a percorrere molte parasanghe (1 *farsaḫ* = circa 6.4 Km) [finché non trova un altro luogo]; poi, quando si è salato, torna al luogo dal quale è venuto, alla sua foresta e alla sua tana, al suo bosco e al suo covo; anche se la distanza che ha percorso è di cinquanta parasanghe.

Come si può osservare, anche nel testo di al-Ǧāḥiẓ, esattamente come in Ibn Umail, il leone accorre in un luogo alla ricerca di una sostanza. Tale sostanza – specifica al-Ǧāḥiẓ – è il sale, di cui il leone ha bisogno per equilibrare il suo temperamento. Questo passo, che si trova nell'opera di un autore che è certamente un non-alchimista, ed in cui sono ben evidenti le tracce della tradizione galenica[6], non ha evidentemente nulla a che fare, nella forma in cui è presentato e nel contesto in cui è utilizzato, con un qualsiasi anche lontano riferimento di carattere alchemico; eppure, agli occhi di un qualsiasi cultore della disciplina alchemica, esso è già in un certo modo 'alchimia': perché proprio di uno o più sali, e di sali acidi che forniscano il bagno solvente, c'è bisogno per ottenere la soluzione di sostanze difficilmente solubili, in particolare dell'oro. (Si noti qui, come anche più avanti, l'interessante accostamento tra il sale e l'aceto).

In altri due passi del *Kitāb al-ḥayawān*, al-Ǧāḥiẓ riprende il suo discorso sulla ricerca del sale:

[6] Galenus, *Definitiones medicae* LXV (ed. Kühn, XIX, p. 108): «Quatuor sunt humores ex quibus animal constitutum est, sanguis, pituita, bilis utraque, flava et atra… Ex his sanguis calidus est et humidus ac dulcis». Id., *De atra bile liber*, II (ed. Kühn, V, p. 108): «namque majori ex parte sanguis dulcis apparet».

al-Ǧāḥiẓ, *Kitāb al-ḥayawān*, vv. 7, Cairo 1958 (II ed.), V, pp. 205-206:

ضروب الطير

I diversi tipi degli uccelli

والطير كله على ثلاثة اضرب فضرب من بهائم الطير وضرب كسباع الطير وضرب كالمشترك المركب منها جميعا فالبهيمة كالحمام واشباهاه الحمام فما يغتذى الحبوب والبزور والنبات ولا يغتذى غير ذلك

Tutti gli uccelli sono raggruppabili in tre tipi (lett. sono di tre tipi): non da preda (*bahā'im*), da preda (*sibā'*, pl. di *sabu'*) e un tipo che è come se fosse una sorta di composizione di tutti i tipi. L'animale non da preda (*bahīma*), come i colombi e quelli simili ai colombi, è quello che mangia i grani, i semi e le piante, e non mangia nient'altro.

والسبع الذي لا يغتذى الا اللحم وقد يأكل الاسد الملح ليس على طريق التغذى ولكن على طريق التملح والتحمض

L'animale da preda (*sabu'*) è quello che non mangia che la carne; e in effetti il leone [che è un animale predatore, *sabu'*, e mangia anche il sale] mangia il sale non per nutrirsi, ma per salarsi e per inacidirsi.

al-Ǧāḥiẓ, *Kitāb al-ḥayawān*, vv. 7, Cairo 1958 (II ed.), VI, pp. 378-379:

ماله ضروب من السلاح

Gli animali possiedono diversi tipi di armi

وربما كان عند الجنس من الالات ضروب كنحو زبرة الاسد ولبدته فانه حمول للسلاح الا في مراق بطنه فانه من هناك ضعيف جدا وقال التغلبي

A volte si trovano presso il genere [degli animali] diversi tipi di strumenti [di difesa], come il pelo che si trova tra le scapole del leone, e la sua criniera; così che esso è ben protetto, tranne che nelle parti tenere del suo ventre, parti in cui è molto debole. Dice al-Taġlibī:

ترى الناسُ منا جلد اسود سالخ
وزبرة ضرغام من الاسد ضيغم

Di noi vedono gli uomini una nera e mutevole pelle[7] /
e il pelo scintillante di un perfido leone …

وله مع ذلك بعد الوثبة واللزوق بالارض وله الحبس باليد وله الطعن بالمخلب حتى ربما حبس العير بيمينه وطعن بمخلب يساره لبته …

Ha anche la capacità di fare salti molto lunghi e di abbassarsi col corpo fino a terra, e ha la capacità di trattenere con la zampa anteriore e di colpire con gli artigli, in modo che a volte trattiene la preda con la zampa destra e colpisce con la zampa sinistra …

[continua descrivendo in modo efficace le diverse 'armi' che il leone possiede]

وله من الصبر على الجوع ومن قلة الحاجة الى الماء ما ليس مع غيره وربما سار في طلب الملح ثمانين فرسخا في يوم وليلة ولو لم يكن له سلاح الا زئيره وتوقد عينيه وما في صدور الناس له لكفاه

Resiste alla fame e, a differenza degli altri animali, ha una scarsa necessità di acqua. A volte percorre alla ricerca del sale ottanta parasanghe, di giorno e di notte. Se non avesse altra arma che il suo ruggito ed il fiammeggiare dei suoi occhi, gli basterebbe ciò che è nei petti degli uomini (la paura) …

[7] Allusione al serpente, che muta la pelle. Qui il serpente e il leone sono esempi di animali che incutono terrore.

Alla ricerca delle fonti di al-Ǧāḥiẓ, le difficoltà che si incontrano sono molte: questo autore infatti pesca a piene mani allo stesso tempo nella cultura greca, in particolare di epoca tarda, e nelle tradizioni dell'Arabia preislamica, ed un tema come quello della caccia al leone può ben trovarsi a suo agio in un ambiente e nell'altro.

Un richiamo alla poesia antica degli arabi, che può avere contribuito alla trasmissione di questo racconto, è presente – come si vede – nel terzo dei tre passi di al-Ǧāḥiẓ citati: l'autore del verso che menziona il leone è Ǧābir ibn Ḥunaiy al-Taġlibī[8], poeta arabo preislamico del secolo VI, di cui si dice che abbia accompagnato il grandissimo poeta Imru'l-Qais (m. 550) nel suo viaggio a Costantinopoli; la sua opera è quasi interamente perduta, e di lui restano solo poche citazioni, tra cui quelle di al-Ǧāḥiẓ[9].

Non essendosi conservata l'opera di Taġlibī – e con l'opera di Taġlibī, ricordiamo, una grandissima parte della poesia araba preislamica – la ricerca sulle eventuali origini poetiche della citazione di al-Ǧāḥiẓ è destinata ovviamente ad aver vita breve; ma la citazione di un poeta preislamico ed il probabile soggiorno di al-Taġlibī a Costantinopoli ci rimandano probabilmente a materiali tardo-antichi reperibili a Bisanzio/Costantinopoli, nel regno di Hira (Iraq, regno dei Lakhmidi) e nell'impero sasanide tra V e VI secolo, e di là trasferiti in lingua araba da poeti e studiosi arabi della *ǧāhilīya*[10] agli autori dei primissimi secoli dell'Islam.

Altri testi, verosimilmente connessi ai testi del primo tipo, aggiungono al tema già visto del leone e del sale il tema della caccia. Ibn Qutaiba (m. 889), altro grande erudito musulmano, leggermente posteriore ad al-Ǧāḥiẓ, altro autore tra i pochi in cui si ritrovano citazioni di Taġlibī, scrive:

[8] *The mufaḍḍalīyāt. An Anthology of ancient Arabian odes, compiled by al-Mufaḍḍal son of Muḥammad al-Dabbī*, ed. C.J. Lyall, vv. 2, Oxford, 1918-1921; III, *The mufaḍḍalīyāt…*, *indexes to the arabic text*, by A.A. Bevan, Leiden, 1924. I due primi volumi contengono rispettivamente i testi arabi e le traduzioni in lingua inglese; l'ode che contiene il verso citato è la n. 42.

[9] Oltre ad al-Ǧāḥiẓ, che lo cita più volte, citano questo poeta Ibn Qutaiba e altri autori; cfr. F. SEZGIN, *op. cit.*, II, p. 150.

[10] Epoca preislamica, lett.: 'epoca dell'ignoranza'; nome dato dai musulmani al periodo della storia degli arabi che precede l'avvento della religione islamica.

Ibn Qutaiba, *'Uyūn al-aḫbār*, vv. 2, Cairo 1925-1930, II, 1928, p. 84:

قال صاحب الفلاحة ومما تصاد به السباع العادية ان يؤخذ سمك من سمك البحر الكبار السمان فتقطع قطعا ثم تشرح ثم تكتل كتلا ثم تؤجج نار في غائط من الارض يقرب فيه السباع ثم تقذف تلك الكتل في النار واحدة بعد واحدة حتى ينتشر دخان تلك النار وقتار تلك الكتل في تلك الارض ثم تطرح حول تلك النار قطع من لحم قد جعل فيها الخربق الاسود والافيون وتكون تلك النار في موضع لا ترى فيه حتى تقبل السباع لريح القتار وهي آمنة فتأكل من قطع اللحم ويغشى عليها فيصيدها الكامنون لها كيف شاءوا

Disse l'autore della *Filāḥa*: uno dei modi in cui si cacciano le belve è che si prende un pesce di mare, di quelli grossi e grassi, poi si fa a pezzi; poi si fa un fuoco in un campo della terra a cui le belve possano avvicinarsi; poi si mettono quei pezzi sul fuoco uno dopo l'altro finché si levino, in quella regione, il fumo di quel fuoco e l'odore di arrosto di quei pezzi; poi si macinano intorno a quel fuoco dei pezzi di carne in cui siano stati posti l'elleboro nero e l'oppio. Quel fuoco sarà in un luogo in cui non è visto, in modo che le belve si avvicinino senza paura all'odore dell'arrosto, e mangino dei pezzi di carne. Allora i [cacciatori] che hanno teso l'agguato si gettano su di esse e le acchiappano come vogliono.

Il riferimento è evidentemente molto vicino a quello cui attinge al-Ǧāḥiẓ: nell'ambito generale di una caccia ad un animale feroce, che per tutto il tempo antico e medioevale si svolge con trappole e astuzie, l'attirare la belva con il fumo di un pesce – pesce di mare – rappresenta forse l'esposizione di un fatto di cui il racconto di al-Ǧāḥiẓ spiega la causa; la ricerca di un pesce di mare (Ibn Qutaiba) può corrispondere infatti alla ricerca del sale (al-Ǧāḥiẓ), che l'animale carnivoro desidera per equilibrare la sua dieta e il suo temperamento.

A differenza di ciò che avviene in al-Ǧāḥiẓ, dove la menzione di un poeta preislamico può solo far supporre una probabile origine dei materiali, in Ibn Qutaiba una fonte è indicata esplicitamente: il rimando è a un 'autore della *Filāḥa* (*Libro di agricoltura*). L'indicazione contenuta in questa citazione ha due letture possibili:

a) la prima riguarda il titolo dell'opera citata: è una indicazione piuttosto vaga, che richiederà ulteriori e non facili approfondimenti. Per quello che se ne sa[11], al tempo di Ibn Qutaiba ben cinque trattati dal titolo *Filāḥa* sono in circolazione presso gli intellettuali musulmani:

– un *Kitāb al-filāḥa* attribuito allo pseudo-Democrito (II secolo a.C.?);
– un *Kitāb al-filāḥa*, traduzione araba dell'opera di Vindanio Anatolio (IV-V secolo);
– un *al-Filāḥa al-rūmīya* attribuito in arabo a Qusṭūs, cioè Cassiano Basso[12] (V secolo, tradotto in arabo nel secolo VIII);

[11] F. Sezgin, *op. cit.*, IV, Kap. 2.
[12] H. Beckh (ed.), *Geoponica, sive Cassiani Bassi Scolastici De re rustica Eclogae*, Lipsiae, 1895.

– e due trattati di carattere probabilmente più esoterico e più vicino alla tradizione alchemica: un *Kitāb al-fīlāḥa* attribuito ad Apollonio di Tiana (Balīnās) e un *Kitāb al-filāḥa* attribuito a Ǧābir ibn Ḥayyān (VIII-IX secolo).

L'indagine su questi cinque trattati – ps.-Democrito, Anatolio, Qusṭūs, Apollonio e Ǧābir – si presenta fin dall'inizio non semplice[13]: delle cinque opere rimangono pochi manoscritti, in qualche caso uno solo (Anatolio), in un caso (Ǧābir) nessuno; ai manoscritti pervenuti, tutti fino a oggi – a quel che mi consta – inediti, ci si deve rivolgere per risolvere la questione[14].

b) la seconda lettura dell'indicazione che si ritrova in Ibn Qutaiba non si appunta su un titolo, ma suggerisce allo studioso un contesto su cui lavorare: opere di agricoltura e temi correlati (le opere di agricoltura spesso contengono parti dedicate agli animali, al loro allevamento e alla caccia, oltre a trattazioni di carattere medico e veterinario) pervenute ai musulmani o composte in arabo dai musulmani in epoca anteriore alla fine del secolo IX (data fissata dalla morte di Ibn Qutaiba): una lunghissima tradizione erudita che si snoda nel tempo senza soluzione di continuità dal II secolo a.C. al V-VI secolo della nostra era; incrocia, e non può essere diversamente, Galeno e la sua scuola; si trasporta in modo più o meno frammentario in lingua araba – questa 'novità' ci appare intrigante – presso autori preislamici, prosatori e poeti, a contatto con i grandi centri preislamici di cultura da Costantinopoli all'impero sasanide; ed approda infine, in epoca islamica, ai trattati di agricoltura, zoologia, alchimia e scienze occulte. È verosimilmente anche con questa tradizione, e con i suoi innumerevoli rivoli, che ha a che fare, nel X secolo, Ibn Umail quando cita M.rqūn.s.

Alla stessa conclusione – questo ci è di conforto – per ciò che riguarda il *corpus giabirianum*, giunse P. Kraus[15] nel 1943: un brano contenuto in un'opera dell'alchimista Ǧābir ibn Ḥayyān, il *Kitāb al-ba't*, e diversi altri passi reperibili nel *corpus giabirianum* – ricette di preparati (esche) che sarebbero in grado di attirare diversi animali nel luogo voluto – sono ripresi proprio da una delle cinque opere di agricoltura che abbiamo prima citato: i *Geoponica* di Cassiano Basso, libro 20. Gli autori che Cassiano Basso cita in questo libro – tra i quali Oppiano, Didimo, lo pseudo-Democrito – costituiscono nomi ben noti nella lunghissima tradizione delle opere di questo tipo.

[13] Non si può evidentemente trascurare, purtroppo, anche l'eventualità che si abbia a che fare con una *Fīlāḥa* non pervenuta o a noi non nota.

[14] Allo scopo di non trascurare alcun elemento, sarà opportuno includere nelle nostre indagini anche la più famosa opera di agricoltura conservata in lingua araba, *al-Fīlāḥa al-nabaṭīya* (ed. T. Fand, tt. z, Damas, 1993-1995). Se la datazione tuttora incerta del suo autore o compilatore Ibn Waḥšīya anziché al secolo X dovesse essere fissata al secolo IX, come talora proposto, la *Filāḥa* citata da Ibn Qutaiba (m. 889) potrebbe anche essere la *Nabaṭīya*.

[15] P. Kraus, *Jābir ibn Ḥayyān. Contribution à l'histoire des idées scientifiques dans l'Islam. Jābir et la science grecque*, Le Caire, 1943 (rist. Paris 1986).

Dalle opere arabe di alchimia, la lunga storia del leone e del sale, o del sole/zolfo/oro etc. e del sale[16] passerà nei trattati latini, e giungerà con sviluppi sempre più ricchi e fantasiosi a superare i confini dell'età moderna[17]; e sarà sempre più difficile ricordare che le ultime origini di questa allegoria, come di molte altre famose allegorie alchemiche, devono essere ricercate negli antichi trattati di scienza naturale, di agricoltura e di caccia, e in racconti più o meno favolosi che eruditi e poeti hanno da essi elaborato.

Riassunto – Nel *Mā' al-waraqī* di Ibn Umail al-Tamīnī, trattato alchemico allegorico (X secolo) di cui da tempo stiamo cercando le fonti, la produzione e la successiva distillazione del prodotto finale dell'Opera sono descritte efficacemente come una caccia al leone: tramite uno stratagemma, la produzione di un odore che gli piace in modo particolare, il leone è attirato in un luogo chiuso: da questo luogo (evidentemente il recipiente dell'alchimista) tira fuori l'una dopo l'altra le zampe, che sono tagliate, e per ultima la testa, che segue anch'essa la stessa sorte (si tratta qui probabilmente delle diverse frazioni di un liquido che viene prelevato). All'origine di questa allegoria, diverse fonti non alchemiche possono essere evocate, prima fra tutte la tradizione antica, e più tardi anche islamica, della caccia (il leone deve essere preso con l'astuzia e fatto entrare o cadere in trappole); il riferimento più interessante si trova tuttavia nel *Kitāb al-ḥayawān* (*Libro degli animali*) di Abū ʿUṯmān al-Ǧāḥiẓ, finissimo erudito ed autore enciclopedico iracheno del secolo IX. Secondo ciò che questo autore racconta, il leone, animale carnivoro dalla dieta evidentemente squilibrata, avrebbe bisogno, allo scopo di ristabilire l'equilibrio, di assumere del sale, e per questo, alla ricerca del sale, percorrerebbe distanze anche molto lunghe. È dunque il sale il composto che in Ibn Umail manda l'odore irresistibile per il leone; e una lunga storia lega infatti per secoli, in alchimia, il leone/oro/sole e il 'sale' che lo discioglie. Tra zoologia, medicina, letteratura e tradizione colta e popolare, ancora una volta l'alchimia islamica sembra confermare le origini interdisciplinari delle sue allegorie e la sua intima relazione con le altre scienze della natura.

[16] Nell'Occidente latino, un interessante accostamento sole-sale si trova già in Isidoro di Siviglia, anche se qui evidentemente il contesto è diverso (in alchimia, l'accostamento leone/sole etc. – sale è in genere legato anche a temi astrologici). Isidorus Hispalensis, *Ethymologiae* XVI.II.3: Alii sal a salo, et sole vocatum existimant, nam ex aquis maris sponte gignitur, spuma in extremis littoribus, vel scopulis derelicta, et sole decocta; XVI.II.6: Nihil enim utilius sale et sole. In XVI.II.6 – fatto interessante che richiederà ulteriori indagini sulle fonti utilizzate – Isidoro scrive anche: Salis natura necessaria est ad omnem escam. Pulmentis enim saporem dat, excitat aviditatem, et appetitum in omnibus cibis facit.

[17] Ancora nel XVII secolo, in un'opera di J.R. GLAUBER (m. 1670), si può leggere il motto «In Sole et Sale Omnia»: *Arca thesauris opulenta, sive appendix generalis omnium librorum hactenus editorum*, Amstelaedami 1660, p. 13. Cit.: F. ABBRI, *Alchemy and Chemistry: chemical discourses in the seventeenth century*, «Early Science and Medicine» 5, 2, 2000, pp. 214-226. J.R. GLAUBER, *Tractatus de natura salium*, Amsterodami, 1659, p. 29: Solus sal ipsum (*sc.* sulphur) vincit, et in Carbunculum mutat…. Le proprietà che in questo passo Glauber attribuisce al suo zolfo sono manifestamente le proprietà dell'oro: lo zolfo di cui parla, infatti, non può corrotto da nessun agente che non sia il sale (bagno salino acido). Una citazione del rubino (lat. *carbunculum* = ar. *yāqūt*) compare anche in Ibn Umail, un po' più avanti nel testo rispetto al passo citato.

ROBERTA GADO WIENER*

Chimica dell'artigiano, chimica del monaco: i materiali e la loro lavorazione nel manuale di Teofilo (secolo XII)**

Chemistry of handicrafts, chemistry of monks: materials and processes in Theophilus' manual (XII century)

Summary – The *De diversis artibus* is an anonymous Latin work, probably dating back to the Twelfth Century. Its author is a monk and an expert craftsman, who writes under the pseudonym of Theophilus. Although critical tradition has always classified this work within the genre of medieval compilations of recipes on the arts, its origin, purpose, structure and underlying philosophy make the *De diversis artibus* a unique book, more similar to a handbook than to a collection of recipes. The purposes and procedures of the expert craftsman, who sets down in an orderly fashion the techniques for the production of artefacts for church decoration and liturgical celebration, combine in the text with the purposes and values of the monk, who has a different attitude towards materials and workmanship. This paper presents the conciliation of these perspectives within the book and also addresses the interaction with the lively historical framework of the Twelfth Century.

Conosciuto anche come *Schedula diversarum artium*, il *De diversis artibus*[1] è un'opera in latino, anonima e non datata, che si presume con buona probabilità

* Università di Pavia.

** Relazione presentata al X Convegno Nazionale di «Storia e Fondamenti della Chimica» (Pavia, 22-25 ottobre 2003).

[1] Oltre all'edizione critica classica dell'opera, THEOPHILUS, *De diversis artibus – On Various Arts*, edited by C.R. Dodwell, Oxford, Oxford University Press, 1961, segnalo una più recente e un po' atipica edizione tedesca, estremamente interessante per la storia delle tecniche. L'autore, profondo conoscitore di Teofilo e artigiano lui stesso, ha corredato le singole ricette di disegni, spiegazioni e riferimenti alla produzione artistica dell'epoca: *Theophilus Presbyter und die mittelalterliche Kunsthandwerk. Gesamtausgabe der Schrift «De diversis artibus»*, edited by E. Brepohl, 3 voll., Böhlau Verlag, Köln-Weimar-Wien, 1999. Purtroppo ancora non esiste un'edizione italiana dell'opera di Teofilo.

risalente alla prima metà del XII secolo. Il suo autore, monaco ed esperto artigiano, si presenta con lo pseudonimo di Teofilo.[2]

Si tratta di una raccolta di ricette artigianali relative alla produzione di manufatti per l'allestimento e la decorazione degli edifici religiosi, dagli affreschi agli arredi liturgici. La raccolta è suddivisa per argomento in tre libri, dedicati rispettivamente alla pittura, alla lavorazione del vetro e alla lavorazione dei metalli. Ciascun libro è preceduto da un breve prologo che giustifica la legittimità e la necessità del lavoro manuale per il monaco in quanto pratica d'elevazione.

Da sempre la tradizione critica colloca l'opera nel filone dei cosiddetti «ricettari» medievali. Sebbene i debiti con questo filone siano evidenti e non controversi, l'origine, la finalità e, in senso lato, la filosofia che caratterizzano il *De diversis artibus* sono di natura diversa, e proprio in questa sua diversità risiede l'interesse dell'opera per la storia del fare umano e della riflessione sullo stesso. La differenza fra il testo di Teofilo e le raccolte tradizionali emerge con nettezza già a un primo sguardo. Queste ultime sono per lo più brogliacci di bottega, organismi acefali che si accrescono intorno a un nucleo originario, per lo più per sedimentazione e senza uno schema. Il risultato è che, per esempio, una stessa ricetta viene ripetuta più volte nel testo a diversi livelli di elaborazione, oppure che in uno stesso testo convivono senza criterio ricette propriamente artigianali e istruzioni mediche, alchemiche, magiche, espressione di finalità e quadri epistemologici non congruenti. Al loro interno non è dunque facile riconoscere né un ordinamento coerente dei materiali, né un'unica individualità ragionante che ne tesse i fili.[3] Per contro, nel *De diversis artibus* ci troviamo confrontati con l'esperienza di *un* monaco artigiano che, da un lato, fonda e giustifica teologicamente il proprio operato e, dall'altro, dà una forma ordinata al proprio sapere nell'esposizione di ricette ragionate e organizzate secondo precisi criteri, a prescindere dalle varie fonti da cui sono tratte. Accanto alla relativa chiarezza linguistica – anche questa dipendente dal processo concreto di filtraggio e ordinamento operato da un autore sul materiale tràdito – le caratteristiche elencate rendono il manuale di Teofilo particolarmente adatto allo studio specialistico. La chiarezza del testo si deve non da ultimo anche all'intento pedagogico dell'opera, che non mira a tramandare cripticamente segrete ricette per ini-

[2] Ometto in questa sede la discussione sulla datazione e delle attribuzioni dell'opera, per cui rimando all'introduzione della citata edizione Dodwell e a B. BISCHOFF, *Die Überlieferung des Theophilus-Rugerus nach den ältesten Handschriften*, in *Mittelalterliche Studien*, Stuttgard, 1967, pp. 175-182. In linea di massima, gli studiosi sono oggi concordi nel ritenere che il *De diversis artibus* risalga alla prima metà del XII secolo e sia opera di un monaco benedettino tedesco, tale Rogerus di Helmershausen. Per una ricostruzione storica su questo personaggio si veda E. FREISE, *Zur Person des Theophilus und seiner monastischen Umwelt*, in *Ornamenta ecclesia* (Ausstellungskatalog), catalogo della mostra omonima, Köln, 1985, pp. 357-62. Un elenco esauriente degli studi sulle ricette del *De diversis artibus* è contenuto nell'edizione citata a cura di E. Brehpol.

[3] Non mi dilungo nella rassegna delle raccolte di ricette altomedievali, per la quale rimando alle citate introduzioni di Dodwell e Brepohl.

ziati, bensì a fornire un valido strumento d'esercizio e di elevazione a chiunque desideri apprendere. Si tratta dunque, più che di un ricettario, di un vero e proprio manuale, logicamente e pedagogicamente articolato per temi e gradi di difficoltà.

Un'altra conseguenza del forte intento pedagogico, particolarmente preziosa per il ricercatore moderno estraneo al contesto di produzione medievale, è che l'autore non scrive, come in un promemoria per sé o per esperti, solo ciò che è *eccezione* alla regola, rarità, procedimento misterioso, ma prima di tutto ciò che è *regola*, ciò che è necessario alla riuscita di una ricetta, anche se magari arcinoto ai competenti del mestiere. Apprendiamo così la composizione chimica dei pigmenti e le tecniche utilizzate per la loro preparazione, le tecniche di fusione e coloritura del vetro per la realizzazione delle vetrate istoriate, i complessi procedimenti di purificazione e di lavorazione dei metalli, il tutto spiegato con ordine a partire dall'approntamento del laboratorio, del forno e degli attrezzi fino alla produzione di oggetti esemplificativi particolarmente complessi.

L'appartenenza delle ricette al contesto di rinascita culturale del XII secolo si rispecchia sia in tecniche artistiche storiche, contestualizzate, sia nella scelta di una terminologia che va precisandosi e tecnicizzandosi: da un lato più specializzata, dall'altro più ordinata.[4] Quest'ultimo è un elemento assai importante per la comprensione delle ricette. Per citare solo un esempio: nei procedimenti pittorici, la distinzione – rilevata per la prima volta nel contesto medievale in esame – fra i termini che designano pigmenti (ossia i *componenti materiali* della materia pittorica) da un lato, e i termini che indicano toni di colore (ossia l'*effetto estetico* di un determinato miscuglio di pigmenti) dall'altro, consente di portare un po' di chiarezza nell'ambito della difficile ricerca sui colori e sulla loro effettiva composizione. Nelle ricette, inoltre, pigmenti e toni di colore sono denominati o associati in senso funzionale a un tipo di operazione o di elemento pittorico (l'esecuzione dell'incarnato, per esempio), accrescendo così l'utilità dell'opera per l'analisi dei manufatti contemporanei, nonché delle ricette e delle liste di colori contenute in altre raccolte.[5]

[4] All'affinamento lessicale nel *De diversis artibus* è dedicato il recente articolo di S. SCHULER, *«Campum artium perscrutari». Aspekte der Werkstoffbehandlung in mittelalterlichen Texten zu den kunstlerischen «artes mechnicae»*, in *Anzeige des germanischen Nationalmuseums und Berichte aus dem Forschungsinstitut für Realienkunde*, Bonn, 1995, pp. 45-55. Oltre ad evidenziare, come già altri, l'ordine ragionato dei procedimenti, Schuler confronta il «catalogo degli strumenti» (*Werkzeugskataloge)* di Isidoro e di Teofilo, delineando differenze molto marcate (*ivi*, p. 49). Oltre alla maggior precisione e ricchezza terminologica di Teofilo, diversa è la presentazione degli attrezzi: Isidoro li nomina o, al massimo, li descrive; Teofilo li introduce e ne illustra il funzionamento sulla base del loro ruolo all'interno della lavorazione. Sulla novità della trattazione degli strumenti di lavoro e i suoi eventuali legami con la svolta culturale del secolo XII cfr. anche I. ILLICH - D. CAYLEY, *Conversazioni con Ivan Illich*, Milano, 1994, e P. GALLONI, *Il sacro artefice. Mitologie degli artigiani medievali*, Roma-Bari, 1998, che cita il testo precedente nell'*op. cit.*, pp. 81-86.

[5] Diversi sono gli studi sui colori nel *De diversis artibus.* Segnalo H. ROOSEN-RUNGE, *Die Buchmalerei des Theophilus. Quellengeschichtliche Untersuchungen zur Schedula Diversarum Artium des Theophilus*, in *Münchner Jahrbuch der Bildenden Kunst*, München, 1952-53, voll. III-IV,

Il carattere operativo del *De diversis artibus* si concretizza non solo nel moltiplicarsi di termini tecnici specifici, assenti nelle enciclopedie e nei ricettari più antichi, ma anche nel modo di indicare i procedimenti, dei quali non si fornisce una semplice descrizione, ma un'articolazione complessa in funzione del risultato operativo che si intende raggiungere.

In quanto insieme meditato e organizzato di procedimenti aggiornati, accurati e ripetibili, le ricette di Teofilo forniscono dunque dati tecnici importantissimi sia per lo studio del livello conoscitivo, delle tecniche e dei manufatti medievali, sia per la comprensione, la conservazione e il restauro di questi ultimi.[6] Numerosi sono sicuramente anche gli spunti d'interesse per la storia della chimica, specialmente nelle parti dedicate alla composizione dei pigmenti, ai vari passaggi della produzione del vetro, alla purificazione e lavorazione dei metalli.

Cifra dell'opera è la combinazione di questa, che potremmo definire la chimica dell'artigiano medievale, con la chimica del monaco, che getta sui materiali uno sguardo diverso. Per il monaco sia i materiali, sia gli oggetti con essi prodotti, sia infine lo stesso operare con le mani assumono significati simbolici paralleli alle valenze loro attribuite dall'artigiano, sebbene ad esse non opposti né con esse inconciliabili, derivati tanto dall'immaginario collettivo, quanto dalla tradizione patristica e benedettina. L'articolazione operativa delle tecniche e dei manufatti interagisce

III Serie, pp. 159-71; ID., *Die Tinte des Theophilus*, in *Festschrift Luitpold Dussler*, München, 1972, pp. 87-112 e ID., *Farben- und Malrezepte in frühmittelalterlichen technologischen Handschriften*, in *Alchimia. Ideologie und Technologie*, München, 1970, pp. 49-66. Più aggiornato, ma sulla stessa linea, l'articolo di A. SCHOLTKA, *Theophylus Presbyter – Die maltechnischen Anweisungen und ihre Gegenüberstellung in naturwissenschaftlichen Untersuchungsbefunden*, «Zeitschrift für Kunsttechnologie und Konservierung», 6, 1992, pp. 1-42, con ricca bibliografia. Fra i lavori di M. PASTOREAU ricordo *«Ordo colorum». Notes sur la naissance des couleurs liturgiques*, «La Maison-Dieu. Revue de pastorale liturgique», 176, 1989, pp. 54-66, che apre prospettive interessanti sugli usi e significati liturgici e araldici dei colori. Fra le ricerche mirate sul lessico cromatico della *Schedula* cfr. D.V. THOMPSON, *Theophilus Presbyter: Words and Meaning in Technical Translation*, «Speculum», 42, 1967, pp. 313-339.

[6] Il confronto con gli oggetti artistici si basa, oltre che sull'imprescindibile raffronto visivo – di qui l'importanza della riproduzione dei procedimenti descritti nelle ricette – su analisi fisico-chimiche, vincolate da un lato alla identificazione, reperibilità e/o riproducibilità delle sostanze indicate, dall'altro alla possibilità di effettuare analisi distruttive su campioni prelevati da opere di enorme valore. Confronti di questo tipo sono stati effettuati in particolare nell'ambito della miniatura dei manoscritti. Nella selezione delle opere da confrontare tali analisi si servono, inoltre, dei dati forniti dalle ricerche più propriamente storiche sulla possibile identità e origine geografica di Teofilo. A tali ricerche esse forniscono di ritorno validi contributi, consentendo di provare sul campo le ipotesi storiografiche. Per esempio, è stato svolto un fruttuoso confronto fra le ricette della *Schedula* e le opere di Rogerus di Helmarshausen a noi pervenute. Una documentazione fotografica di tali opere e studi su Rogerus artista sono consultabili in E. FREISE, *Roger von Hermarshausen. Ein maasländischer Künstler und Mönch in Westfalen*, in *Monastisches Westfalen. Klöster und Stifte 800-1800 (Ausstellungskatalog)*, Münster, 1982, pp. 287-307; e in *Ornamenta ecclesiae (Ausstellungskatalog)*, Köln, 1985, vol. I.

quindi con una sorta di scala di valore simbolico crescente di materiali e oggetti. La compresenza nell'opera dei due livelli si individua non solo a livello macroscopico nell'alternanza di prologhi fondativi e istruzioni pratiche, ma anche nell'articolazione delle prove di realizzazione, veri e propri esercizi di elevazione, in un ordine ascendente sia di difficoltà, sia anche di sacralità dei manufatti e dei relativi materiali.

Nel medioevo il rapporto fra funzione e preziosità del materiale era strettissimo, sia in ragione di un'estetica che concepiva il bello[7] come piacevole immediato,[8] in cui il valore economico e la disposizione dei materiali giocavano un ruolo fondamentale – si pensi alle successive *Wunderkammern* o alle descrizioni di Suger di Saint-Denis –, sia perché si associavano ai materiali determinati valori simbolici, come attestato a tutti i livelli e in ogni ambito della cultura medievale. Una delle fonti monastiche più autorevoli di questa semantica dei materiali era senza dubbio la Bibbia. Nel XII secolo i riferimenti al significato simbolico dei materiali e dei manufatti biblici (l'Arca di Noè, il Tabernacolo, il Tempio di Salomone e così via) ricorrevano con particolare frequenza: richiami espliciti e significativi a questo proposito si ritrovano negli scritti di Suger, Ruperto di Deutz, Onorio di Autun, Riccardo di San Vittore, in diversi autori minori e in molti testi liturgici. L'interpretazione allegorica di determinati passi interagiva con una tradizione millenaria per articolare gerarchie plurali e variabili di materiali, in cui, a seconda del contesto, uno stesso materiale occupava posizioni diverse e riceveva connotazioni differenti. La più nota fra queste gerarchie è senza dubbio quella dei metalli: nell'Antico Testamento i metalli vengono quasi sempre citati in sequenza,[9] come per esempio nel brano più celebre di questo genere, la descrizione della statua del sogno di Nabucodonosor [Dan, 2:29-49], dove compaiono nell'ordine oro, argento, bronzo e ferro (oltre ad argilla e legno). Tale ordine è adottato anche da molti autori classici, dove assurge per esempio a metafora delle età del mondo (Esiodo, Ovidio e altri).

Oltre ai metalli, molte altre gerarchie di materiali furono estratte, nei secoli,

[7] Termini come bello, arte e artista (*pulcher*, *ars*, *artifex*), nonché estetica, sono di assai difficile definizione e interpretazione per quanto riguarda il Medioevo. Il rischio di sovrapporvi preoccupazioni estetiche moderne è, nonostante tutte le possibili cautele critiche, inevitabile. Per un'introduzione a questi vasti problemi focalizzata sul periodo storico in oggetto, cfr. A. SPEER, *Vom Verstehen mittelalterlicher Kunst*, in G. BINDING - A. SPEER, *Mittelalterliches Kunsterleben nach Quellen des 11. bis 13. Jahrhunderts*, Stuttgard, 1994. Per uno studio del significato di questi concetti nella liturgia rimando a Se in questa parte essi verranno lasciati per quanto possibile sullo sfondo, ciò non significa che non ne si abbia presente l'importanza e la complessità.

[8] U. ECO, *Arte e bellezza nell'estetica medievale*, Milano, 1987, p. 20. Quest'opera contiene peraltro informazioni scorrette e frettolose sul *De diversis artibus.*

[9] Nel suo bel lavoro sulla semantica dei materiali, T. RAFF spiega che: «Nell'Antico Testamento i metalli oro, argento e bronzo vengono quasi sempre citati in una sequenza gerarchica, che può includere anche altri materiali» (*Die Sprache der Materialien. Anleitung zu einer Iconologie der Werkstoffe*, Bonn, 1994, p. 50). Per un introduzione sull'argomento si vedano anche le parti dedicate all'allegorismo scritturale, all'allegorismo enciclopedico e all'allegorismo universale nella citata opera di ECO, pp. 79-89.

dalla Bibbia e da altre fonti disparate. Esse interessavano in special modo il vetro, il cristallo, le pietre preziose, i marmi, gli smalti e in generale le materie traslucide; rapportavano fra loro non solo diversi tipi di materiali, ma anche le varie qualità di uno stesso materiale (le varietà dei marmi, le essenze lignee …).[10] Ciò che qui mi preme sottolineare non è *una* gerarchia, *un* ordine rigido e preciso, quanto piuttosto l'attitudine, comune ad artisti, compilatori di enciclopedie ed esegeti della scrittura a considerare immediatamente una disposizione di materiali come significativa. Sempre nuove gerarchie di materiali venivano costruite all'occorrenza, quando c'era la necessità di rappresentare metaforicamente ordini d'altro tipo.[11] Tale attitudine trova evidenti riscontri soprattutto nell'organizzazione delle enciclopedie, nelle quali i criteri descrittivi prevalgono su quelli operativi, in documenti, lettere, dediche e inscrizioni. Questo orizzonte simbolico, che abbraccia i vari livelli di sapere, da quello colto e quello popolare, è condiviso e rispecchiato anche dal *De diversis artibus.*

L'azione di questa scala di valore emerge, oltre che dall'effettiva articolazione delle ricette, anche da cenni in proposito contenuti nei prologhi.

Nel secondo prologo si legge che l'insufficiente trasparenza alla luce delle tecniche pittoriche illustrate nel primo libro ha spinto Teofilo*, curiosus explorator*, a cercare tecniche alternative, la cui varietà cromatica non respingesse la luce del sole.[12]

Un problema, dunque, relativo al materiale e ai suoi limiti, giustifica il passaggio da un libro all'altro – passaggio che si configura come salita nel doppio senso di innalzamento e di faticosità. La superiorità della lavorazione del vetro sulla pittura è che il vetro lascia passare la luce. La carenza, l'insufficienza dei materiali pittorici non è un disvalore dal punto di vista strettamente tecnico: l'opacità, l'imper-

[10] A questo proposito, un'interessante ricerca delle fonti teologiche-filosofiche degli scritti di Suger (C. RUDOLPH, *Artistic Ch'ange at Saint-Denis: Abbot Suger's Program and the Early Twelfth Century Controversy over Art*, Princeton, 1990, pp. 32-63, ma anche SPEER, *op. cit.* e J. VAN DER MEULEN - A. SPEER, *Die fränkische Königsabtei Saint-Denis*, Darmstadt, 1988) dimostra come, prima di cercare riferimenti al sistema della luce pseudodionigiano, è possibile rintracciare innumerevoli passi delle Scritture, ripresi abbondantemente negli scritti liturgici, in cui il significato simbolico della luce viene esaltato circa negli stessi termini. Lo studio dei testi sugeriani e dell'iconografia della chiesa di Saint-Denis rende difatti possibile, secondo gli studi più recenti, una riconduzione nell'alveo del benedettinismo tradizionale, rivelandosi la conoscenza dello Pseudo-Dionigi superficiale e strumentale all'interno della polemica sull'arte sacra. Il ruolo della luce nel sistema dionigiano, rapidamente assimilato e forse volgarizzato – probabilmente attraverso la veloce diffusione dei commenti di Ugo di San Vittore al *De caelesti hierarchia* e al *De ecclesiastica hierarchia* – servirebbe insomma come giustificazione dell'arte monastica sfarzosa all'interno della nota discussione con Bernardo. La Bibbia di per sé, dunque, è sufficiente a giustificare il conferimento di elevato valore simbolico alla luce. Uno sviluppo complesso del tema della luce e della materia è svolto da A. VASILIU, *Du diaphane*, Paris, 1997.

[11] RAFF, *Die Sprache* cit., p. 50.

[12] «Verum quoniam huiusmodi picturae usus perspicax non valet esse, quasi curiosus explorator omnimodis elaboravi conoscere, quo artis ingenio et colorum varietas opus decoraret, et lucem diei solisque radios non repelleret» (p. 37).

meabilità alla luce è difatti una semplice proprietà del materiale, che deriva dalla sua natura.

La scala di valutazione dell'autore si regge allora su categorie estetiche, necessariamente impregnate di motivi spirituali, teologici, filosofici.[13] La superiorità, e non semplice diversità, del vetro (*perspicax)* gli deriva per analogia dal suo significato simbolico, particolarmente sentito specialmente all'inizio del secolo che vide sorgere l'architettura della luce. La predilezione estetica per la luce e la trasparenza ha, fra le sue varie componenti, un fondamento teologico nella metafisica neoplatonica della luce, ripresa da Suger e dai Vittoriani, sulla quale in questa sede non mi dilungo. Ma anche senza voler ricorrere a Suger e all'estetica della luce pseudodionigiana, gli esempi anche molto più antichi potrebbero moltiplicarsi: la *perspicacitas*, *proprietas* connessa al vetro, è tradizionalmente connessa alla chiarezza d'*ingenium* e alla *puritas cordis*. Nel secolo di Suger l'importanza delle vetrate diventava via via più grande, e nel testo Teofilo si riferisce fra l'altro proprio alla supremazia francese in quest'arte: «quicquid in fenestrarum pretiosa varietate diligit Francia» (p. 3).

Se, nella nostra ricerca di indizi, ci spingiamo fino al **terzo prologo**, troviamo ulteriori conferme di questo orientamento ascendente, che si arricchisce di nuovi significati.

[13] Le uniche riflessioni che ho reperito su questo riferimento diretto del secondo prologo ai contenuti del ricettario e a un certo criterio di organizzazione dei libri che se ne potrebbe dedurre sono di B. REUDENBACH, *«Ornatus materialis domus Dei». Die theologische Legitimation handwerklicher Künste bei Theophilus*, entrambi in H. BECK - K. HENGEVOSS-DÜRKOPP (Hrsg.), *Studien zur Geschichte der europäischen Skulptur im 12./13. Jahrhundert*, Frankfurt a.M., 1994, pp. 1-15. Lo studioso giunge a conclusioni interessanti sulla struttura del *De diversis artibus*, complementari a quelle che qui si propongono e per le quali si rimanda, vista la loro complessità, all'articolo in questione. Altre interessanti informazioni sulle connotazioni simboliche del vetro sono rintracciabili in P. BARTHÉLEMY, *Le verre dans la «Sedacina totius artis alchimie» de Guillaume Sedacer*, in D. KAHN, S. MATTON (eds.), *Alchimie. Art, histoire et mythes* (Atti del primo colloquio internazionale della Società di Studi di Storia dell'Alchimia…), Paris-Milano, 1995, pp. 202-233. Il vetro viene investito nello scritto di Guglielmo Sedacer di grande valore simbolico, nonostante il suo scarso valore materiale. Questa la definizione dell'autore: «Vitrum est corpus diaphanum, artificialiter ad naturam quinte essencie redactum, quod argentum populi in libris philosophorum nominatur, eo quia similitudinem vasorum auri et argenti in domibus pauperum representat. Est receptivus omnium colorum et ideo lapis omnium colorum denominatur…», *Sedacina*, 1, XXII, 1-3. La trasparenza alla luce è anche in questo caso la prima qualità indicata del vetro, a testimonianza di una tradizione consolidata: «La matière du verre, et notamment sa transparence, représente un état de perfection qu'elle doit non pas au lent travail de la nature […] mais à l'intervention humaine» (*op. cit.*, p. 209). Quest'ultimo aspetto – talmente importante in alchimia da aver spesso condotto a indicare nel vetro il *signum et principium lapidis et non lapidis vegetalis* (la pietra filosofale vegetale) – non compare nell'anteriore *De diversis artibus.* Il carattere dell'artificialità, assai importante per la definizione dell'alchimista come «*artifex* par excellence, qui parachève et dépasse l'oeuvre de la nature» (*ibidem*), non è infatti centrale nel concetto di produzione artistica concepita da Teofilo. Questo passo della *Sedacina* suggerisce inoltre un rapporto di superiorità del vetro, *lapis omnium colorum*, sui singoli colori, che si accoglie qui almeno a livello di suggestione.

Teofilo stesso ci avverte che una sorta di progetto, di disegno, sta giungendo al termine: all'allestimento della dimora divina mancano soltanto gli *utensilia*, gli arredi liturgici. Non si tratta di un dettaglio, ma dell'ultimo, importantissimo gradino: l'autore avverte che alla realizzazione di questo compito sono necessarie un'*amplior sollertia*, una maggiore abilità, e *totum mentis coramen*, un grande slancio della mente. Si tratta allora, ancora una volta, di un cammino in salita, di un'ascesa che comporta la realizzazione di un compito *materiale*: la fabbricazione degli arredi sacri attraverso la lavorazione dei metalli. Tale compito non è l'unico descritto nel ricettario del terzo libro, ma è significativo che venga estratto dall'autore in quanto, credo, ritenuto esemplificativo del percorso d'ascesa che si vuol completare.

Questi esercizi sono definiti *holocausta*. Oltre al significato, di certo dominante, del lavoro come offerta, risuona forse nel termine anche l'idea, diffusa nel Medioevo, che gli oggetti votivi e liturgici fossero sacrifici in ragione dell'elevato valore dei materiali lavorati.[14] Proprio attraverso la preziosità (e dunque il costo) dei materiali e la loro generosa quantità, spesso dettagliatamente ed entusiasticamente descritta, si predisponevano positivamente Dio, la Madonna e i santi. Scrive Castelnuovo: «L'opera di oreficeria rappresentava il più alto omaggio – a causa dei sacrifici economici che richiedeva, a causa del suo splendente aspetto e degli innumerevoli riferimenti biblici che vi si potevano leggere – […] e proprio questa straordinaria importanza richiedeva l'intervento dei migliori artisti».[15]

Alla nobiltà del materiale, dunque, risultante da varie componenti, corrisponde nella mentalità medievale l'elevazione dell'*artifex*: nella lavorazione dei metalli preziosi «si provavano i migliori artefici»[16] e sono di orafi le prime firme che ricompaiono sulle opere proprio nel XII secolo. L'eccellenza dell'*artifex* dei metalli non è solo una supremazia tecnica, sociale e culturale – l'orefice è spesso artigiano colto, esperto di simbologia e familiare con la Bibbia –, ma trova rispondenza in una *dignitas*, una grandezza morale e religiosa, tanto maggiore quanto più ci si addentra nell'arte sacra.[17] Sono quella maggiore abilità e quel grande slancio della mente ad essere richiamati anche da Teofilo nell'ultimo prologo.

[14] È il senso che ancor oggi sopravvive nell'espressione popolare «fare un sacrificio». Cfr. H. KELLER, *Zur Entstehung der sakralen Vollskulptur in der Ottonischen Zeit*, in H. KELLER (hrsg.), *Blick vom Monte Cavo*, Frankfurt a.M., 1984, p. 46. Su questo tema si vedano anche le diverse interpretazioni del detto *materia superat opus*, trattate in T. RAFF, «*Materia superat opus*». *Materialien als Bedeutungsträger bei mittelalterlichen Kunstwerken,* in H. BECK - K. HENGEVOSS-DÜRKOPP, *op. cit.*, pp. 16-28.

[15] E. CASTELNUOVO, *L'artista*, in J. LE GOFF (ed.), *L'uomo medievale*, Roma-Bari, 1987, pp. 245-246.

[16] *Ibidem*.

[17] All'artigiano dei metalli è sempre associata una grandezza di qualche tipo, ma a volte negativa, diabolica. Non è questo però il caso dell'artigiano-monaco di Teofilo. «Il dono che conferisce all'artista la sua eccezionalità è di natura ambivalente e costituisce anche il momento a

Il legame fra elevatezza del culto (l'eucaristia è il sacrificio massimo), la preziosità degli arredi liturgici e la purezza dell'artigiano ricorre anche in un brano del più celebre Suger di Saint-Denis, la cui rivendicazione assume un tono polemico nei confronti dei seguaci della povertà, avversi alla magnificenza del culto. I calici di metallo nobile e pietre preziose assurgono così a simbolo di questa posizione nello storico confronto con Bernardo di Clairvaux. Scrive Suger:

> Ognuno può pensarla come vuole. Quanto a me sono convinto che quanto v'è di più prezioso deve servire in primo luogo alla celebrazione dell'Eucaristia. Se per raccogliere il sangue degli arieti […] occorrevano, secondo la parola di Dio e l'ordine dei profeti, coppe, ampolle e vasi d'oro, quanto più belli dovranno essere i calici, le gemme e tutto quanto di più prezioso al mondo è destinato ad accogliere il sangue di Gesù Cristo! […] Secondo noi servono anche gli elementi esterni dei calici sacri, e più che ogni altra cosa nel servizio del santo sacrificio, in estrema purezza interiore e in estrema nobiltà esteriore.[18]

Non a caso, quindi, la fabbricazione degli «oggetti più preziosi al mondo» occupa nel *De diversis artibus* il gradino più alto della scala, il più vicino alla celebrazione del mistero per cui tutto è stato allestito. Sia in Teofilo, sia in Suger il nesso fra la massima purezza interiore e la nobiltà esteriore dei materiali è fortissimo: non è semplice sfarzo, come viene loro contestato, ma valore elevato e dignità altissima. Teofilo lo ribadisce esplicitamente all'inizio del terzo prologo: il cuore puro è la vera casa di Dio («purissimi cordis, cui vere Deus inhabitat», p. 62) e la purezza di cuore rappresenta il requisito indispensabile all'artefice. Tale purezza non è in contrasto, bensì in profonda armonia con la nobiltà del materiale. Lo stesso Davide – scrive l'autore – non venne giudicato dal Signore abbastanza puro per assolvere l'incarico della costruzione della *domus Dei* («sed pro humani sanguinis…effusione non meruit», p. 62), che assegnò l'arduo compito al figlio di Davide, Salomone («in auro et argento aere et ferro Salomone filio delegavit», *ibidem*). I metalli, elencati due volte e sempre nello stesso ordine, sottolineano la sacralità dell'incarico e la purezza dell'artefice.

Senza voler ricorrere impropriamente ai principi dell'alchimia sulla connes-

rischio, quello in cui è massima la vulnerabilità al demoniaco», scrive GALLONI nell'*op. cit.* a p. 45. Sono diversi i racconti di orafi fraudolenti o lussuriosi. «La collocazione del fabbro non è univoca, bensì contraddittoria, e quindi funzionale a strategie che si precisano di volta in volta» (*ivi*, p. 46). Perciò per l'esecuzione di questo compito Teofilo prepara l'apprendista anche moralmente, attraverso la meditazione dei prologhi e le prove precedenti.

[18] Suger, abate di Saint-Denis, citato da G. DUBY in *L'arte e la società medievale*, Roma-Bari, 1981, p. 118. Interessantissimi per l'inquadramento storico e filosofico dell'estetica di Suger sono i seguenti studi di C. RUDOLPH: *Artistic Change* cit. e ID., *The «Things of Greater Importance». Bernard of Claivaux's Apologia and the Medieval Attitude Toward Art*, Philadelphia, 1990. Anche Ruperto di Deutz, che appartiene alla stessa corrente benedettina di Suger e Teofilo e influenza fortemente gli sviluppi dell'arte tardoromanica e protogotica, negli scritti dedicati alla liturgia si riferisce all'oro come a luce del divino e a sostanza del verbo incarnato.

sione fra la trasmutazione dei metalli vili in metalli nobili e la trasformazione spirituale dell'operatore, integrati in una precisa concezione filosofico-religiosa della natura e in un quadro complesso di sapere che non sono quelli del nostro autore, è possibile rintracciare nell'esegesi biblica di quella metà di secolo anche altre testimonianze di questo legame, in una chiave non lontana da quella di Teofilo e spesso contestualizzate, come nel caso di Suger, nell'ambito della polemica con Bernardo di Clairvaux. Nel *Gemma animae*, un trattato sul significato allegorico della liturgia, degli edifici religiosi e degli arredi sacri, Onorio di Autun (autore col quale Teofilo rivela alcuni punti interessanti di contatto)[19] attribuisce ai metalli varie virtù e significati simbolici. L'autore specifica che i metalli sono metafora degli uomini graditi a Dio in quanto «metalla in igne excocta ad ornatum coronae sumuntur, et electi in camino tribulationis probati ad coelestis Hierusalem decorem eliguntur».[20] È dunque, lo si sottolinea, il processo di lavorazione dei metalli a connotarne il significato simbolico, utilizzato già nell'Antico Testamento come metafora della prova alla quale l'uomo era sottoposto da Dio e dell'appassionata tensione verso di lui.[21] L'accento è posto sulla prova e sulla fatica che vi è connessa. Di qui alla connotazione della lavorazione dei metalli come attività non neutra, ma pregna di significato, il passo è breve. L'ultima prova che l'artefice deve superare diventa per analogia prova concreta, confronto con il metallo e col fuoco:

> Il Signore è come il fuoco del fonditore e coma la lisciva dei lavandai. Siederà per fondere e per purificare; purificherà i figli di Levi, li affinerà come oro e argento, perché possano offrire al Signore un'oblazione secondo giustizia, Ml, 3:2-3;
>
> Dio ci ha messi alla prova; ci ha passati al crogiuolo, come l'argento, Ps, 66:10.

Nelle Scritture la lavorazione dei metalli è associata, di nuovo, alla purificazione, alla prova, al giudizio, nell'interazione fra artefice, fuoco, metallo.[22]

Il *De diversis artibus* sembra dunque delineare un rapporto fra il *profectus animae corporisque*, la progressiva evoluzione del corpo e dell'anima dell'artefice, e la parallela successione dei materiali, banco di prova della sua attività progressiva. Questo criterio simbolico, che agisce a livello della struttura, opera nei prologhi una sorta di selezione sui variegati contenuti delle ricette. Come si è detto, questo criterio si compone e si combina con quello operativo delle sequenze didattiche. Chimica del monaco e chimica dell'artigiano non contrastano, dunque, ma si affian-

[19] Tali analogie possono forse giustificarsi con la dipendenza diretta e riconosciuta del pensiero di Onorio di Autun da quello di Ruperto.

[20] Onorio di Autun, PL 172, 588.

[21] Cfr. Raff, *Die Sprache* cit., p. 61.

[22] Si noti però che nell'Antico Testamento il fabbro, colui che prova gli uomini col fuoco e li purifica, è sempre Dio. Di qui forse, ma è solo un'ipotesi, la marcata sottolineatura dell'elevatissima *dignitas*, del più grande sforzo richiesti all'uomo-fabbro. Questo primo motivo va a sommarsi all'importanza simbolica fondamentale degli arredi liturgici che il fabbro produce e alla preziosità del materiale in sé.

cano e interagiscono nell'opera, collaborando all'elevazione, al superamento di prove in cui si concretizza il *profectus* sia del corpo, sia dell'anima – sia dell'abile artefice, sia dell'uomo di Dio.

Riassunto – Il *De diversis artibus* è un'opera in lingua latina, anonima e non datata, risalente con buona probabilità al XII secolo. Il suo autore, monaco ed esperto artigiano, si presenta con lo pseudonimo di Teofilo. Sebbene la tradizione critica inscriva da sempre questo testo nel filone dei ricettari medievali, l'origine, le finalità, la struttura e la filosofia di fondo dell'opera rendono il *De diversis artibus* un'opera *sui generis*, più vicina a un manuale che a un ricettario. Nel testo gli intenti e i procedimenti dell'artigiano esperto, che espone con ordine le tecniche di fabbricazione dei manufatti per la decorazione dell'edificio religioso e la celebrazione della liturgia, si combinano con gli intenti e i valori del monaco, che getta sui materiali e la loro lavorazione uno sguardo diverso. Il saggio presenta la composizione di questi orizzonti all'interno dell'opera, senza trascurare l'interazione con il vivace contesto storico del XII secolo.

MASSIMO RIZZARDINI*

L'ultima utopia: il mosaico delle scienze nella chimica mistica di Robert Fludd**

The final utopia: the mosaic of sciences in Robert Fludd's mystical chemistry

Summary – In the particular juncture that gave origin Western modern science, Robert Fludd found the assumptions to build up (in the first years of the XVII cent.) the last extreme attempt to make a synthesis between the elements of the traditional philosophy in the direction of a radical agreement of knowledge and comprehension. Known today as the most reactionary hermetic philosopher of the XVII century, he was perhaps the last adamant supporter of a universal concept of science which could collect in a unitary and organized unit the whole of human knowledge. Fludd construed an explicative model in an analogical way succeeding in combining the three elements of Paracelsian's chemistry (salt, sulphur, mercury) with all the four Aristotelian natures and the initiatory knowledge of the religious doctrines. The origin and the meaning of the world that came out from the Holy Scriptures is not contradictory to the chemistry's progress, on condition that the World of God holds the spagyric virtues that makes the observation of the becoming of things justifiable. Fludd's utopia probably came out from his meeting with the Rosicrucian Society, which was known later as a manifestation of the last magic persistences. It was the very amazing symbol of the specific connection between Renaissance protoscience and modern science that were both characterized by incoherence, discord and role playing. Fludd's doctrine was like a warning on the rising specialistic knowledge and on the dehumanization of the experience's foundations. The scientific companion came out from an organic and composite revision of the pre-existent doctrines. It is, however, the clear synthesis of these doctrines: a denunciation of the upcoming danger about the parcellizations and the laity of science in the XVII century.

L'individuazione di un limite che, al di fuori di sterili semplificazioni manualistiche, segni la fine della scienza ingenua o protoscienza a favore della modernità incontra, da sempre, un ostacolo piuttosto significativo: comprendere quale fu il

* Università degli Studi di Milano, Dipartimento di Filosofia.

** Relazione presentata al X Convegno Nazionale di «Storia e Fondamenti della Chimica» (Pavia, 22-25 ottobre 2003).

destino di tutti quegli apporti per così dire «tradizionali» che vennero messi da parte con l'avvenuta costituzione di un pensiero scientifico propriamente inteso. In una dimensione temporale collocabile nel passaggio fra il XVI e il XVII secolo, il riferimento più immediato corre direttamente ai contributi provenienti dalla riscoperta rinascimentale del sapere magico-ermetico. L'influenza decisiva che esso esercitò in ambito filosofico non è di per se stessa riducibile a un mero carattere di ritorno all'età aurea della *prisca sapientia*, andata perduta nei secoli e finalmente riportata alla luce dal ritrovamento del *Corpus* attribuito al presunto Mercurio egizio. Tradotto in termini che oggi chiameremmo «scientifici», questo desiderio di compiere un viaggio nel tempo ripercorrendolo sino alle origini dell'uomo come simbolo di purezza e di autenticità, finì col rimanere comunque una sorta di «esperienza privata», giustificata dalla genealogia dei *prisci* ma vissuta e interpretata secondo canoni iniziatici. Per quanto infatti l'*arcana publicata vilescunt*[1] fosse già stato smentito dall'enorme diffusione delle opere alchemiche a stampa, il tentativo di ottenere una prima materia che realizzasse concretamente l'unificazione della comprensione ontologica e scientifica a un tempo, manteneva i tratti qualitativi dell'unico e dell'irripetibile. Tuttavia, quel tentativo non tardò a sfuggire a una lettura che, pur mantenendolo distante dalla *novitas* dell'*experimentum*, ne ponesse in rilievo il contenuto e le modalità sperimentali. Restando per un momento al caso dell'alchimia, che in tal senso è emblematico e particolarmente opportuno per gli sviluppi del presente discorso, fu proprio la sua fase più pratica e applicativa che costituì un punto d'incontro con i procedimenti della *nova scientia*, causando una sorta di dicotomia interna fra una componente sostanzialmente empirica ed una qualitativa a forte orientamento iniziatico.[2] Al di là della radicale diversità che opponeva una concezione del sapere come pubblico e ripetibile ad una visione «ristretta» tanto della conoscenza che della sua divulgazione, si può affermare con buona approssimazione che, laddove se ne presentò l'opportunità, la gran parte degli scienziati secenteschi operò in una direzione di evidente rigetto delle influenze mistiche a favore del nucleo sperimentale. Le conseguenze di questa attività di depurazione sono note e facilmente ravvisabili nel processo di interazione che ancora oggi è oggetto di accese controversie in ambito storiografico, quando si tratta di «pesare» l'importanza dell'elemento magico ed empirico a un tempo nell'evoluzione del pensiero scientifico moderno.[3] Un esempio della compresenza paradossale di due aspetti a prima vista incongruenti è offerto in maniera inequivocabile dalla medicina paracelsiana, fondata tanto sull'astrologia – cioè sulla lettura dei cieli

[1] Dal frontespizio de *Le nozze chimiche di Christian Rosenkreutz* di Johann Valentin Andreae: «Arcana publicata vilescunt; & gratiam prophanata amittunt. Ergo: ne Margaritas obijce porcis, seu Asino substerne rosas».

[2] C. WEBSTER, *Magia e scienza da Paracelso a Newton* (1982), Bologna, Il Mulino, 1984.

[3] Cfr. Y. BELAVAL, *Les Philosophes du XVII siècle devant la nature*, «XVIIe siècle», 1962, n. 54-55.

come indicatori patologici – quanto sulla necessità dell'unificazione di sapere medico e tecnica chirurgica, fino ad allora screditata e ritenuta opera volgare.[4] Per tornare al problema sollevato all'inizio, se quindi è pur vero che un evidente sostrato empirico viene inglobato e rimodellato secondo i canoni della scienza secentesca, rimane da capire fino a che punto e secondo quali modalità è possibile operare una distinzione così netta e determinata. Una suggestiva espressione di questa complessità è senz'altro riconoscibile nella *filosofia mosaica* di Robert Fludd, scienza di tutte le scienze globalmente considerate e trascese nell'intuizione dell'unica radice metafisica che ne costituisce il nucleo originario: la sapienza divina. Il ritorno alle origini si traduce allora in una sorta di viaggio *à rebours* verso un Dio che non è semplice garante della realtà osservata e interpretata, quanto piuttosto il suo senso ultimo, l'inizio e la fine di un processo che comincia con la creazione e si chiude con la contemplazione dell'uomo, il *magnum miraculum* che Pico riconosceva quale *centrum* della dottrina ermetica. Il mondo di Fludd, in definitiva, non è il mondo di Cartesio, nel quale, per dirla con Mamiani, «solo una favola può rendere la conoscenza stessa adeguata al suo oggetto», dal momento che «il mondo reale ha perduto ogni legame di somiglianza con il nostro conoscere».[5] Il Dio fluddiano, che da un lato è inconoscibile per la finitudine cusaniana della mente umana e dall'altro è la radice di un'ontologia che non è per nulla disgiunta dalla scienza, introduce quindi a un singolare parallelismo teosofico. Come la scienza delle scienze, la filosofia prima o mosaica, rappresenta l'unità teoretica di un processo intellettuale che elimina ogni rischio di parcellizzazione, allo stesso modo il Creatore di Fludd è l'origine di un mondo unitario, omnicomprensivo e strutturato come un sistema di relazioni e interdipendenze. La storia del mondo si inscrive a pieno titolo nella storia culturale dell'uomo, generando una sorta di riflesso speculare che permette, in possesso della giusta chiave di lettura, di comprendere in un atto unico il segreto della conoscenza come se esso fosse visibile nello specchio ultimo, immagine della filosofia prima. Il sincretismo di *signaturae* e *specula* che

[4] Paracelso concesse alla chirurgia un ruolo non secondario nel suo sistema di rinnovamento della medicina, elaborando un grande manuale per il trattamento delle ferite intitolato *Grosse Wund Artzney*. Mosso dalla convinzione che il paziente domanda cura, cioè un intervento pratico, e non teoria, si fece interprete di un imperativo deontologico che suonava come una grave denuncia alla corporazione intera. Chiedendosi cioè dove fosse mai la chirurgia di cui un medico poteva fare a meno nella cura delle malattie, arrivò a esclamare senza mezzi termini che non poteva più darsi un chirurgo che non fosse anche medico e viceversa un medico che non fosse chirurgo, stabilendo come legge fondamentale questo principio. Dati i due estremi, un reciproco movimento verso il centro avrebbe dovuto in sostanza portare il chirurgo a non tagliare meccanicamente come un sarto e il medico a dare testimonianza dei risultati della sua opera attraverso una pratica positiva. La sintesi risultante dal superamento dell'opposizione che fino ad allora aveva gravato sull'esercizio e sul progresso della medicina trova quindi l'incarnazione autentica nel *medico nuovo*, di cui egli rimane il banditore più rappresentativo della scienza cinquecentesca.

[5] M. MAMIANI, *Storia della scienza moderna*, Roma-Bari, Laterza, 1998, p. 116.

costituisce il retroterra, nient'affatto celato, dell'impostazione scientifica di Fludd, lo costrinse peraltro a una serie di polemiche e controversie che non rimasero casi isolati di un'esistenza tormentata e socialmente problematica.

Fludd nacque nel 1574 a Milgate, nel Kent, da una famiglia di estrazione nobiliare. All'età di diciassette anni (o diciotto, secondo alcune fonti) entrò al St. John College di Oxford, dove nel 1595 avrebbe conseguito il Baccalaureato in Arti e quattro anni più tardi il titolo di Master of Arts. I successi della sua vita accademica lo convinsero della necessità di sospendere momentaneamente gli studi e affrontare un viaggio nel continente, che durò quasi sei anni. È forse questo l'unico periodo della vita di Fludd sul quale grava un silenzio storiografico obbligato, venendo a mancare informazioni di una certa precisione se escludiamo i brevi riferimenti che egli stesso inserì nelle sue opere. Il soggiorno lontano dall'Inghilterra gli permise di visitare prima l'Italia, poi la Francia,[6] la Spagna e infine la Germania, maturando forse la convinzione di intraprendere una nuova carriera una volta rientrato in patria. Sebbene sia certo che le sue naturali inclinazioni verso la magia e la filosofia occulta rinascimentali lo avessero portato a frequentare ambienti vicini a quell'orientamento scientifico,[7] non si è a conoscenza di libri o personaggi incontrati durante i sei anni «europei». Tuttavia una prima serie di considerazioni è già possibile sulla base dei pochi indizi che abbiamo a disposizione. In primo luogo, notizie biografiche a parte, l'importanza che il viaggio ha nel processo formativo e culturale fluddiano non lascia spazio a molti ragionevoli dubbi. L'influsso che l'esperienza continentale ebbe sulle dinamiche intellettuali del suo pensiero ne fa in tal senso una singolare, e forse inconsapevole, incarnazione del retaggio testamentario di Pietro Severino,[8] massima espressione del monito anti-intellettualistico (nel senso di libresco e di non-vitale, non-empirico) del controrinascimento di matrice paracelsiana. Il trasferimento del viaggio su di un piano culturale, inteso appunto come esperienza prima di tutto conoscitiva, la possibilità di entrare direttamente in con-

[6] C.H. JOSTEN, *Robert Fludd's Theory of Geomancy and his Experiences at Avignon in the Winter of 1601 to 1602*, «Journal of the Warburg and Courtauld Institutes», XXVII, 1964, pp. 327-335.

[7] Cfr. WOOD, *Athenae Oxonienses, an exact history of all the writers who have had their education in the University of Oxford, to which are added The Fasti, or Annals of the said University*, London 1815, e BRUCKER, *Historia critica philosophiae*, Lipsia, MDCCXLII, IV.

[8] «Vendi la tua terra, le tue case, i tuoi vestiti e i tuoi gioielli; brucia i tuoi libri. E invece, comprati scarpe robuste, viaggia per le montagne, perlustra le vallate, i deserti, le spiagge marine, e le più profonde depressioni della terra; annota con cura le differenze tra gli animali, le differenze tra le piante, i vari tipi di minerali, le proprietà e l'origine di ogni cosa che esiste. Non aver vergogna di studiare diligentemente l'astronomia e la filosofia terrestre dei contadini. Infine, compra del carbone, costruisci fornaci, osserva e opera con il fuoco senza stancarti. In questo modo e in nessun altro arriverai alla conoscenza delle cose e delle loro proprietà»; cit. da *Storia del pensiero medico occidentale. Dal Rinascimento all'inizio dell'Ottocento*, a cura di M.D. Grmek, Roma-Bari, Laterza, 1996, vol. II, pp. 58-59.

tatto con scuole e saperi diversi, talvolta sconosciuti in patria,[9] furono decisivi nel determinare l'approccio sincretistico volto alla costituzione di una scienza globale capace, in ultima analisi, di superare le difficoltà del disaccordo e del relativismo. Se però non si possono nutrire perplessità circa i contatti con le dottrine di tipo magico-ermetico, che ben si inscrivono nel quadro culturale dell'epoca oltre che nelle affinità del futuro medico inglese, qualche dubbio rimane sull'affermazione di Cafiero, secondo il quale il Baccalaureato e il Dottorato in Medicina conseguiti nel 1605 al Christ Church College di Oxford potrebbero testimoniare «un suo incontro sul Continente con la dottrina dei Rosacroce».[10] Vero è che pochi anni dopo, con esattezza nel 1616, la prima opera mandata alle stampe da Fludd sarà proprio un'appassionata quanto documentata difesa della setta, recante il titolo di *Apologia Compendiaria, Fraternitatem de Rosa Cruce Suspicionis et Infamiae, Maculis Aspersam, abluens et astergens*. Sulla presunta adesione di Fludd, quanto meno ideologica, alle dottrine e ai dettami moralistici del movimento rosicruciano non vi sono comunque indizi sufficienti.[11] Per ora basti dire con Umberto Eco che «non solo non esistono prove storiche dell'esistenza dei Rosa-Croce, ma per definizione non possono esisterne. E al massimo esistono prove storiche evidentissime di gruppi successivi che, in polemica reciproca, si definiscono i soli e veri eredi dei Rosa-Croce originari».[12] Con il ritorno in patria, a partire dal 1605 e fino al 1609, comincia una lunga serie di rapporti tempestosi con il College of Physicians di Londra, che lo includerà come membro effettivo solo al termine di lunghe prove d'esame. Le accuse di incompetenza e scarsa professionalità lo avrebbero del resto accompagnato anche nei successivi trent'anni, tutti interamente trascorsi sul suolo natio, rapito dall'occupazione che maggiormente lo interessava, vale a dire l'esercizio dell'attività di medico e di farmacista. Come Paracelso, che passava gran parte della giornata nel proprio laboratorio in compagnia del fedele Oporino, anche Fludd si dedicò quasi esclusivamente alla preparazione di medicinali ed unguenti,

[9] È singolare a tal proposito annotare l'estraneità di Fludd al pensiero dell'umanesimo critico francese, in particolare a Montaigne e Charron. Per quanto infatti sembra sia stata molto limitata la conoscenza di questi due autori in Inghilterra (cfr. A.M. BOASE, *The Fortune of Montaigne. A History of the «Essays» in France 1580-1669*, London, 1935 e M.H. CARRÉ, *Phases of thought in England*, Oxford, 1949), non è chiaro come egli non vi sia entrato in contatto nel periodo trascorso in Francia.

[10] L. CAFIERO, *Robert Fludd e la polemica con Gassendi*, «Rivista Critica di Storia della Filosofia», XIX, 1964, p. 369.

[11] Tuttavia, studi un po' datati come quelli di J.B. CRAVEN, *Robert Fludd (Robertus de Fluctibus). The English rusicrucian. Life and Writings*, Kirkwall, 1902, e di I. DISRAELI, *The Rosacrucian Fludd*, «Amenities of Literature», vol. II, New York 1841, pp. 324-332, o più recenti, come quello di S. HUTIN, *R. Fludd le Rusicrusien*, Paris, 1971, danno per scontata, già a partire dal titolo, l'adesione di Fludd alla setta.

[12] P. ARNOLD, *Storia dei Rosa-Croce* (1955), prefaz. di Umberto Eco, Milano, Bompiani, 2000, p. 7.

intervallati da qualche esperimento alchemico e dai colloqui con il suo «chimico» di fiducia, Jean Rocher. Con la sua morte, avvenuta nel 1637, si può considerare chiusa quella parentesi storica che la Yates ha definito senza mezzi termini «ermetismo reazionario»,[13] con l'unica eccezione di rilievo rappresentata dal gesuita Atanasius Kircher. La posizione di Fludd in seno al dibattito scientifico del tempo appare, in effetti, alquanto compromessa. Com'è noto, tutte le filosofie ermetiche poggiavano sull'eredità del pensiero espresso nel cosiddetto *Corpus Hermeticum*, attribuito per secoli al leggendario sacerdote egiziano Ermete Trismegisto. Era il solito tema del ritorno al passato che si esprimeva in forme diverse. Il riformatore religioso tornava allo studio del Vangelo e delle Sacre Scritture cercando di recuperare un tesoro andato perduto, come il letterato si rivolgeva ai classici greci e latini. Il filosofo, il mago e il proto-scienziato potevano avvalersi allo stesso modo di un consistente contributo di fonti antiche, in particolare proprio del *Corpus Hermeticum* tradotto da Marsilio Ficino poco prima della morte del suo committente Cosimo de' Medici. Portato nel 1460 dalla Macedonia da uno dei tanti agenti incaricati dal duca per la raccolta di manoscritti, Ermete invase il Cinquecento. L'ermetismo rappresentava innanzitutto l'esaltazione dell'uomo, il dio *Anthropos* umanizzato, il grande miracolo esaltato da Giovanni Pico della Mirandola. Nella prefazione al *Pimander* (come decise di intitolare la traduzione dei XIV trattati estendendo a tutto il *Corpus* il nome del primo), Ficino indicò Trismegisto, il «tre volte grande», come il primo *priscus theologus* di una genealogia che comprendeva nell'ordine Orfeo, Aglaofemo, Pitagora, Filolao, Platone. Anche le compilazioni successive avrebbero rispettato le posizioni dell'elenco ficiniano, aggiungendo talvolta come primo, a pari merito con Ermete, Zoroastro. L'ammirazione rinascimentale per la sapienza e la teologia antica (la *prisca theologia*, appunto) fu però direttamente responsabile di un celebre errore cronologico. Le opere da cui il filosofo e il mago del Cinquecento avevano tratto nuova linfa vitale non si rifacevano, come erroneamente si credette per secoli, ad un'antica fonte di sapienza egiziana, ma appartenevano all'ambiente pagano del cristianesimo primitivo. Scritti probabilmente tra il 100 e il 300 d.C., costituiscono la versione gnostica della filosofia greca, che in luogo della dialettica si era rivolta all'intuizionismo, al misticismo e alla magia. Colui che ebbe il merito di risolvere l'inganno fu Isaac Causobon, che nel 1614 mandò alle stampe i risultati della sua ricerca nel volume *De Rebus Sacris …Exercitationes XVI*. Se è vero che comunemente si ritiene questa data la discriminante fra mondo rinascimentale e mondo moderno, la validità di una conclusione così definitiva appare, come già detto, efficace solo per esigenze manualistiche. Tuttavia la scoperta di Causobon ebbe presto il sapore di una sconfitta per tutti coloro che ancora nei primi anni del Seicento opponevano modelli intuizionistici alla nascente teoria meccanicistica della natura. Fludd, dal canto suo, appar-

[13] F.A. YATES, G*iordano Bruno e la tradizione ermetica* (1964), Roma-Bari, Laterza, 1969, p. 434.

tiene a questa categoria non senza rappresentarne un caso limite, una voce fuori dal coro di chi semplicemente e senza un'adeguata formazione aveva la pretesa di contrastare il progresso scientifico in corso. Per quanto fosse errata la convinzione di riferirsi a un sapere iniziatico appartenente a un'ipotetica età dell'oro, l'ermetismo influì notevolmente sul pensiero di Fludd, debitore nei confronti delle dottrine ermetiche del carattere ottimistico e interventista proprio di quella che Festugière ha definito la gnosi positiva.[14] Secondo lo studioso francese gli *Hermetica* non possono essere stati compilati dal medesimo autore. Una delle prove a sostegno di questa tesi starebbe proprio nel fatto che, a parità di presupposti cosmologici, dai trattati del *Corpus* emergono due linee filosofiche ben distinte. Mentre infatti alcuni sarebbero contrassegnati da un evidente carattere negativo, per cui la materia coincide con il male, in altri prevarrebbe un'istanza ottimistica, secondo i quali la materia sarebbe impregnata di divino e tutte le parti della natura sono buone in quanto parti di Dio. La filosofia ideale dell'uomo-mago, di colui che decide di intervenire nel mondo in quanto parte di esso, trova alimento vitale nei trattati ottimistici individuati nel *Corpus Hermeticum* da Festugière. Nel mondo pieno di vita come di Dio, in cui le parti della natura sono parti di Dio, si possono attirare tramite l'intricata rete di simpatie universali forze arcane e poteri supremi ritenuti come buoni perché discendenti da Dio. In generale si può agire, si può operare e partecipare tramite l'intelletto umano all'intelletto infuso ovunque nel mondo. Il mago sa penetrare in questo complesso sistema di relazioni perché conosce gli anelli della catena di influenze dall'alto verso il basso e ne costituisce una dal basso verso l'alto. In virtù della sfera di potere che gli compete può in un certo senso essere assimilato al medico, al quale si richiede la magia più difficile da realizzare: la guarigione, ovvero il ritorno alla positività originaria sigillo della divinità. Sebbene sia difficile scindere la medicina di Fludd dal complesso unitario della sua scienza globale, il peso che il paracelsismo esercitò su di essa va rilevato soprattutto nell'operatività e nell'istanza interventistica che la contraddistingue. Ermete e Paracelso influirono sulla concezione scientifica del medico inglese secondo forme e modalità differenti, non strettamente riducibili a un piano esclusivamente dottrinale. Dell'ermetismo si è già detto molto. Per quanto riguarda invece l'eredità lasciata dal burrascoso medico di Einsiedeln, non si può fare a meno di ricollegare l'attività protochimica e alchimistica di Fludd alla iatrochimica ed all'uso delle cosiddette medicine metalliche di cui Paracelso si era fatto banditore un secolo prima. Peraltro, dell'opportunità di ricorrere o meno a preparati non-naturali, semplici o composti, non si era smesso di discutere per tutto il Cinquecento.[15] In ambito strettamente medico,

[14] Cfr. A.J. FESTUGIÈRE, *La Révélation d'Hermès Trismégiste*, Paris, Librairie Lecoffre, 1950-1954, 3 voll.

[15] Simbolo per eccellenza delle controversie legate all'uso delle medicine metalliche fu la celebre «battaglia dell'antimonio». Materia prima della cosiddetta «via secca», l'antimonio o stibina era stato oggetto nel corso del Cinquecento di una vera e propria «guerra» tra chi lo consi-

Fludd considerava la dottrina paracelsiana un completamento del precedente paradigma galenico. La sua, tuttavia, non è una posizione originale,[16] per quanto gli risultasse congeniale inserire un compromesso tipicamente elisabettiano – e perfettamente in linea con le posizioni più ufficiali del College of Physicians – nel suo apparato sincretistico. Sulle difficoltà di rigettare il galenismo in assenza di un paradigma sostitutivo, in grado cioè di organizzare prontamente una classificazione dell'osservabile, si aprirebbe però un discorso troppo lungo e complesso. È sufficiente qui ricordare che, nonostante la posizione fluddiana non costituisse una volta tanto una linea scientifica eterodossa, anche il suo approccio al problema dell'eredità galenica risultò essere perfettamente omogeneo all'impostazione dominante del complesso unitario generale. Le due opere che meglio rendono giustizia del tessuto sincretistico che pervade il metodo di Fludd sono senza dubbio la *Philosophia moysaica. In qua sapientia et scientia creatori et creaturarum sacra veraque cristiana (utpote cuius basis sive fundamentum est unicum ille lapis angularis jesus cristus)*, postuma e pubblicata nel 1638, e l'*Utriusque cosmi, maioris scilicet et minoris, metaphisica et tecnica historia, in duos tomos secundu, cosmi differentiam divisa*, che fu mandata alle stampe nel 1617. In esse emerge innanzitutto la divisione del sapere secondo due corrispondenti livelli di filosofia, intesa qui nel senso di una comprensione del reale e dei suoi segreti. La vera filosofia, o filosofia autentica, si caratterizza come una *sofia* di tipo iniziatico, espressa attraverso formule simboliche e riservata ad una ristretta cerchia di adepti, aperta a una comprensione cosmologica chiara ed esaustiva nonostante un linguaggio visibilmente criptico e misterico. Fatta

derava un veleno e chi un rimedio universale e insostituibile. Molti alchimisti gli avevano intitolato opere ragguardevoli, una per tutte il *Carro trionfale dell'Antimonio* di Basilio Valentino, che ne aveva accuratamente illustrato le fasi di lavorazione. Stando alle considerazioni dei sostenitori del minerale (che va distinto dall'antimonio metallico, per intenderci quello denominato Regolo nei testi alchemici), l'azione purificatrice che l'antimonio ha sull'oro si ripeterebbe sull'organismo, liberando il corpo malato dalle impurità e ristabilendo l'originario stato di salute. «Il "tartaro emetico" o tartrato doppio di antimonio e potassio che faceva espellere le impurità col vomito era il "tartaro stibiato" che i detrattori definivano "tartaro stigiato", veicolo di sicuro trapasso oltretomba verso la palude Stigia e che invece i fautori celebravano come "piombo sacro dei saggi", consacrato rimedio da usare con saggezza».

[16] Su questi aspetti ha insistito a lungo Francesca Bertani, in una tesi di laurea dal titolo *Robert Fludd dalla magia alla scienza*, a.a. 2002-03, Università degli Studi di Milano, nella quale è peraltro opportunamente citato (p. 22) A.G. Debus, *The English Paracelsians*, London, Oldbourne, 1965, pp. 175-7 «A definite compromise had been reached in England in regard to this new medicine: the occult aspects of Paracelsian though were rejected while the new remedies were eagerly adopted, provided they proved their worth. […] Chemical therapy had won acceptance in England not by overtuning the Galenic system, but by allying itself to it. […] While on the Continent a physician was often in a position where he could choose only between an almost complete overthrow and an equally complete doninance of the Galenic medicine, in England the physician generally chose to accept the Galenic system with the addition of whatever was found valuable in chemical therapy. It was this solution which found almost immediate acceptance even in the supposedly conservative Royal College of Physicians».

eccezione per le parti che riassumono e spiegano i confusi esperimenti di Fludd, i testi qui citati denotano, per dirla con la Yates, un sentimento reazionario che entra in contrasto non solo con la gran parte della trattatistica scientifica secentesca, ma addirittura con la secretistica rinascimentale, di gran lunga anteriore alle pubblicazioni del medico inglese. In altre parole, benché i riferimenti alla chimica e alla medicina pratica siano molteplici, non si può a ragion veduta parlare di una trasmissibilità delle nozioni contenute, che anzi appaiono destinate all'interpretazione soggettiva e all'analisi qualitativa. Detto questo, alla vera filosofia va invece contrapposta la filosofia pagana, così denominata in riferimento alla dottrina aristotelica, rea di non riuscire a trascendere i limiti di una ragione mondana e superficiale. Se si considera che la critica di un approccio scientifico fortemente basato sulla sensibilità è alla base di molti degli attacchi contro gli aristotelici, almeno in questo caso la critica di Fludd appare tutt'altro che reazionaria. Abbiamo però già detto della difficoltà di scindere nell'economia del suo pensiero la componente sperimentale, fortemente limitata, da quella iniziatica. Alla luce di questa primaria differenziazione fra vera e falsa conoscenza, che lungi dall'essere semplicemente una questione di metodo, serve a Fludd per segnalare la via di comprensione più appropriata all'unità del sapere che egli vuole propugnare, l'assunto di partenza dal quale muove la filosofia vera è l'esistenza di una tradizione primitiva, un nucleo primigenio, una verità assoluta racchiusa nella divinità stessa. Il fatto che esistano tradizioni religiose e correnti esoteriche diverse è spiegabile con la storicità della loro formulazione ancor prima che con i limiti connaturati alle capacità di comprensione da parte dell'uomo. Sulla nozione di limite, tuttavia, si gioca gran parte dell'impostazione fluddiana, che ne riconosce la possibilità di trascenderlo solo, come detto, a un ristretto numero di iniziati. Differentemente da quanto si possa pensare, in special modo se ci richiamiamo al paradigma della segretezza quale è ben stato individuato da Paolo Rossi,[17] non si pone qui solo un problema di trasmissibilità, a maggior ragione se si procede lungo la catena che unisce il maestro con i discepoli, o l'autore del libro e i lettori a cui è indirizzata l'esposizione della dottrina. Vi è infatti anche un residuo che rimanda necessariamente alla concezione di un sapere che non può essere considerato per caratteristiche proprie universalmente comprensibile. Come viene trasmesso e compreso, allora, questo sapere, e su che cosa esso si fonda, in definitiva, è presto detto. Lo strumento per eccellenza della vera filosofia è la scienza cabalistica, rivelata al primo uomo e trasmessa di padre in figlio come un segreto ultimo di comprensione del reale. Attraverso di essa l'uomo, ma noi diremo più opportunamente il vero e autentico scienziato, può risalire fino alle soglie della conoscenza certa e indiscutibile, cioè quel nucleo di cui abbiamo parlato in precedenza. Per Fludd, l'universo è lo specchio della divinità. Nel mondo essa si manifesta riflettendo la natura originaria, che in questo modo annulla il pro-

[17] P. Rossi, *La nascita della scienza moderna in Europa*, Roma-Bari, Laterza, 1997, p. 18.

prio scarto ontologico. In pieno ossequio alla tradizione pitagorica e alla «sapienza italica»,[18] la struttura dell'Universo è organizzata dualisticamente, secondo una scansione che riduce tutte le opposizioni a un'unica opposizione fondamentale: quella fra *Voluntas* e *Noluntas* divine, che tradotta in termini mondani si esprime nella contrarietà di Luce e Tenebre. L'essere costituisce dunque un ciclo che si esplica in tre stadi ben definiti. Il primo è quello della creazione, che riprende esplicitamente il tema cusaniano dell'*explicatio* di ciò che in dio corrispondeva alla *cumplicatio*. Il secondo è dato dall'Universo in atto e comprende l'uomo come soggetto privilegiato della creazione. Il terzo è il compimento del destino finale del mondo e degli uomini. Nel pieno rispetto della disposizione fluddiana, la ciclicità del suo organigramma universale necessita di un ulteriore chiarimento. L'unità antecedente all'*explicatio* è l'archetipo o monade, una sorta cioè di nulla infinito, negatività in cui tutto è identità assoluta. Si badi che in Fludd questa negatività è tutt'altro che immateriale. Egli parla infatti a più riprese di una materia prima, o acqua invisibile, che è da intendersi come una sorta di pura potenzialità, un tutto indistinto nel quale sono contenute le possibilità della creazione. In questo brodo primordiale, la *Voluntas*, in virtù dell'ostacolo *Noluntas*, si rivela dando vita a un processo di creazione dell'universo. L'antiaristotelismo di Fludd si rafforza qui con una totale aderenza al platonismo magico rinascimentale. La creazione infatti non è *a nihilo*, ma dalla materia prima attraverso un processo di tipo emanativo, nel quale però le ragioni sono da individuare in un duplice e opposto principio interno in luogo del demiurgo platonico. Il destino del mondo e degli uomini trova la sua massima espressione nella redenzione di Cristo, che come tale è forse l'aspetto più intrinsecamente eterodosso della dottrina fluddiana. Con Cristo, che muore secondo la carne e rinasce secondo lo spirito, l'uomo ha i mezzi per operare la propria redenzione, che di fatto si realizzerà soltanto alla fine del ciclo cosmico.[19] Tornando all'orizzonte mondano, se la natura dell'universo è quella dello specchio, la sua sostanza è duplice. Questa duplicità è di fatto rappresentata dalla commistione e dalla unione del principio formale e di quello materiale. Nella *Macrocosmi Histo-*

[18] Cfr. P. Casini, *L'antica sapienza italica. Cronistoria di un mito*, Bologna, Il Mulino, 1998.

[19] R. Fludd, *Summum Bonum, Quod est Verum Magiæ, Cabalæ, Alchymiæ Veræ Fratrum Roseæ Crucis verorum Subjectum, In dictarum Scientiarum laudem, & insignis calumniatoris Fratris Marini Mersenni dedecus publicatum, per Joachinvm Frizivm,* Frankfurt, 1629, p. 37: «Christi resurrectionem … nihil aliud sit, nisi perfectissimum signum, quod nos virtute illius verbi incarnati in hac vita possumus regenerari, & à morte mediante eodem spirito vivifico resurgere ad vitam eternam … . Imo vero de cordis mundificatione, de Spiritus rectificatione, de mentis ad Deum sublimatione, de luminis à tenebris emissione, de resurrectione, tam in hac vita, quam in alia, de resuscitatione à somno mortali, & infiniti aliis terminis, ad Chymiam vivam pertinentibus, ubique mentionem faciunt Scripturae sacrae, de corpore corruptibili & incorruptibili, de mutatione à statu terrestri in coelestem … luculenter arguit, quod Christi actiones tam in vita & passione quam in eius resurrectione possunt, per similitudinem minimarum & indignarum creaturarum esprimi, multo magis per divina verae Alchymiae voces ad hominis exaltationem tendentes […]».

ria il simbolo che Fludd utilizza per spiegare in modo schematico questa interazione è quello della doppia piramide. Dalla Luce fino all'abisso, si snoda la scala ontologica di Fludd, debitrice ovviamente della tradizione neoplatonica. Materialità e perfezione degli esseri che costituiscono i gradini di questa scala immaginaria sono inversamente proporzionali. Lo schema che meglio espone l'impianto cosmologico di Fludd è però quello del triangolo inscritto in un cerchio. Fra il triangolo e il cerchio c'è il mondo archetipo, chiamato *coelum trinitatis*. All'interno del triangolo, i tre cerchi concentrici simboleggiano le tre regioni in cui è diviso il macrocosmo: empireo, mondo etereo e mondo elementare. Se al centro giace la terra, fuori vi è invece il regno del nulla. Quale posto dunque assegnare all'uomo? Inserendolo nello schema, abbiamo la definitiva tripartizione: mondo archetipo, macrocosmo e microcosmo. Come trait d'union dei tre mondi che costituiscono la partizione fondamentale dell'Universo, Fludd non si accontenta di ricorrere alla Luce divina e alla sua diminuzione progressiva pian piano che ci si avvicina alla materia. Resta in effetti da chiarire la posizione dell'uomo, che deve comunque poter godere di un «luogo» privilegiato, pur collocato nel mondo inferiore. Il trait d'union non può che essere l'anima, principio vitalistico che consente a Fludd un autentico colpo d'ala che gli permette da un lato di fissare una discendenza diretta fra uomo e divinità, e dall'altro di garantire un vitalismo universale e un principio vitale a regola delle partizioni mondane, attraverso l'introduzione di simpatie e corrispondenze universali sulle quali a sua volta si innesta un procedimento analogico di comprensione del reale e di unificazione del tutto (e per tutto si intendano sfera divina e sfera mondana). La sua formulazione dottrinale è pari all'*opus* dell'alchimista posto di fronte all'atanor. Allo stesso modo dell'iniziato che tenta di trasmutare i metalli nell'oro sapienziale, superando le nature e le sostanze alla ricerca della materia primordiale, Fludd ridisegna e ricombina gli elementi della tradizione nel senso dell'unità radicale della conoscenza e della comprensione.[20] L'applicazione rigorosa di un finalismo universale al metodo scientifico e al suo procedere ha nel rapporto tra Fludd e Harvey l'immagine più eloquente della complessità e delle incoerenze che accompagnarono la lenta e controversa fase di gestazione della scienza moderna. Legati da un rapporto di amicizia maturato dalla comune appartenenza al College of Physicians, entrambi giunsero a formulare una teoria sulla circolazione del sangue.[21] Non senza ricordare della fortuna di cui godette, non è da escludere che le idee mistiche di Fludd abbiano finito con l'influenzare la teoria del ben più noto scienziato. In mancanza di prove storiche, è lecito comunque affermare che l'abilità di Harvey nel trasformare il tema del cuore-

[20] D.G. BURNETT, *The Cosmogonic Experiments of Robert Fludd: a Translation with Introduction and Commentary*, «Ambix», XLVI, 1999, pp. 113-170.

[21] Cfr. H.P. BAYON, *William Gilbert (1544-1603), Robert Fludd (1574-1637) and William Harvey (1578-1657) as Medical Exponents of Baconian Doctrines*, «Proceedings of the Royal Society of Medicine», XXXII, n. 31, 1938, pp. 31-42, e R.J. DURLING, *Some Unrecorded Verses in Praise of Robert Fludd and William Harvey*, «Medical History», VIII, n. 3, 1964, pp. 279-281.

Sole dall'analogia macro-microcosmica a vero e proprio oggetto di ricerca scientifica può aver tratto legittima ispirazione dall'ermetismo rinascente di Fludd e dalla sua impostazione sincretistica.[22] La commistione di indagini mondane e soprannaturali rese famosa la sua descrizione dell'esperienza di combustione di una candela posta sull'acqua e sotto una campana di vetro. Fludd aveva visto che l'acqua saliva nella campana a causa della combustione, ma rapito dai pensieri di una scienza totale non si era preoccupato di giungere a conclusioni fondate su base empirica. Tuttavia l'esperimento ebbe una fortuna notevole negli anni a venire, finendo col costituire una delle parti più interessanti della *Micrographia* di Robert Hooke e alimentando nuove teorie sul calore e sui corpi solforosi. Non è quindi un caso se le sue opere ebbero vasta diffusione suscitando reazioni differenti e generando annose polemiche con i contemporanei. Mersenne, Van Helmont, Gassendi e Keplero si schierarono a lungo contro il misticismo che guidava i suoi scritti, rigettandoli come l'ultimo parto di una tradizione morente. La scienza meccanicista si apprestava a trionfare.

Riassunto – Nella particolare congiuntura che costituì i prodromi della moderna scienza occidentale, Robert Fludd trovò i presupposti per costituire nei primi anni del Seicento l'ultimo estremo tentativo di sintesi fra gli elementi del sapere tradizionale nel senso di un'unità radicale della conoscenza e della comprensione. Definito oggi come il più reazionario dei filosofi ermetici secenteschi, fu forse l'ultimo grande banditore di una scienza universale capace di esaurire in un complesso unitario e organizzato tutto lo scibile umano. Dando vita ad un modello esplicativo di tipo analogico, Fludd riuscì nell'intento di combinare i tre elementi della chimica paracelsiana (sale, zolfo, mercurio) con le quattro nature della tradizione aristotelica e la sapienza di stampo iniziatico delle dottrine religiose. L'origine e il senso del mondo annunciati nei testi sacri non sono dunque in contraddizione con gli sviluppi della chimica, se riconosciamo al Verbo del Creatore la virtù spagirica che rende giustificabile l'osservazione del divenire delle cose. L'utopia di Fludd, derivata probabilmente da un suo incontro con la setta dei Rosacroce, e tacciata dai posteri come manifestazione delle ultime sopravvivenze magiche, fu in verità il simbolo più affascinante delle incoerenze, dei contrasti e dei giochi delle parti che contraddistinsero il ponte fra protoscienza rinascimentale e scienza moderna. Lungi dall'apparire il lamento di una bestia morente, risuonò come un allarme sulle pieghe derivanti dal sapere specialistico in ascesa e come un monito alla disumanizzazione dei fondamenti del conoscere. Il florilegio scientifico che si presenta al lettore è dunque il risultato di una rielaborazione composita e organica di dottrine preesistenti, ma che tuttavia costituisce il superamento delle stesse in una direzione ben chiara all'autore: la denuncia al pericolo imminente della parcellizzazione e laicità della scienza secentesca.

[22] Cfr. W. PAGEL, *Le idee biologiche di Harvey: aspetti scelti e sfondo storico* (1967), Milano, Feltrinelli, 1979, pp. 125-133.

DOMENICO PRIORI*

Le analisi chimiche delle acque termali e minerali del Piceno dal XVI al XIX sec.**

Chemical analyses of the thermal mineral waters of the Piceno Region from the 16th to the 19th century

Summary – The present work deals with the chemical analysis of mineral and thermal waters in the Piceno area. It begins with a summary of the analyses of these water springs reported by different authors in the period from the XVI to the XIX century. Afterwards, it deals with the evolution that the chemical analyses of water has undergone over the years and the way that this evolution is connected with the individual water springs of the region.

Le opere

La prima opera presa in esame è il *De Thermis* di Andrea Bacci.[1] Il testo è importante per comprendere l'evoluzione delle tecniche analitiche e le indicazioni terapeutiche delle acque termali e minerali, ma è anche utile per l'individuazione geografica delle sorgenti conosciute e utilizzate nell'antichità, in Italia e nel mondo. Il *De Thermis* è citato in tutti gli studi sulle acque, almeno fino al XVIII secolo.[2] Della prima edizione, 1571 per i torchi di Valgrisio a Venezia, ne furono tirate molte copie, la seconda edizione sempre presso Valgrisio è del 1588, in questa edizione è aggiunto studio relativo al riscaldamento delle acque sotterranee. Altre edizioni da ricordare sono: Roma 1622 di Giacomo Bastardi e Padova, 1711 del Conzatti. Ecco la traduzione del frontespizio dell'opera: «Delle Terme di Andrea Bacci Elpidiense,

* Istituto Tecnico Industriale «E. Fermi», Ascoli Piceno.

** Relazione presentata al X Convegno Nazionale di «Storia e Fondamenti della Chimica» (Pavia, 22-25 ottobre 2003).

[1] *Andrea Bacci la Figura e l'opera*, Comitato per le celebrazioni del quarto centenario della morte di Andrea Bacci, Sant'Elpidio a Mare, Andrea Livi Editore, 2003.

[2] Su Bacci si veda anche M. Crespi, *Andrea Bacci*, in *Dizionario Biografico degli Italiani*, vol. V, 1963 pp. 29-30.

Medico e Filosofo, Cittadino Romano. In sette libri. Opera ricchissima necessaria non solo ai medici ma utilissima anche agli studiosi dei vari aspetti della natura. Nella quale si tratta della natura generale delle acque, di tutte le differenze di esse in commistioni con le terre, il calore, i metalli. Dei laghi, delle fonti e dei fiumi. Dei bagni di tutto il mondo e del metodo di curarsi con i bagni. Ed ancora dell'uso esemplare dei lavacri e degli esercizi termali dei Romani. Rivisto e approvato dai deputati della S. Inquisizione. Il contenuto dei singoli libri è indicato nella pagina seguente».[3] È impossibile in questa sede rendere conto del lavoro del Bacci, che nelle quasi 500 pagine, riporta notizie su 325 acque, 142 fiumi, 34 laghi e 43 mari. È mia intenzione studiare con più acribia e tempo, l'opera e la storia di Andrea Bacci.

Ho quindi preso in esame il *De Aqua Minerali Salmacina Tractatus* di Francesco Maria Vannozzi, trattato in lingua latina del 1642 edito a Roma, per i tipi dello stampatore Mascardi, che tratta dell'acqua di Castel Trosino, chiamata Salmacina.

Utili informazioni sono state trovate nelle *Historiae Asculanae*[4] di Sebastiano Andreantonelli, opera del 1673 di carattere storico.

Altro studio importante edito in Ascoli Piceno nel 1751 ha per titolo *Le virtù medicinali della salutevole Acqua Termale di Ascoli nel Piceno detta comunemente L'ACQUA SANTA dissertazione fisico=medica*. L'Autore è Nicolò Antonio Cattani medico condotto di Ascoli, formato alla celebre scuola medica di Preci[5] e laureato in Filosofia e Medicina a Salerno, nel 1728.

L'opera dell'abate Giuseppe Colucci, *Delle Antichità Picene*,[6] non tratta in modo particolare delle acque, ma raccoglie una quantità enorme di notizie sul Piceno. I 32 volumi, sono stati editi per la prima volta nel 1786, a Fermo (AP); recentemente è stata ripubblicata in edizione anastatica[7] con l'aggiunta di 20 volumi di inediti del Colucci.

Un'opera interessante, edita nel 1797, e finora non studiata è il saggio: *Analisi Dell'acqua di Fontemare esistente nel territorio di Santelpidio*.[8] L'autore è Giuseppe Colizzi Professore di Matematica e Filosofia nell'Università di Macerata.

[3] DE THERMIS / Andreae Bacci / Elpidiani / Medici, atque Philosophi, civis Romani, / Libri Septem / Opus locupletissimus / non solum Medicis necessarium, verumetiam, / studiosis varium rerum Naturae perutile / In quo agitur de universa aquarum natura, / Deq. Differentiis omnibus, ac mistonibus cum Terris, cum Jgnibus, cum / metallis / De Lacubus, Fontibus, Fluminibus / DE BALNEIS TOTIUS ORBIS / & de Metodo medendi per Balneas / Deque lavationum, simul atque / Exercitationum institutis in admirandis Thermis Romanorum. / Revisumm, & approbatum à deputatis S. Iinquisitionis. / Quae in singulis libris tractentur, versa pagina indicabit. / Cum privilegiis / VENETIIS, MDLXXI / apud Vincentium Valgrisium.

[4] SEBASTIANO ANDREANTONELLI, *Historiae Asculanae. Patavini, Typis Matthaei de Cadorinis, Suprem. Perm. MDCLXXIII*. Ristampa anastatica, Bologna, Libreria Editrice Forni, 1968.

[5] Per uno studio approfondito sulla scuola medica di Preci rimandiamo a ANSANO FABBI, *La scuola chirurgica di Preci*, Preci (Perugia), editore Panetto e Petrelli, 1974.

[6] Il frontespizio: *Delle Antichità Picene dell'Abate Giuseppe Colucci Patrizio Camerinese Fermi Dai torchi dell'Autore per Giuseppe Agostino Paccaroni M. DCC. LXXX. VI Con licenza dei Superiori.*

[7] Ristampa Anastatica a cura del Gruppo Editoriale Maroni, Ripatransone, 1988.

[8] GIUSEPPE COLIZZI, *Analisi Dell'acqua di Fontemare esistente nel territorio di Santelpidio ese-*

Altra opera non conosciuta, agli studiosi, è il *Saggio Analitico del Bagno Termo Idrosolforato con sali dell'Acqua Santa*, del 1805. L'Autore è Gregorio Mucci Pubblico professore di Chimica nell'Università di Ascoli che dedica il suo lavoro «A Sua Eccellenza il Signor Marchese Orazio Cavaliere Delfico Pubblico Professore Di Chimica nell'Università d'Ascoli». Due chimici dell'Università di Ascoli. L'aspetto strano o, quantomeno curioso, è la velocità con cui è stato scritto questo opuscolo poiché in Ascoli l'Università è esistita solo sulla carta, così almeno sembrava, dal 1804 al 1805.[9]

Il farmacista Antonio Egidj, nel 1826, dà alle stampe una: *Memoria intorno a varie sorgenti di Acque solfuree e di quelle saline di II ordine che abbiamo nelle vicinanze dell'antichissima città di Ascoli nelle ultime delle quali esiste lo Jodio combinato*.[10] L'Egidj è particolarmente entusiasta di aver rivelato la presenza dello jodio, che chiama «nuovo Farmaco», nelle acque saline. Ricorda i suoi tentativi per ottenerlo dalle alghe marine, che non ebbero successo perché non conosceva il metodo «per sbarazzarsi delle ceneri» del prof. Melandri dell'Università di Padova. Cita i chimici piemontesi Angelini e Cantù che per primi in Italia hanno rivelato lo jodio nelle acque minerali.[11] Alcune righe, tratte da una nota, evidenziano bene le sue conoscenze scientifiche. «…tutti i fisici convengono che le sostanze sulfuree scompongono l'aria atmosferica, assorbono l'ossigeno e sviluppano il calorico (…) dall'aumento del gas azoto debbe ripetersi pur anche la facile guarigione delle ulceri in generale, e la calma che vi trovano gli asmatici come vien provato dal Sig. dottor Schenk medico nelle terme di Baden in Austria. Per trarre su di ciò un plausibile argomento non avendo io l'eudiometro del Sig. Volta, onde esaminare l'aria interna al bagno, dirò che la gran quantità di conserva, che vi vegeta, e la renella che vi si rinviene nel vallato mista di solfo, e di terre denotano la presenza di un principio

guita da Giuseppe Colizzi C.R.B. Professore di Matematica e Filosofia nell'Università di Macerata. Dai Torchi di Bartolomeo Capitani MDCCXCVII. Con approvazione.

[9] La città di Ascoli il 10 settembre del 1802 ottiene il Breve Pontificio per l'istituzione dell'Università e il 9 giugno 1804 giurano i professori prescelti. Nel novembre del 1805 le leggi napoleoniche bloccarono tutto. Vedi EMILIO LUZI, *L'università degli Studi di Ascoli Piceno*, «Nuova Rivista Misena», Jesi, Tipografia Nicola Pierdicchi, 1891. Viene riportata anche la Bolla dal titolo: 1804 Erectio Universitatis in hac Civitate Asculana. Cfr. GIUSEPPE CASTELLI, *L'istruzione nella provincia di Ascoli Piceno dai tempi più antichi ai nostri giorni*, Ascoli Piceno, Luigi Cardi Editore, 1899.

[10] ANTONIO EGIDJ, *Memoria intorno a varie sorgenti di Acque solfuree e di quelle saline di II ordine che abbiamo nelle vicinanze dell'antichissima città di Ascoli nelle ultime delle quali esiste lo Jodio combinato rinvenuto in esse dal farmacista Antonio Egidj. Coi tipi Cardiani Ascoli MDCCCXXVI.*

[11] «Li Signori Angelini e Cantù Chimici Piemontesi si occuparono intorno allo iodio con felice successo, al primo de' quali fu aggiudicato da alcuni Professori della facoltà delle scienze fisiche e matematiche dell'I.R. Università di Pavia un premio proposto dal Sig. Con. Paoli per aver per primo annunziato con una di lui memoria, l'esistenza di esso nelle acque minerali, e particolarmente combinato all'ammoniaca nell'acqua minerale di Salice. (…) Dopo di lui il prelodato professore Cantù lo rinvenne nello stato parimenti d'idroiodato senza indicare la base nell'acqua solfureo-salina di Castelnuovo di Asti (Atti della R. Accademia di Torino nel tom. XXIX)».

animalizzante ossia neogene del Sig. Gibernat. Viene sempre più convalidata la mia congettura dalle molteplici osservazioni del Sig Bory de Saint Vincent che ci sono delle piante che costituiscono il legame dei due Regni organici, e invece di gemme o semi producono animaletti».[12]

Il medico bolognese Giovanni Montanari nel 1835 pubblica[13] un *Rapporto De' Primi Lavori Analitici Sulle Acque Minerali Scoperte Nelle Vicinanze Della Città Di Offida*. L'opera, ignota agli studiosi, è interessante perché segnala, per la prima volta, due sorgenti che liberano gas infiammabili e una di esse «in certe variazioni atmosferiche butta fiamme». Il fenomeno era noto per le ricerche di Alessandro Volta[14] che il Montanari ignora, come ignora l'esistenza del metano[15] infatti afferma «senza tema di errare dirò esser questo Gas idrogeno, o flogogeno».

Le *Terme Acquasantane illustrate da Baldassarre Corsini*,[16] edita nel 1851, è l'opera che emerge per completezza e autorità; di particolare interesse chimico analitico sono i capitoli IV, V e VI scritti da Gaetano Sgarzi che l'Autore[17] presenta come «chimico Analista … lettore di chimica farmaceutica nella Pontificia Università di Bologna, già abbastanza noto alla repubblica letteraria pe' i suoi lavori analitici sulle Terme Porrettane ed altre sorgenti della Romagna».[18]

Ultima opera consultata è la relazione[19] del 1887 dell'Ingegnere Comunale Giuseppe Sabatini sulla nuova condotta di acqua potabile della città di Ascoli Piceno.

Le sorgenti

Mozzano

Andrea Bacci, nel XVI secolo, segnala in località Mozzano: «salsae item Aquae in Piceno aliquae sunt: una in agro Asculano ad Mozanum pagum»;[20]

Lo storico Andreantonelli, scrivendo di queste acque nel XVII secolo, dice che: «ad Mutianum namque oppidulum, lucus est tertio ab urbe lapide, occi-

[12] A. Egidj, *op. cit.*, p. 24, nota 1.

[13] Giovanni Montanari, *Rapporto De' Primi Lavori Analitici Sulle Acque Minerali Scoperte Nelle Vicinanze Della Città 'Di Offida Compilato Dal Dottor Giovanni Montanari Bolognese Medico Primario Di Detta Città'*, Ripatransone, Presso Giacomo Jaffei Tipografo Vescovile, 1835.

[14] A. Volta, *Lettere del signor don Alessandro Volta sull'aria infiammabile delle Paludi*, Milano, 1777.

[15] La cui formula fu data nel 1805 da Thomas Henry.

[16] Roma, Tipografia Puccineli alla Chiesa Nuova, 1851.

[17] Dal frontespizio riportiamo i titoli di Baldassarre Corsini: Dottore, in medicina e chirurgia, direttore delle Terme suddette, chirurgo primario e Professore approvato in chirurgia nella Città di Ascoli chirurgo del fisco delle carceri e socio di varie accademie

[18] Accademia delle Scienze dell'Istituto di Bologna, Annali di Scienze Naturali, anno I, fascicolo 1, 1838.

[19] Giuseppe Sabatini, *Relazione sul progetto della nuova condotta di acqua potabile compilata dall'Ing. Comunale Giuseppe Sabatini*. 18. 3. Ascoli Piceno, Tipografia Cesari, 1887.

[20] Bacci, *De Termis*, lib. 5, cap. 4.

dentme versus, ubi saxum iacet, imo loco, prope Truentum, ex quo aqua effluit guttatim, ex qua conocta, salem conficiunt incolae, nive candidorem».[21]

Francesco Maria Vannozzi, nel 1642, riporta in breve: «Occasium versus aestiuum quatuor milliaria passuum ab Urbe, ad sinistram Truenti ripam e radice montis, incuius dorso Mutiani, seu Mossani Castrum attollitur, quaedam aqua salsa scaturit, quae in candidissimum salem excoquitur».[22]

Anche il Cattani, nel XVIII secolo, né scrive: «…avvi nella Villa di Mozzano (Mutianum detto dagli antichi, quattro miglia lontano da questa Città a Ponente) un'Acqua salsa che tutte le salubri qualità di somiglianti Acque salmastre partecipa…la quale somministra qui in abbondanza un sal neutro comune bianchissimo».[23]

Il Colucci sul Castello di Mozzano scrive: «In distanza di circa quattro miglia dalla città, alla sponda sinistra del fiume Tronto sorge questo Castello detto Mozzano sul dorso di un monte, nelle cui radici scaturiscono acque salate di tal genere, e in tanta copia, che vi si è innalzata dalla Reverenda Camera Apostolica una fabbrica di sale, che riesce perfetto e candidissimo…».[24] In un altro tomo: «…alla spiaggia del fiume fra duri sassi in vari sorgenti scaturiscono ruscelli di acqua salata, le quali a forza di vivo fuoco si cangiano in bianco sale ad uso non men del paese, e della vicina Città di Ascoli, che delle genti straniere (…). Avendo la Reverenda camera Apostolica intrapresa a proprio carico la officina del Sale, come tuttora continua, moltissime famiglie che con essa industriatesi ne sloggiarono, e questo contribuì moltissimo perché appoco appoco si spopolasse».[25]

Nella sua *Memoria*[26] l'Egidj, tre quarti di secolo dopo, dedica il V Capitolo alla: *Prima sorgente di acqua salina di second'ordine del Comune di Mozzano, nella quale esiste l'iodio combinato colla calce nello stato di idroiodato e misto coll'idroclorato di detta base*. L'Autore ci aggiorna sulla storia della salina: «Fin da tempi immemorabili esiste tale stabilimento per l'addietro di proprietà del Comune e quindi passò al dominio della R.C.A., la quale prima del 1799 faceva somministrare mensilmente libbre tre di sale ad ogni persona del luogo. Durante il Governo Italico fu la salina chiusa, e poscia riattivata nel 1816, e finalmente abbandonata per altra siata per vedute economiche». Successivamente l'Autore riferisce sulle analisi fisiche: «…colore è biancastro, ed è un poco opaca; il sapore salato amarognolo attesi gli altri sali estranei, fredda al tatto. La gravità specifica misurata coll'areometro di Baumè è di 18 nella State ora più, ed ora meno secondo l'acqua dolce, che vi s'introduce, e le stagioni piovose od asciutte. Allorché la Salina era in attività dava ogni mese libbre 24000 di sale[27] oltre il dieci percento dei sali che si separa-

21 ANDREANTONELLI, *Historiae asculanae* cit., p. 15.
22 VANNOZZI, *De Aqua Minerali* cit., cap. III, p. 25.
23 CATTANI, *Le virtù Medicinali* cit., p. 75.
24 COLUCCI, cit., t. XIIII, p. 226.
25 *Ivi*, t. XXI, p. 66.
26 EGIDJ, *op. cit.*
27 Circa 8000 chilograrnmi di sale.

vano nel magazzino per essere in contatto dell'aria deliquescenti». Infine il Saggio Chimico che «…non diede segno né di acidità né di alcalinità» determina che da «libbre 12 della stess'acqua minerale si separò del cloruro di sodio in peso asciutto di lib. 2…». Illustra, poi, la metodica e i risultati di altri saggi, dopo di che riporta i risultati per lui più interessanti: la scoperta dello iodio. «Unita alla soluzione di amido e poche gocce di acido solforico sviluppò del gas idroclorico, precipitando del solfato di calce con alcune macchie color turchino (…) Coll'amido ed acido nitrico tramandò l'odore del Cloro rimanendo il liquido d'un bel blò, e quindi depose delle laminette di ioduro di amido. Dolo pochi minuti l'edotto si cangiò in color giallo carico, stante la reazione del Cloro nascente». Termina con il rammarico che: «Dopo un anno di continue osservazioni, e mentre l'iodio abbondava più che mai in tute le nostre acque saline, le frequenti piogge di quattro mesi mi impedirono di fissare le proporzioni di esse». L'Egidj annota che al momento il pozzo è stato murato «per ordine dell'Amministrazione».

Offida

Unicamente il lavoro del Dottor Giovanni Montanari riporta le analisi fatte su acque minerali scoperte nelle vicinanze della città di Offida. La prima sorgente è detta dell'acqua rossa o del Beato Bernardo e in base alle notizie orali e ai ruderi l'Autore pensa che il suo uso risalga al cinquecento. Dal paragrafo *Reagenti impiegati sull'acqua in discorso alla Sorgente, o sulla stessa acqua all'evaporazione*, citiamo solo alcune prove. Il Montanari prende «…libbre quattordici acqua marziale» e dopo qualche giomo «…riscontrò un precipitato color mattone, mediante filtro si separò ed asciutto si tentò colla calamita, e non fu attratto dalla medesima; questo precipitato si unì a polvere di carbone, e in un cruciolo si tormentò al fuoco; divenne di rosso più vivo, ed in gran parte attraibile dalla calamita». Concentra poi il precipitato e: «prima di prosciugarsi, si ritentò colla carta tinta col succo dei pettali di viole, le quali cambiossi in verde più intenso, qual cambiamento mi comprovò l'esistenza di un alcali».

La sorgente successiva, è di Acqua Salata contenete Jodio, «…discendendo nel fosso detto Volubro,[28] trovasi un cratere naturalmente formatosi, o più probabilmente costruito dagli abitanti circonvicini, giacché questi vi vanno giornalmente ad attingervi acqua. Questo cratere nella sua sommità è largo circa due metri, e mezzo, ed altrettanto lungo; va un poco restringendosi, ed è profondo circa un metro, ed ottanta, dal piano del terreno circostante. (…) Questo cratere per la metà è pieno di acqua alquanto chiara, non essendolo totalmente per la continua ebollizione, che osservasi nel suo centro, spandendo quantità di bolle, o gallozze; il diametro della centrale ebollizione è di circa due centimetri. La temperatura dell'acqua è di gradi quattro, quando nell'atmosfera era di gradi sei, il peso suo specifico confrontabile

[28] Volubro o Volubile è un fosso nel Comune di Appignano del Tronto.

coll'acqua distillata …». L'analisi del suolo circostante rivela: «… punti lucidi metallici, attraibili in parte dalla calamita». Passa poi alla «ricerca dei caratteri fisico-chimici del fluido elastico, che alligna, e non mineralizza l'acqua in discorso. (…) Il Gas che continuamente si sviluppa, mercè una continua ebollizione nel centro del cratere, che si disse, nel breve spazio di un quarto d'ora somministrò sessantaquattro pollici cubici di Gas (…) Alle bolle o gallozze, che continuamente partono dal centro dell'ebollizione appressandosi un lume si accendono; immerso nell'acqua un terso pezzo di argento, non perde la sua lucentezza, e tanto meno si oscurò; premunite le vessiche di un tubo capillare di latta, e appessato al lume il Gas s'infiamma senza alcuna esplosione sensibile, brucia con fiamma bianca non accompagnata da fumo foliginoso, non emanando né esalazione di ova semicovate, né di pesce fracido, né annerì la bianca superficie di una tazza di porcellana che si faceva toccare alla fiamma; facendone gorgogliare nell'acqua saponata s'innalzarono palloncini per aria, immerse in questo Gas strisce di acetito di piombo non si annerirono, tantomeno cambiarono colore alle striscie di carta colorata col succo dei pettali di viole. (…) le esperienze instituite sul medesimo escludono di esser Gas idrogeno solforato, idrogeno carbonato, idrogeno fosforato, idrogeno nitrogenato, ma essere puramente quel fluido elastico aeriforme, che ha meritata l'attenzione dei moderni, e che ha avuto l'onore di diventare il soggetto delle specolazione, e dei calcoli dei primi Fisici, e Mattematici della nostra età. Senza tema di errare dirò esser questo Gas idrogeno, o flogogeno…». Per la ricerca dello iodio fa evaporare una libra di acqua e separa tutto il sale con ripetute cristallizzazioni e nelle acque madri con amido stemperato in acqua e acido solforico ottenne una colorazione azzurra di «joduro d'Amido».

L'autore accenna che in una proprieta[29] del professore Vincenzo Vallorani «trovasi un lago il quale è in continuo movimento buttando materie limacciose ed oscure per cui non si può percorrerli in tutti i punti, il quale Lago in certe variazioni atmosferiche butta fiamme». Anche in questo caso invoca la presenza di idrogeno.

Porto Sant'Epidio

Soltanto Giuseppe Colizzi scrive dell'acqua che sgorga in località Fontemare. L'Autore prudentemente dichiara: «L'analisi delle acque è oggidì meritatamente riguardata come la più difficile operazione che presenti la Chimica a coloro che la professano (…) Che poi se l'acqua d'analizzare sia di quelle, che sono prive di carattere sensibilmente esternato? cresce allora nello stesso rapporto la difficoltà di praticare siffatta operazione (…) A questa specie d'acque appartiene quella che ho intrapreso ad analizzare».[30] L'autore ci informa sulle caratteristiche fisiche dell'acqua: «Priva affatto di odore fetido e nauseante, e delle proprietà d'ingiallire una

[29] Nel comune di Offida.
[30] COLIZZI, *op. cit.*

lamina d'argento che vi si tenga immersa, ella vuol essere esclusa dal ruolo dell'epatiche: spoglia d'odore penetrante, e sottile, e di ogni gusto leggermente acido, ella non dev'essere ammessa tra quelle, nelle quali sovrabbonda il gas acido carbonico…». Determina la densità e distingue due metodi: «La gravità specifica di un'acqua o si vuole conoscere a rigore di calcolo, o soltanto a un dipresso. In quest'ultimo caso è sufficiente l'aereometro comune, nel primo ricercasi il metodo che ci viene proposto dall'Idrostatica. Provvedutomi pertanto dell'aereometro di Beaumè, e approfondatolo, ho trovato che vi si immerge oltre il limite fissato all'acqua distillata: …» Rileva la temperatura dell'aria e dell'acqua: «Per mezzo di due termometri a mercurio …in diverse ore del giorno la temperatura della minerale, non mi fu dato di scorgere in loro diversità sensibili». Successivamente passa a calcolare il tempo che impiega l'acqua a bollire. «La proprietà di riscaldarsi con somma prontezza è un privileggio particolare dell'acque epatiche. La nostra, assoggettata a un fuoco moderatissimo entro in ebollizione due buoni minuti più tardi di quello vi entrasse un egual volume di acqua distillata…che si era esposta allo stesso grado di calore. Nonostante questa maggiore lentezza di entrare in ebollizione, non ho scorto varietà calcolabili, di fatti la colonna del mercurio non oltrepassò l'ottantesimo grado (Reaumur)». Riporta che: «Il sapone comune, e quello di Venezia non si sciolgono è vero con la maggiore possibile prontezza nell'acqua di Fontemare; ma d'essa ha un vantaggio che compensa di gran lunga questo piccolo difetto; ed è di comunicare il più bel bianco alle tele grezze e crude, e di nettare prontamente i panni lini dalle loro sozzure». Per spiegare questo potere sbiancante scarta le ipotesi di Bergman e Fourcroy che lo attribuiscono alla presenza della calce, e scarta anche quella del sig. Giobert che invoca «un sovraccumulo di ossigeno», per il Colizzi ciò è dovuto alla «azione riunita del muriato magnesiaco e del carbonato calcare». L'analisi chimica inizia con la ricerca degli acidi contenuti nell'acqua di Fontemare e trova «l'esistenza de' soli acidi muriatico, e carbonico nell'acqua di Fontemare». Tralascio gli altri saggi chimici e riporto un passo, che ci permette di conoscere quali sono i testi di riferimento del Colizzi, dall'*Esame degli Alkali*: «In proporzione che si vanno moltiplicando le analisi delle acque minerali, si vede confermata questa doppia opinione de' moderni, che non v'abbia in loro alkali libero, ed essere minerale quello che comunemente vi si incontra combinato. Basta dare una occhiata alle più illustri, pubblicate in questi ultimi tempi dai Signori Fourcroy, Giobert, Brugnatelli, Mandruzzati, Moscheni, Lorgna, Bicchieraj per convenir meco su questo punto».

Castel Trosino

Andrea Bacci descrive, nel XVI secolo, l'acqua di Castel Trosino con queste parole: «profondamente biondastra, alquanto aspra di gusto e di media salinità».[31]

[31] BACCI, *op. cit.*, lib. 5, cap. 5 «…Subflavam esse in profundo, asperiusculam gustui, medio criter salitam…».

Interamente dedicato all'acqua di Castel Trosino chiamata Acqua Salmacina è il *De Aqua Minerali* di Francesco Maria Vannozzi, del 1642. Lo studio dell'opera è stato affrontato in un'altra occasione[32] è sufficiente qui riportare le conclusioni dell'Autore: «Parlando con le parole altisonanti dei chimici, a proposito dell'Acqua Salmacina, senza arrossire, la direi Acqua Vitale, dotata di anima solare e divina, la più potente in natura, tesoro della vita umana, balsamo radicale e mirabile guaritrice, conservatrice del fiore della gioventù, ritardataria della prospera vecchiaia e vendicatrice di tutte le sordide impurità del corpo umano. Quest'Acqua ha in se tutte le proprietà dello zolfo».[33]

Il linguaggio del Cattani, dopo circa un secolo, è diverso. Quest'acqua ha «…somma analogia e una perfetta somiglianza colla salubre Acqua Santa…». E in poche righe, riporta le notizie che ricava dal *De Aqua* del Vannozzi, opera che mostra conoscere molto bene, e di cui cita la teoria, Salmacina da solo-macina. Descrive l'acqua Salmacina: «Questa esaminata da me nelle testé accennate polle, la rinvenni (per 1°) al gusto non già acido-salsa, come esser dovrebbe, se vera fosse l'etimologia, che il celebre Bacci (a) deriva del suo nome dal *Latino Salmacida* (b); ma più tosto insipida e al più dotata di un leggierissimo sapore sulfureo: (per 2°) all'odorato mi si fè sentire del medesimo odorettucciaccio di Uova fracide sulfureo, che nella sopra descritta *Acqua Santa* si osservava; e che parecchi passi lontano dalle mentovate polle, o sorgenti, si spande e pronostica, a guisa di esatto Barometro la mutazione del tempo, anche per ventiquattro ore prima: conciòsia che quando, essendo per anche l'aria serena, il menzionato fetore sulfureo più da lungi e più intenso si sente, sogliono poco dopo comparire le nuvole, quindi la pioggia, e la tempesta. Quando poi, essendo ancora l'aria nuvolosa, si diminuisce e quasi insensibile si rende il detto fetore, non molto dopo si rasserena il Cielo, e 'l bel tempo ritorna».[34] Spiega questa relazione fetore previsione meteorologiche con i venti che spirano nella zona. Il Cattani dice che quando spirano l'Ostro, il Libeccio o lo Scirocco (cioè venti che portano la pioggia) «s'abbassano di molto i vapori nell'infima regione dell'aria, la cui colonna allora meno alta si rende e si ritiene nella nostra atmosfera, che di continuo dalla nostr'Acqua Salmacina svapora e nell'aria

[32] Cristoforo Albertini, Domenico Priori, Emidio Santoni, *De Aqua Minerali di Francesco Maria Vannozi*, in Ferdinando Abbri e Marco Ciardi (a cura di), *Atti dell'VIII Convegno Nazionale di Storia e Fondamenti della Chimica*, (Arezzo 28-30 ottobre 1999), Roma, Accademia Nazionale delle Scienze detta dei XL, 1999, pp. 69-77.

[33] «Si Chimistae personam induere hìc vellem, et specioso Chimicorum loquendi genere, ac more de Salmacina disserere, eam appellare, non erubescerem, Aquam vitalem, animà praeditam, solarem, Divinam, in Natura potentissimam, humanae vitae Thesaurum, Balsami radicalis mirificè reparatricem, iuventutis floris conservatricem, prepropere senectutis retardatricem, humani corporis ab omni tartareà, sordidaque impuritate vindicatricem; quae omnia conceptae Chimistarum de sulphure opinioni innituntur». *De Aqua Minerali* cit., cap. VII, p. 54.

[34] Cattani, *Altra Giunta Dell'Acqua, detta volgarmente SALMACINA di Castel Tresino, nel Territorio della suddetta Città di Ascoli*, in Id., *op. cit.*

s'innalza…» al contrario quando spirano Tramontana o Greco. Per la valutazione della temperatura, stranamente, non ricorre al termometro «Al tatto per altro non già calda come lo è l'Acqua Santa, ma fredda l'Acqua Salmacina apparisce; colla proprietà di più, comune secondo Ippocrate, a tutte le Acque salubri, di esser ella fredda (per rapporto al nostro sensorio) l'Estate, e calda all'incontro l'Inverno. Ciocché dee spiegarsi, colla scorta della buona Filosofia sperimentale»,[35] Nell'analisi del sedimento: «…punto di zolfo non apparisce; tutta volta n'è ella, l'Acqua Salmacina, mediocremente imbevuta: come, oltre al sopra riferito odore sulfureo, il tingere, che essa fa l'argento, di color fosco, allorché per qualche tempo vi si fa stare immerso, ce ne fa chiara testimonianza. Questa appunto è la proprietà del Zolfo (…) Succede alla nostra Acqua quello che osservasi in altre simili; cioè che fuori delle sue polle, e trasportata altrove, perde non guari di tempo dopo, il suo sapore, e l'odore sulfureo». Il Cattani poi affronta l'aspetto terapeutico e consiglia l'Acqua Salmacina per «uso interno» per la cura di diverse malattie.

Dell'acqua di Castel Trosino scrive anche il Colucci: «Scaturiscono in quel luogo di questa ripetuta sovente Rocca varj fonti d'acqua preziose per bere; come pure non lungi dal Castello verso la porta Occidentale veggonsi varie sorgenti d'acqua salmastra scaturire, che in tempo d'estate lo rende Verde».[36]

Più accurata è l'analisi fatta da Antonio Egidj: «È limpida, senza colore, il sapore poco amaro e non disgustoso, l'odore leggermente fetido d'uova putride, ma nell'inverno stante il freddo dei corpi circostanti si rende più sensibile il gas idrosolforico mineralizzante; il peso non molto maggiore dell'acqua distillata (…) la temperatura nella stagione estiva non oltrepassa li gradi 15 essendo quella dell'atmosfera a gradi 25» chiaramente in gradi Reaumur. L'analisi chimica procede dal saggio con alcea purpurea, che rivela che l'acqua non è acida. Il saggio con sopraacetato di piombo è negativo. Come parimenti negativo è il saggio con alcool purissimo che «non ebbe cambiamento di colore ne deposito di zolfo». Unica prova quantitativa fatta da Egidj è l'evaporazione di 200 libbre di acqua da cui ottenne «un'edotto salino del peso asciutto di un'oncia». I componenti dell'acqua di Castel Trosino trovati dal farmacista Antonio Egidj sono: Gas idrosoforico, gas acido carbonico, silice, carbonato di calce, solfato di calce, carbonato di magnesia, ossido di ferro, idroclorato di magnesia, solfato di soda, solfato di magnesia.

Acquasanta, Santa Maria, Falciano

La zona era conosciuto in epoca romana con il toponimo «Vicus ad Aquas». Intorno all'anno 1000 assume il nome «Aquis» e in documenti farfensi del 1039 compare: «… et molina de Aqua puza».[37] Rovine di un bagno romano erano visi-

[35] CATTANI, *op. cit.*, p. 70.

[36] COLUCCI, *op. cit.*, tomo XXI, p. 46.

[37] V. BALZANI (a cura di), *Il Chronicon farfense di Gregorio di Catino*, Roma, 1903, vol. II, pp. 110-111.

bili, ancora alla fine del XVIII secolo, in località S. Maria: «Presso a questa villa si veggono ancora i vestigi d'un bagno d'acqua termale, ora deviato affatto, non si sa per quale ragione, e si vede scaturire alle sponde del fiume Tronto, senza poterne fare alcun uso. Il comodo dei bagni di Acquasanta fan trascurare di ripristinare ancor questi, solite cattive conseguenze dell'abbondanza».[38]

Il Colucci[39] riporta anche un'altra sorgente non citata da altri a Falciano: «Da quel che ho potuto raccogliere dall'informe relazione che me ne fu data giudico, che ivi potessero esser delle Terme o private o pubbliche, e ciò me lo fa sospettare l'aver letto in una relazione, che dalle muraglie, le quali componevano una tal fabbrica, scaturiva un certo liquor nero, di cui anche al presente si vedono le croste impresse nelle muraglie: Che mai era questo liquor, se non se l'acqua? Che erano le sue croste attaccate alle muraglie, se non il tartaro depositatovi dalle acque stesse, ora annerito dalla lunghezza del tempo, o dall'aria?»[40]

Poche righe nel *De Aqua* del Vannozzi: «…occasium decem milliaria pasuum ab Urbe, Balneum tibi occurret suphureum, Acquasanta nuncupatum; apud recentiores scriptores de Thermis celebre…».[41]

Per gli anni *1751-1851* mi permetto di rimandare ad un lavoro precedente,[42] che viene completato dal ritrovamento dell'opuscolo di Gregorio Mucci, del 1805. L'opera del Mucci è rivolta ai: «…Giovani Studiosi destinati alle indagini della Natura…» ed è stata scritta da un medico «…tra gli imbarazzi della professione in pochi giorni». E si vede. Il breve saggio è molto dispersivo e distante dagli studi chimico analitici coevi. Una nota positiva è l'adesione al «…nuovo ragionato, ed esprimente fisico-chimico linguaggio». L'autore trova in questa acqua «… il gas idrogeno solforato, ed il Carbonato, il primo de' quali trovasi nello stato passivo, ed è perciò che mineralizza l'acqua in questione, e la fa entrare nella classe delle acque epatiche, cioè idrogeno-Solforate; locché resta maggiormente sanzionato, e dall'analisi, e dalla sintesi…». Non esegue alcun saggio chimico particolare, e si affida: «a de' segni i più costanti e meno equivoci, come il fetido odore, dalla proprietà di colorire in nero il mercurio, l'argento: che a meraviglia gli levano lo zolfo, e dall'azione che presta sugli ossidi metallici, e segnatamente su quei di bismuto (…) mentreché l'ultimo cioè il gas idrogeno carbonato, si fa sentire sensibile in ragione …per esservi estremamente solubile…». Quando parla della calce «considerata oggi come un'alcali» mostra di conoscere Fourcroy e il Système des Conaissances Chimiques.

[38] COLUCCI, *op. cit.*, tomo XIII, p. 7.

[39] *Ibidem*.

[40] COLUCCI, *op. cit.*, tomo XIII, p. 7.

[41] VANNOZI, *op. cit.*, cap. III, p. 25.

[42] D. PRIORI e E. SANTONI, *1751-1851: Un secolo di analisi chimiche dell'acqua termale picena detta comunemente l'Acqua Santa*, in PAOLO MIRONE (a cura di), *Atti del IX Convegno Nazionale di Storia e Fondamenti della Chimica* (Modena 25-27 ottobre 2001), Roma, Accademia Nazionale delle Scienze detta dei XL, pp. 133-148.

Castello di Luco

Non lontano da Acquasanta lo storico Andreantonelli riporta: «Nec inde longe Castrum Lucum, aquae fetide apparent in planitie, ita, quod maxime sulphureae, corruptaque sunt, merito appellatae».[43]

Nel *De Aqua* il Vannozzi «…hinc non longe ad Castrum Lucum Aquae quaedam stagnat plurimi usus in Medicina, odore sua gravitate vulgo Aque fetide dicantur».[44]

Il 2° capitolo dell'opuscolo di Antonio Egidj ha questo titolo: *Seconda sorgente di acqua solfureo-salina di medio calore del Castello detto Luco*. «A otto miglia circa di distanza da questa Città verso il ponente percorrendo la via dritta del fiume Tronto evvi un pozzo scoperto di figura irregolare, nel fondo del quale sgorga un'abbondante quantità di acqua minerale chiamata dal volgo acquapuzza. «L'Autore scrive che ha più volte confrontate, nel corso del 1813, le acque di questa sorgente con quelle di S. Maria di Acquasanta le ha giudicate identiche. Nel capitolo successivo: *Terza sorgiva di acqua solfureo-salina di medio calore*, descrive un'altra sorgente con alcuni particolari interessanti. «Non molto lungi dal fonte dell'acqua minerale del Castello del Luco nella stessa riva del Fiume zampillano tre polle d'acqua suddetta». E poi continua: «Per altro non evvi alcun dubbio che queste acque riunite passassero un secolo addietro entro il villaggio di S. Maria. Benché nessun iscritto abbia fatta menzione che ivi esistessero le Terme costruite all'uso dei Romani, non di meno rilevansi dai molti e magnifici pezzi di antichità rinvenuti in detti luoghi». Riporta poi la sua analisi chimica: «Le acque delle medesime sorgenti sono mineralizzate parimenti dal gas idrogeno solforato, e la loro temperatura non oltrepassa nella State li gradi 25 essendo quella del Fiume a gradi 10 del termometro di Reaumur. Trattate coi reattivi sì per via diretta, come indiretta hanno dato segno di esservi dello iodio combinato».

Valle Senzana[45]

Questo luogo è citato dal Vannozzi: «Septentrionem versus, est Vallis in agro Asculano, vitibus, oleis confita, segetumque ferax, quod Floranum vocat; ibi rivulus excurrit Aquae subsalsae, quam si inscijs pitissandam dederis, Tetutianam Aquam ex Monte Catino hùc aduestam dicent, exeàsaepè clysteres parandos iussi in dyfenterijs felici cum successu, nec dubito, ut per os etiam propinari possit hactenus ramen non sum expertus».[46]

Anche il Cattani né scive: «Avvi eziandio nella Valle Senzana, specialmente nel luogo detto Fiorano, delle molte sorgenti di acque salubri; delle quali altre sono alquante salse, non dissomiglianti a quelle del Tettuccio in Toscana, buone special-

[43] ANDREANTONELLI, *op. cit.*, p. 15.
[44] VANNOZZI, *op. cit.*, cap. III, pp. 25-26.
[45] Nel comune di Ascoli Piceno.
[46] VANNOZZI, *op. cit.*, cap. III, p. 26.

mente per dissenterie, adoperate in forma di Cristiere, e per bocca. Altre non punto dissimili alle Acque di Ebson, Ebesbamenses dette dai Latini; onde si ricava il cotanto celebre a nostri dì sale amaro catartico d'Inghilterra.[47]

L'Egidj segnala, senza commento, in queste località, sorgenti di acqua contenete iodio.

Colle San Marco[48]

Il Cattani in appendice al suo volume inserisce l'analisi «*Concernente le salubri qualità dell'acqua della fonte de' Rossi, che sorge nel Territorio di Ascoli nella Marca Anconetana, nel luogo detto le Piagge, in una Tenuta dell'Illmo Signore Marchese Sgariglia*».[49] Ad «un miglio e mezzo in circa lontana da essa Città, scaturisce un'Acqua limpidissima e cristallina, al sommo leggiera, priva di qualunque odore e sapore, fredda l'Estate, calda l'inverno, facilissima a passare dalle prime strade al sangue, e non dissomigliante alla celebre Acqua bianca di Nocera nell'Umbria…». L'Autore consiglia che: «…l'accennata Acqua della Fonte de' Rossi potrà benissimo servire (almeno per i poveri) a curare tutte quelle malattie, per le quali abbattere si loda la testé riferita Acqua di Nocera».

L'ingegnere comunale Giuseppe Sabatini nella sua relazione del 18 marzo 1887 scrive che l'acqua proveniente dal monte San Marco è ricca di Bicarbonato di Calce e ciò causa notevoli incrostazioni. È di una qualche curiosità la polemica che l'autore riporta: «… lo scrivente nel mentre conviene coi dotti Francesi che il carbonato di calce in piccole quantità (si noti bene) sia necessario per costituire un'acqua potabile, e favorisca lo sviluppo del corpo umano, e dissente dagli Inglesi ed Americani che dicono di essere migliore l'acqua più pura e immune di ogni difetti, pernullameno non può ammettere che si debba impedire lungo il percorso il deposito di carbonato di calce, quanto questo supera i 20 gradi idrotimetrici. Anzi si dovrebbe tentare ogni mezzo per favorirlo».[50] Il Sabatini riporta i gradi idrotimetrici per le sorgenti di Colle San Marco.

Penna San Giovanni[51]

Il resoconto di queste saline è di Giuseppe Colucci «Per previleggio particolare dei Sommi pontefici, confermato recentemente dal sa. me. di Benedetto XIV la nostra comunità gode pacificamente il diritto di fabbricarsi il Sale occorrente al bisogno della popolazione colle vene dell'acqua salata, che si trova ad avere nel ter-

[47] CATTANI, *op. cit.*, p. 76.

[48] Colle nelle immediate vicinanze di Ascoli Piceno.

[49] CATTANI, *op. cit.*, p. 67.

[50] GIUSEPPE SABATINI, *Relazione sul Progetto della nuova Condotta di acqua potabile compilata dall'ing. Comunale Giuseppe Sabatini*, Ascoli Piceno, Tipografia Cesari, 1887, p. 30.

[51] Penna San Giovanni è in provincia di Macerata, al confine con la provincia di Ascoli Piceno, e ha una contrada che si chiama Villa Saline che si estende fino al fiume Salino.

ritorio, e specialmente nel rivo, o sia fosso detto della patina, poiché nel sito medesimo ha la sua fabbrica, indipendente e diverso da quello della Reverenda Camera Apostolica, la quale è collocata poco lontano nell'alveo del fiume Salino, nel territorio di S. Angelo.[52] virtù di tale previlegio può il nostro Pubblico fabbricare colla detta propria sua acqua quanto sale abbisogna per tutto il suo popolo (…) e soltanto gli è vietato di farne commercio cogli esteri».[53] Il Colucci prosegue riporta il codice del 1292 in cui si legge: «Item unum cupum cum salina positum in ipso flumini Salini cum usantiis et pertinentiis suis».[54]

Monterubbiano

Il Colucci scrive che ci sono in questa località diverse sorgenti, ma «Pregevole però sopra tutte è quella, che scaturisce in una fonte poco lontano dal paese, che dicesi fonte nuova, e per la sua somma leggerezza, che non è inferiore all'acqua notissima di Nocera (…) Molti forestieri vi concorrono».[55] E afferma che fosse apprezzata anche dagli antichi: «io lo ravviso dalle vestigie di un antichissima conserva che tuttora si vede poco sopra al molino della terra nei beni dell'Abbadia de' SS. Biagio, e Flaviano…» e chiude con l'indicazioni di altre due sorgenti nelle vicinanze una detta San Pietro e l'altra S. Paolo.

Torrente Chiaro[56]

L'Egidj in una nota della sua opera:[57] «nel torrente Chiaro ove sonovi molte sorgive di acqua salina si è trovato contenere alcune di esse del gas acido carbonico, che salifica anche il ferro, e la rende salino ferruginosa».

Polesio - Vallevenere - Poggio di Bretta[58]

In queste località vi sono sorgenti segnalate da Egidj[59] per la presenza dello iodio ma senza riportare alcuna analisi o altro commento.

Amandola

Il Montanari[60] alla fine della suo opuscolo segnala che «Poco distante dalla Mandola si trovano varie polle di acqua marziale» e aggiunge «… di la del fiume Tenna sotto l'Abbazia di S. Ruffino e Vitale, nel fosso detto Rebuscaro riscontrasi

[52] Oggi Sant'Angelo in Pontano, provincia di Macerata.
[53] COLUCCI, *op. cit.*, tomo XXX, pp. 67-69.
[54] *Ivi*, Codici Diplomatici, p. 53.
[55] *Ivi*, tomo XXXI, Codici Diplomatici, p. 20.
[56] Torrente che attraversa la città di Ascoli Piceno.
[57] EGIDJ, *op. cit.*
[58] Frazioni del comune di Ascoli Piceno.
[59] EGIDJ, *op. cit.*
[60] MONTANARI, *op. cit.*

una sorgente di acqua Epatica ossia satura di Gas idrogeno sulfurato, altra consimile lungo il torrente d. Vetermaster, altra salata Jodizzata in un Podere del N.U. Signor Conte Tiburzio Plebani al luogo detto Casa da capo». Queste notizie non sono accompagnate da altre informazioni.

Conclusioni

Concludo con le parole dell'abate Colucci «L'altra particolarità (dopo l'olio e le olive) del territorio ascolano è quello della salubrità delle acque. O si parla di acqua da bere, o di acque saline, minerali, e sulfuree per curare le malattie, di tutte abbonda il territorio…».[61] Tutte le sorgenti citate, escluso le Terme di Acquasanta, sono oggi abbandonate, difficili da raggiungere e sconosciute ai più.

Dal punto di vista chimico-analitico possiamo evidenziare una distanza culturale, con le analisi delle acque fatte negli stessi anni in altre parti d'Italia. Il motivo è, forse, da ricercare nella mancanza delle Università nel Piceno.

Ringraziamenti

È mio dovere ringraziare i professori: Paola Antoniotti, Angelo Bassani, Ettore Curi, Giuliano Dall'Olio e Fabio Decet che con grande cortesia mi hanno aiutato.

Riassunto – Il lavoro sulle analisi chimiche delle acque minerali e termali nel Piceno inizia con una ricognizione delle fonti e delle sorgenti citate da vari autori, nelle opere pubblicate dal XVI al XIX secolo, per passare poi ad illustrare l'evoluzione delle analisi chimiche delle acque, relativamente alle singole sorgenti.

[61] Colucci, *op. cit.*, tomo XIIII, p. 226.

GINO L. DI MITRI*

Una querelle sulla qualità delle acque. Niccolò Caputi e la provincia scientifica di Terra d'Otranto alla metà del XVIII secolo**

A controversy about the quality of water. Niccolò Caputi and the scientifc province of Terra d'Otranto in the middle of 18th century

Summary – Niccolò Caputi was an Italian physician from the province of Terra d'Otranto who, in the middle of XVIII century, was charged by the abbot of a monastery to prove the good quality of the water of a coastal lake contended with the municipality of Lecce. Caputi, some years before Lavoisier's aerometer, wrote a short work in which he reveals that he used a hydrometer (probably self-built). All around this controversy, it is possible to see the ambience of scientists who populated the periferic scene of the Kingdom of Naples, between conservation of the previous experimental science and new methods in the use of instrumental technologies.

1. *Un lago costiero e uno scontro fra poteri locali*

Nel 1751 un contenzioso opponeva, l'una contro l'altro armati di perizie fisiche e mediche, la municipalità di Lecce e il monastero olivetano dei Santi Niccolò e Cataldo della stessa città. Motivo della disputa, le attività di pesca in uno specchio d'acqua, situato sulla costa adriatica salentina, di proprietà degli Olivetani. In difesa dei monaci, i quali incassavano i proventi della vendita del pescato, il medico Niccolò Caputi asseriva che il prodotto era perfettamente commestibile. In difesa della *universitas lupiensis*, invece, un altro medico, Francesco Carlo Perrone, invocava le ragioni sacrosante della pubblica sanità messa in pericolo dalla qualità del pesce. La *quaestio de aquis et piscibus*, analizzata finora con dovizia di particolari

* Università degli Studi di Lecce. Istituto di Storia Moderna, Facoltà di Beni Culturali.

** Relazione presentata al X Convegno Nazionale di «Storia e Fondamenti della Chimica» (Pavia, 22-25 ottobre 2003).

soltanto dagli storici patrî che ne hanno enfatizzato i tratti meramente sociali, culturali ed eruditi, indulgendo peraltro alle spigolature macchiettistiche di un ambiente intellettuale leccese sbrigativamente stigmatizzato come pedante, a qualche anno dalla pur buona edizione a cura di Michele Mainardi della ristampa anastatica del trattato di Niccolò Caputi oggetto di questo saggio, rivela al contrario un notevole interesse medico, fisico e chimico per la ricostruzione storica – che qui si vuole tentare - del locale *milieu* scientifico al tramonto dell'Antico Regime.

Sullo sfondo di un contrasto insanabile fra potere ecclesiastico e potere laico, non necessariamente coincidente con gli interessi dei ceti agiati e dei ceti subalterni (dal momernto che le «minoscie», ovvero i pesciolini e gli avannotti messi in vendita a prezzo modico dai monaci, costituivano una nicchia di mercato – una delle poche – raggiungibile dal popolino), è infatti possibile scorgere nitidissimo un conflitto tra nuove istanze sperimentali e, questa sì, pedanteria scientifica.

È vero, infatti, che la privativa sulla laguna oggetto della controversia era stata concessa dal conte normanno Tancredi agli Olivetani nel 1180, ma il difensore di questi ultimi dimostrava nella sua *Guadina difesa* che per sancire l'incommestibilità dei pesci non bastavano né i pregiudizi affrettati né il descrittivismo aristotelico, ma occorreva un'analisi sistematica delle acque con il calcolo della salinità attraverso la meteorologia ed i regimi delle precipitazioni, e l'idrografia con i cicli di flusso e riflusso delle maree. È vero, d'altra parte, che il medico Francesco Carlo Perrone, difensore del Comune di Lecce, restituendo al collega le accuse di aristotelismo, chiamava a proprio supporto la «più accorta chimica» e le esperienze dei «saggi filosofanti»; ma in realtà il suo ruolo di perito municipale gli imponeva il ricorso a qualsiasi strumento pur di demolire le ragioni dell'avversario.

La decifrazione di questa *querelle* si sarebbe pertanto dovuta auspicabilmente compiere attraverso una attenta decodificazione comparata dei due trattati, al fine di scorgere le coordinate scientifiche dei rispettivi attori poste dietro alle logiche di parte. Ma ciò è stato possibile soltanto per Niccolò Caputi, la cui opera è agevolmente consultabile in almeno due biblioteche aperte al pubblico in provincia di Lecce. Per Francesco Carlo Perrone, invece, si è verificato un fatto grave: gli ultimi a poter consultare l'unico esemplare esistente del suo *Diritto e ragioni* sono stati tre storici locali salentini, Michele Mainardi,[1] Alessandro Laporta[2] e Vittorio Zacchino;[3] dopodiché il volumetto – peraltro mutilo delle ultime pagine – è scomparso dalla Biblioteca Provinciale di Lecce e mai più ritrovato.[4]

[1] MICHELE MAINARDI, *La Guadina da Flumen Liciense a 'fetentissimo stagno'*, in NICOLA CAPUTI, *La Guadina difesa. Acque e salute nel Settecento salentino*, rist. anast. dell'originale del 1751, Lecce, Conte Editore, 1994, pp. XI-XXIX.

[2] ALESSANDRO LAPORTA, *Nicola Caputi fra scienza e letteratura*, in *Acque e salute* cit., pp. XXXI-XXXVII.

[3] VITTORIO ZACCHINO, *Rinnovamento scientifico, acqua e salute nella Terra d'Otranto del Settecento*, in *Acque e salute* cit, pp. XXXIX-L.

[4] A ricoprire l'incarico di direttore della Biblioteca Provinciale «N. Bernardini» di Lecce è lo stesso Laporta.

Gli unici elementi sui contenuti dell'opuscolo di Perrone ce li ha dati in particolare Vittorio Zacchino, ma si tratta per lo più di questioni attinenti lo scontro giurisdizionale e fiscale fra monaci e decurioni. Si rende impossibile, pertanto, a tutt'oggi, un raffronto fra le due opere, a meno di un provvidenziale ritrovamento di quanto rubato, mal riposto sugli scaffali o, quanto meno, negletto dai bibliotecari. Ciò che è possibile fare al momento – e la cosa riveste un evidente interesse per la storia della periferia scientifica napoletana in età di Antico Regime – è tuttavia una compiuta analisi del testo di Caputi: ed è già tanto.

2. *Un'ittiologia e una botanica prelinneane*

Nella sua *Guadina difesa*,[5] l'autore, *membro dell'Accademia Reale delle Scienze di Napoli, ed à Conto della medesima Meteorologico Osservatore, e di quanto à sperimental Fisica appartiene in questa Provincia di Terra d'Otranto*,[6] cominciava a riportare le specie ittiche presenti nello specchio d'acqua. La segnalazione della presenza non solo di cefali, spigole, ricciole e sogliole, ma anche di orate, anguille e gamberi, aveva, nella retorica parenetica di Caputi, lo scopo evidente di convincere i lettori e i giudici del fatto che la Guadina ospitasse non specie tipiche delle acque fangose, ma del mare aperto. Inoltre, la circonferenza della laguna, misurante «più di miglia trè», era – a dire di Caputi – costante, segno cioè di una quantità d'acqua al suo interno relativamente invariata.

L'indicativo delle «Fontanelle» e la presenza degli «àvissi», attestavano l'alimentazione continua di acque sorgive attraverso condotti ipogei calcolati dal Caputi in ragione di 400 palmi di profondità.

> L'acque di tali abissi non si veggono mai mancare, e quando il terreno d'intorno avrà un poco di declive, e sono vicini al mare (come per lo più di osserva) formano le diloro acque un Fiume, come noi osserviamo in tutti questi nostri Fiumicelli di questa spiaggia Adriatica […]; d'onde nasce l'argomento, che cinque siano le sue scaturigini in quel luogo medesimo, e che con empito grande si lancino dal fondo […]; si sperimentano alquanto tepidette: ed avendo io assaggiata l'acqua, è acqua dolce: sebbene non affatto affatto spogliata di qualche picciola venetta di salmastro.[7]

Pertanto, mentre gli altri specchi d'acqua limitrofi d'estate restavano in secca – a dimostrazione che erano formati esclusivamente dalle piogge e che dunque erano stagni, paludi o pozzanghere – la Guadina era sempre colma. La dimestichezza con i rilievi meteorologici derivava a Caputi, come si è visto, dall'incarico commissionatogli sin dal 1733, anno in cui era stato accolto nell'Accademia Reale delle Scienze

[5] Niccolò Caputi, *La Guadina difesa. In due dissertazioni epistolari. Opera di Niccola Caputi dottore di medicina*, Lecce, presso Domenico Viverito, 1751.

[6] Cfr. il frontespizio dell'opera.

[7] Caputi, *Guadina* cit., pp. 11-12.

di Napoli,[8] di raccogliere dati geologici, geografici e climatologici sulla sua terra.[9] La consapevolezza che il sottosuolo salentino fosse di natura carsica e l'attenta osservazione della costa e del territorio rivierasco portavano il medico ad affermare che, oltre all'alimentazione da parte delle acque dolci sotterranee, era immissaria della Guadina anche quella da parte delle acque marine attraverso un breve canale di comunicazione con l'Adriatico:

> […] acciò nella state non secchi affatto tutto lo spazioso suo letto, le viene continuamente somministrata gran quantità d'acqua dal vicino mare, il quale nelle grandi sue Tempeste l'inonda, ed imparticolare quando nel mese di Marzo gli affittatori aprono il Canale di communicazione, ed allora il mare senza il soccorso delle tempeste manda per mezzo delle sensibili marée gran quantità d'acqua, e di Pesce di varie spezie alla […] Guadina […], e portando l'acque marine tutto quel Pesce che trà per Tempesta trà per inondamento della Maréa vi si trova imbrogliato, alla Guadina lo menano, dove rimanendosi, come in un vero, natural vivajo, à suo tempo si pesca. […] quando poi vedono [i pescatori] l'acque bastantemente scemate, e di pesci ricche, e fatto già il Lago atto à potersi trattare, per essercitare la Pescagione, la quale à piede far non si potrebbe per la grande abbondanza delle sue acque, la serrano.[10]

Alla fauna ittica che prosperava in queste acque Caputi assegnava una nomenclatura desunta dalle silografie contenute nei *Libri de piscibus marinis* di Guillaume Rondelet,[11] nel trattato di Konrad Gesner,[12] nell'*Historia* di Ferrante Imperato;[13] ma nessun riferimento sembra rivelare una conoscenza, da parte dell'autore, del *Systema Naturae* di Carlo Linneo.

Proprio in considerazione della presenza di specie ittiche marine, una prima sentenza di assoluzione delle acque della Guadina veniva pronunciata nella prima delle due lettere che componevano il trattatello: quella indirizzata il 12 dicembre 1749 *Al Reverendissimo Padre Abbate Dom Alessandro Filippelli* del *Real Monistero de' Santi Niccola, e Cataldo fuori le mura di questa Città di Lecce*.[14]

[8] La notizia è data dallo stesso autore anche nel suo *De Delphinio. Delphinium arvense, Febribus recidivis intermittentibus extirpandis aptissimum Remedium*, Lecce, presso Domenico Viverito, 1741, p. 242.

[9] Vedi Gabriele Mina, *La retorica del testimone: il «De Tarantulae anatome et morsu» di Nicola Caputi*, in Nicola Caputi, *De Tarantulae anatome et morsu (Anatomia e morso della tarantola)*, ristampa anastatica dell'edizione del 1741, trad. it. e note di M. Monaco, Tricase, Edizioni dell'Iride, 2001.

[10] Caputi, *Guadina* cit., pp. 14-15.

[11] Guillaume Rondelet, *Libri de piscibus marinis in quibus verae piscium effigies expressae sunt*, Lione, Matthias Bonhomme, 1554 (2 voll.).

[12] Konrad Gesner, *De piscium et aquatilium animantium natura*, Frankfurt, Heinrich Lorenz, 1620-1621.

[13] Ferrante Imperato, *Dell'historia naturale di Ferrante Imperato napoletano libri 28*, Napoli, Costantino Vitale, 1599.

[14] Caputi, *Guadina* cit., pp. 1-30.

Se i pesci della Guadina erano marini, e cioè i «phoxini», le «atherinae» e le «aphiae» di Rondelet (tutti riconducibili nel loro stadio di avannotti alle *minoscie*, omologo in vernacolo leccese delle *minutiae* latine e delle μείωσις magnogreche), le acque in cui vivevano erano inevitabilmente salate e costituivano garanzia di purezza. «Senza fare tante analisi», scriveva infatti Niccolò Caputi,

> basta solamente il fiutarle, ed assaggiarle per indagarne i caratteri: poiché odorano come l'acqua del mare, e come quella sono ancor salse: ed è tanto vero ciò, che molte fiate nella state, in alcune parti del Lago si trova del Sal marino ottimo pe'l commune uso.[15]

Va tenuto conto con indulgenza di questo ricorso a categorie analitiche un po' antiquate da parte di Caputi, dal momento che egli si rivolge non a un collega o a uno scienziato, ma a un prelato. Tuttavia, il prosieguo di questa prima parte del libro testimonia la conoscenza, da parte del medico, del dibattito sulla riproduzione delle anguille condotto sugli *Histoire et Mémoires de l'Académie Royale des Sciences* da Réaumur, le opere di Domenico Guglielmini sul regime dei fiumi e sulla chimica dei sali,[16] gli studi di Giuseppe Antonio Pujati (1701-1760) sulle *febbri putride* (morbo naroniano)[17] in Dalmazia e quelli sulla riproduzione e deposizione delle uova delle zanzare che certamente dovevano soprattutto essere sia le *Esperienze intorno alla generazione delle zanzare* dell'allievo di Francesco Redi Paolo Gallo (1679) sia il *De noxiis paludum effluviis* di Giovanni Maria Lancisi. Precedendo di un decennio lo studio di Godeheu de Riville sui «Mémoires des Savants étrangers» (1760), Niccolò Caputi descrive la riproduzione delle zanzare: ma la sua pagina sulla *Guadina* ha il difetto di non recare alcun approfondimento analitico né alcuna tavola illustrativa su questi insetti.[18]

Anche il repertorio della flora presente intorno allo specchio d'acqua sembra totalmente ignorare la botanica sistematica di Linneo, giacché l'autore conferma la propria formazione tournefortiana già affiorata dalle pagine della dissertazione sul delfinio arvense, se non addirittura quella ancorata ai *Discorsi* di Andrea Mattioli su Dioscoride. Ma i riferimenti prescindono sempre dalla descrizione morfologica e

[15] *Ivi*, pp. 15-16.

[16] Domenico Guglielmini, *Riflessioni filosofiche dedotte dalle figure de' sali dal dottore Domenico Guglielmini, espresse in un discorso recitato nell'Accademia filosofica esperimentale di monsig. Arcidiacono Marsigli la sera delli 21 marzo 1688*, Bologna, Antonio Pisarri, 1688; postumo, *Della natura de' fiumi trattato fisico-matematico del dott. Domenico Guglielmini. Nuova edizione con le annotazioni di Eustachio Manfredi*, Bologna, Lelio dalla Volpe, 1739; *De salibus dissertatio epistolaris physico-medico-mechanica conscripta a Dominico Guglielmini philosopho et medico Bononiensi*, Venezia, Luigi Pavin, 1705.

[17] Giuseppe Antonio Pujati, *De morbo Naroniano tractatus Auctore Josepho Antonio Pujati*, Feltre, Domenico Bordoni, 1747.

[18] Per un'esauriente trattazione degli standard microscopistici e delle procedure di riporto iconografico si veda Marc J. Ratcliff, *Europe and the Microscope in the Enlightenement*, London University College, tesi di PhD, a.a. 2000-2001.

dalle tipologie riproduttive per concentrarsi invece sui principi attivi tossici delle piante, sul sapore delle loro linfe, sull'effetto che producono sui pesci, sui volatili e sugli uomini.[19]

Nel parlare dell'acqua della Guadina, Caputi, sia pur non esplicitamente, lasciava tuttavia intendere di aver dimestichezza con il microscopio, poiché escludeva che essa contenesse tutte quelle «bestiuole» che erano state osservate dagli scienziati a lui precedenti. Anzi, l'enfasi sulle uova di zanzara e sulla loro morfologia, lungi naturalmente dal far supporre un'intuizione dell'origine della malaria (di là da venire a fine '800), dimostrava che egli aveva sicuramente guardato attraverso una lente. Le pagine 21 e 22 della *Guadina difesa*, infatti, sono una breve ma intensa descrizione della riproduzione delle zanzare dalla deposizione delle uova alla trasmutazione in insetto, «come trovo tra le mie osservazioni». Voleva con ciò l'autore forse dire che aveva fissato in uno scritto le sue osservazioni?

La conferma della competenza microscopistica di Caputi la si ha, a dire il vero, da un suo trattato precedente, il *De tarantulae anatome et morsu* (1741) che lo oppose al luminare napoletano Francesco Serao: quest'ultimo, l'anno dopo, avrebbe pubblicato il suo *Della tarantola, ovvero falangio di Puglia* (1742).[20]

È sufficiente limitarsi ad anticipare che anche in questo caso si è in presenza di un paradosso scientifico: mentre Caputi reggeva le proprie – in realtà errate – argomentazioni a favore della reale tossicità del veleno delle tarantole e della – a suo dire – verace esistenza del tarantismo su un'eccellente (per quegli anni) procedura di osservazione e dissezione anatomica degli aracnidi con l'ausilio del microscopio, Serao, il quale ammetteva di aver solo superficialmente dato un'occhiata con il microscopio ai ragni, basava tutta la sua teoria (che si sarebbe poi rivelata giusta e ineccepibile) sul riporto delle *auctoritates* e sui resoconti di medici suoi partigiani. Il paradosso sta nel fatto che a Caputi non bastò essere socio dell'accademia napoletana e corrispondente di Celestino Galiani, né soprattutto rinomato microscopista, per vincere la controversia sulle tarantole, in quanto fu l'erudito Serao – senza strumenti – a scoprire tra i primi l'arché «melancolico» del «male pugliese».

In effetti, questo antecedente prelude allo scontro Caputi-Perrone da cui, ancora una volta, al primo toccò in sorte di uscire sconfitto (è questa l'ipotesi di Alessandro Laporta e Vittorio Zacchino) dall'aula del tribunale nonostante la buona competenza strumentale posseduta.

Dunque, se nella prima lettera della *Guadina difesa* non vi è menzione di strumenti scientifici, nella seconda e ultima lettera che compone il trattatello, invece, quella *All'Illustrissima e Fedelissima Città di Lecce in proseguimento delle Ragioni, e difesa del Pesce, e Lago della Guadina. Dissertazione Epistolare Apologetica in cui si*

[19] CAPUTI, *Guadina* cit., pp. 41 e 42.

[20] Per i dettagli su quest'altra controversia, si rinvia a GINO L. DI MITRI, *Lo strappo nella tela. Il mutamento del paradigma biomedico del tarantismo nel XVIII secolo*, Università degli Studi di Bari, tesi di dottorato, a.a. 2001-2002, in part. pp. 150-203.

prova, che la Dissertazione antecedente sia anzi favorevole che contraria alla Città,[21] il metodo sperimentale fa irruzione con tutti i suoi protocolli nella contesa.

3. *Sali, veleni e maree*

Rifacendosi alla vicenda in cui nel 1682 Niccolò Cirillo e Leonardo di Capua dovettero dirimere la questione circa l'insalubrità delle colture di riso, anche per il caso della Guadina Caputi si appellava a ragioni scientifiche e non a facili pregiudizi. E contro l'accusa che il pesce messo in vendita dai monaci avesse ucciso diversi consumatori leccesi perché ritenuto proveniente da acque stagnanti e impure, dichiarava senza esitazione che le morti erano avvenute poiché il prodotto ittico era stato avvelenato dal succo estratto dalle radici della «timelea» che pescatori senza scrupoli usavano per la pesca di frodo.

Ad una prima lettura di questo secondo capitolo, appare evidente che la letteratura scientifica mutuata da Caputi è datata, al più tardi, al primo trentennio del '700: quella fisica porta la firma di Cassini (sul flusso e riflusso delle maree), ma anche di Newton, di Cartesio e dell'immancabile Plinio; mentre quella chimica appartiene a Claude-Joseph Geoffroy (sulle acque termali)[22] e di Boulduc (sui sali presenti nelle acque minerali).[23] L'indugio sulle sostanze tossiche usate dai pescatori di frodo per far razzia del pesce della Guadina sembra riecheggiare invece la chimica del primo Boissier de Sauvages, il quale alla fine degli anni '30 dello stesso secolo aveva pubblicato un saggio su alcune piante velenose.[24] In tutti i casi, le fonti fisiche e chimiche di Caputi sembrano prevalentemente provenire da quella grande enciclopedia pre-illuminista che furono le annate degli *Histoire et Mémoires de l'Académie Royale des Sciences* di fine '600 e del primo '700.

Come si diceva, sin dal 1733 Caputi aveva ricevuto da Niccolò Cirillo, per conto dell'Accademia delle Scienze di Napoli, l'incarico di compilare un giornale meteorologico per la provincia di Terra d'Otranto. I valori di queste osservazioni erano stati annotati fino al 1751, anno di pubblicazione del trattato. Pertanto Caputi disponeva di una mole considerevole di dati relativi al regime dei venti,

[21] CAPUTI, *Guadina* cit., pp. 31-100.

[22] A meno che il riferimento non sia a CLAUDE-JOSEPH GEOFFROY, *An Account of the Remedy for the Stone extracted from the Examinations of this remedy given into the Royal Academy of Sciences at Paris, by M. Morand and M. Geoffroy, appointed, as Members of that Academy, to examine the same, by Richard Gem*, London, J. Gem, 1741, 54 pp., non si è stati in grado di identificare l'opera segnalata genericamente dall'autore.

[23] GILLES-FRANÇOIS BOULDUC, *Extrait du Mémoire lu à l'assemblée publique de l'Académie Royale des Sciences le 13 novembre 1726, sur les nouvelles eaux minérales de Passy près de Paris*, s.l., s.t., 1738, ma estratto da «Histoire et Mémoires de l'Académie Royale des Sciences» di quell'anno.

[24] Si tratta certamente di FRANÇOIS BOISSIER DE SAUVAGES DE LA CROIX, *Observations sur quelques plantes venimeuses*, s.l., s.t., 1739, anch'esso estratto dagli atti dell'accademia parigina, pp. 469-475.

delle precipitazioni e delle maree che, abbinati al sia pur fin troppo empirico metodo di calcolo della portata d'acqua sotterranea delle «Fontanelle», gli dava la possibilità di procedere a delle analisi comparate del tasso di salinità delle acque. L'aspetto interessante delle ultime pagine della *Guadina difesa* è costituito dallo snodo di questo *journal d'expérience* attraverso i rilievi compiuti per mezzo di un idrometro di sua fabbricazione.

Partendo dalla premessa, confortata dagli scritti di Giovanni Maria Lancisi, Robert Boyle e Giuseppe Pujati, che le acque marine solo raramente e incidentalmente presentano caratteri di inquinamento, Caputi si risolve a verificare soltanto il tasso di densità salina presente nelle acque del lago costiero:

> L'acqua del vicin mare, e quella del nostro Lago ò voluto porre in confronto, e farne per mia regola, e dell'una, e dell'altra il saggio, e postele in due distinti vasi, con un mio Idrometro vi ò fatta la prova, e la medesima per maggior mia cautela con altre due diverse acque ò riscontrata.[25]

Una nota a pie' di pagina segnala che in una tavola illustrata (la seconda oltre alla mappa della Guadina) vi sarebbe la riproduzione di questo strumento. Purtroppo, in tutti gli esemplari di questo trattato da noi esaminati, tale illustrazione manca: segno non di una sottrazione, bensì probabilmente del fatto che all'origine della pubblicazione essa non fu più realizzata o che l'autore non fece in tempo ad inserirla fuori testo.

Ed ecco la descrizione della prima parte della sua analisi:

> Feci prima il saggio con acqua piovana d'una mia Cisterna ottima per bere, e lasciato l'Idrometro in quell'acqua non solamente vi s'immerse tutta la palla, ma si coprirono fino à i quattro gradi del suo tubo. Replicai la seconda volta la sperienza medesima con l'acqua d'un Pozzo alquanto salmastra, e 'l tubo fino à i trè gradi si sommerse. La rifeci per la terza volta con l'acqua del mare, nella quale si profondò la sola palla rasente giusta il principio del tubo. E riplicatala la quarta volta con l'acqua della Guadina, rimase della palla poco meno d'un terzo di linea scoverta: volli per maggior sicurezza queste sperienze più volte replicare, e costantemente uniformi si mostrarono.

Caputi, dopo aver affermato che quanto meno la sfera si immerge nel campione d'acqua tanto più quest'ultimo abbonda di sali, si lusinga «che l'acqua della Guadina à prova d'Idrometro debba essere di Sale più ricca, che non è l'acqua del Mare istesso». Ci sembra di intuire che Caputi non faccia uso di una normale bilancia idrostatica, bensì di un idrometro «a palla»; a meno che per idrometro egli non intenda che un solo componente della bilancia. Per Caputi questo esperimento dovrebbe convincere la controparte e i giudici che la Guadina – secondo la teoria di Lancisi – non è un bacino putrido. Ma «per meglio assicurarmi, con ridurre il saggio da me fatto à più palpabile evidenza»,[26] mutua dalla farmacopea la proce-

[25] *Ivi*, p. 93.
[26] *Ivi*, p. 94.

dura di estrazione dei sali dalla lisciva delle ceneri di vegetali facendo evaporare a fuoco lento dieci libbre di acqua della Guadina. Questa operazione viene fatta in comparazione con due analoghe quantità di acqua: la prima prelevata sulla spiaggia prospiciente e la seconda dal Lago Alimini, poche miglia a nord di Otranto. L'evaporazione avviene in contemporanea «in distinti sfumatoj di vetro à lento fuoco d'arena».[27]

> […] ed ò trovato, che l'acqua della Guadina in diece libre à dato di vero Sal marino once quattro, dramme nove, e grani diece; […] le diece libre d'acqua di Mare solamente ne diedero once trè, e dramme otto. […] Le diece libre d'acqua della Limini van quasi del pari con quella della Guadina, [etc.].[28]

L'autore ne deduce che quanto più salata è l'acqua, tanto più è sano il pesce che ci vive. Questa perizia dovrebbe destituire d'ogni fondamento il divieto posto dalla municipalità alla vendita dei prodotti ittici. Egli non spiega convincentemente, però, come mai la forte portata delle acque carsiche che erompono dalle Fontanelle non attenui l'elevata salinità della Guadina:

> imperocché quanto più salate sono l'acque, tanto più resistono al caldo, ed all'aria, che le fan svaporare, e ne modificano il soverchio scialamento;[29]

e citando un periodico divulgativo, lo *Spettacolo della natura*, sostiene che il sale,

> rendendo l'acqua più greve, se il Sole solleva in alto una aggiustata dose d'acqua dolce, e conforme al nostro bisogno, diriva questo benefizio dalla salsezza del mare, che non lo lascia operare con libertà: altrimenti solleverebbe una mole di vapori sì grande, che in vece di fecondare la Terra, l'allagherebbero.[30]

Scomparso il volume delle deduzioni avverse al Caputi, gli unici elementi della replica di Francesco Carlo Perrone possiamo trarli di seconda mano dal saggio di Zacchino. Perrone non sembra, a parte l'appello ai «saggi filosofanti» e «alla più accorta fisica», basarsi su prove sperimentali quanto piuttosto su una vis polemica che attinge alla retorica letteraria del tempo. Perrone – come giustamente coglie Vittorio Zacchino – sembra più emotivamente indispettito dalla sicumera scientifica dell'avversario che – come sarebbe più consono aggiungere – sperimentalmente corroborato da dati oggettivi. Quella di Perrone sarebbe, dunque, sostanzialmente un'arringa in difesa della città e della sua lotta contro i privilegi del clero. L'attenzione posta dalla storia patria a tali aspetti di mera conflittualità municipalistica, bandendo ogni tentativo di analisi delle pratiche e dei saperi fisico-chimici, ha sicuramente tramandato due profili di medici locali assolutamente inattendibili. Come se il primo, Caputi, fosse schierato a difesa del diritto di mano morta e degli anacronistici privilegi monastici; come se il secondo, Perrone, fosse un illuminato pala-

[27] *Ibidem*.
[28] *Ivi*, pp. 94-95.
[29] *Ivi*, p. 97.
[30] *Ibidem*.

dino dell'emergente potere laico delle municipalità. In realtà urge colmare queste vistose lacune lasciate scoperte dalla storiografia locale con un tentativo di microsociologia storica della scienza, cercando cioè di restituire a verità il vero scontro in atto nella Lecce intellettuale settecentesca: quello tra i medici *savants* che come Caputi operavano sperimentalmente, e i medici *burocrati* che come Perrone assumevano incarichi nella deputazione provinciale di salute. Ma questo è un programma che occorrerebbe svolgere su più vasta scala spogliando i documenti conservati fra le carte dell'Accademia Reale delle Scienze di Napoli. A partire dai dati parziali in nostro possesso, però, vien da credere che Niccolò Caputi fosse in qualche modo un isolato nell'ambiente medico leccese. La prerogativa di possedere un microscopio, un idrometro, forse una bilancia idrostatica ed altri strumenti scientifici, potrebbe non essere stata di suo esclusivo appannaggio. Ma finora è lui il solo in Terra d'Otranto ad aver personalmente attestato l'uso abituale di questi strumenti e la consuetudine di operare in campo anatomico, fisico e chimico secondo i protocolli dei *journaux d'expérience*. Altri suoi contemporanei, come il medico di Matino Giuseppe Schivano, ancora nel 1763 effettuavano diffusamente nel Salento centro-meridionale analisi di acque sorgive e piovane senza l'ausilio di idrometri e bilance idrostatiche e affidandosi solo all'olfatto e al gusto.[31] Dopo Caputi, bisognerà attendere nella seconda metà dell'800 le ricerche del geologo Cosimo De Giorgi per vedere analizzate le acque sulfuree e salsoiodiche di S. Cesarea secondo una chimica finalmente moderna e «accorta».

D'altra parte Caputi disponeva di strumenti piuttosto comuni, alla sua epoca, in tutta Europa. Le analisi delle acque potabili condotte negli stessi anni in altri luoghi d'Italia e del continente non differivano di molto dalle sue. Nel 1769, le analisi dettagliate condotte da Antoine-Laurent Lavoisier sulle acque del fiume Yvette candidate alla diffusione negli acquedotti di Parigi furono svolte per mezzo dell'aerometro di sua invenzione che poco o nulla aggiungeva ai rilievi tradizionali se non una estrema precisione tecnica e finalmente una nuova standardizzazione ponderale dovuta alla decimalizzazione della scala.[32] Ma anche Caputi, nell'angusto ambiente scientifico salentino a lui contemporaneo e nel suo piccolo, usava gli strumenti, benché lo facesse per difendere una causa oggi diremmo «politicamente scorretta»: quella dei monaci olivetani detentori del privilegio sul lago costiero.

Il senso dell'esperienza scientifica di Niccolò Caputi è pertanto che non sempre

[31] Cfr. GIUSEPPE SCHIVANO, *Descrizione della terra di Matino ne' Salentini, ove si parla ancora di varie altre notizie a lei concernenti*, in MARIO CAZZATO (ed.), *Matino. Natura ed arte: una comunità meridionale nel '700*, Galatina, Mario Congedo Editore, 1992, pp. 7-122 e LUIGI MANNI, *Una settecentesca questione idrica: l'acqua delle Fontanelle di Soleto: commento ad una nota di Mario Cazzato*, in «Annuario di Studi e Ricerche della Società di Storia Patria per le Puglie - Sezione di Novoli "O. Parlangèli"», I, 1993, pp. 65-68.

[32] Cfr. MARCO BERETTA, *Lavoisier: la rivoluzione chimica*, «I grandi della scienza», suppl. a «Le Scienze - Scientific American», a. I, n° 3, maggio 1998, pp. 24-26.

il perseguimento della *pubblica felicità* e degli altri principi proclamati dai riformatori meridionali in Età dei Lumi viaggiò parallelamente alle idee e alle pratiche della scienza; che le battaglie civili in nome della ragione potevano talvolta essere mera retorica; che, di contro, una dura battaglia in difesa di un anacronistico privilegio clericale poteva essere abilmente condotta con l'ausilio della scienza sperimentale.

Ma soprattutto, questo frammento marginale ma significativo della storia della scienza in un angolo dell'Italia di Antico Regime dimostra che forse è giunto il momento di affrontare e non solo porre il problema euristico ed ermeneutico di quel vasto e ancora nebuloso giacimento documentale che ancor oggi è indefinitamente ascritto ai cosiddetti «invisibili»: a scienziati, cioè, talora mediocri e talora brillanti che, come il controverso Caputi, restano nella penombra delle indagini storiografiche, ma che pure con la loro insaziabile avidità di pratiche e di saperi hanno concorso a segnare alcuni tratti del percorso delle scienze fisiche e chimiche nel nostro paese.

Riassunto – La figura del medico Niccolò Caputi è quella di un attivo scienziato vissuto alla metà del XVIII secolo in Terra d'Otranto. Interpellato da un monastero per fornire una perizia sulla qualità delle acque di uno stagno costiero conteso tra l'abbazia e la municipalità di Lecce, egli espone in un trattato le sue osservazioni e dimostra di fare uso, qualche anno prima di Lavoisier, di un «idrometro» probabilmente autocostruito. Attorno alla controversia sulla qualità delle acque si agita il milieu dei savants che animano la scena della provincia salentina nel Regno di Napoli di quel secolo, tra retaggio della prima scienza sperimentale e nuove istanze nell'uso di strumenti tecnologici.

GIOVANNI PICCARDI*

Le analisi di acque naturali eseguite da Uberto Francesco Hoefer, speziale granducale**

The natural water analyses carried out by Hubert Francis Hoefer, grand-ducal apothecary

Summary – During the period of his permanence in Florence, Hoefer examined some waters of Toscany. The results of the analyses, the reconstruction of the emplyed method and a comparison of different authors' analyses of the same period are given. At the end of 18th century, beside the diffusion of new ideas about chemistry, new systematic procedures for water analysis were published. Both events gave a more scientific character to this kind of work that may be seen in the papers of the first half of 19th century.

Le caratteristiche dell'acqua sono state oggetto di attenzione fino dalla antichità, ma solamente con lo sviluppo della iatrochimica fu portata avanti una gran mole di lavoro nel campo delle analisi delle acque soprattutto per valutare il loro effetto terapeutico, interesse che contribuì allo sviluppo della chimica analitica delle soluzioni. A partire da questo periodo numerosi sono stati gli autori che hanno dedicato libri, o parti di essi, al tema specifico dell'analisi, introducendo nuovi reattivi per la scoperta e determinazione dei sali contenuti nell'acqua. Questo progredire di metodi spinse, oltre ai chimici e farmacisti, anche molti naturalisti, medici, ecc. a cimentarsi nelle analisi delle acque. Si ebbe così una fioritura di libri ed opuscoli con risultati a volte contrastanti.[1] Qualche autore restava ancora ancorato a vecchie teorie che non avevano niente di scientifico come per esempio il Cocchi che, nel

* Università di Firenze, Dipartimento di Chimica.

** Relazione presentata al X Convegno Nazionale di «Storia e Fondamenti della Chimica» (Pavia, 22-25 ottobre 2003).

[1] FERDINANDO ABBRI, *Alessandro Bicchierai e le terme di Montecatini*, in *Una politica per le Terme: Montecatini e la Val di Nievole nelle riforme di Pietro Leopoldo*, Atti del Convegno di studi, Montecatini Terme (25-26 ottobre 1984), Siena, Periccioli, 1985, pp. 225-239.

1750 per l'acqua dei bagni di Pisa, riportava la seguente composizione: «Tre componenti di materie dette corporee, visibili, palpabili, fisse e concrete che sono acqua, terra e sale più tre materie dette incorporee, invisibili, fugaci, volatili la cui esistenza però per mezzo d'alcuni sensibili effetti si manifesta e cioè aria, fuoco e spirito o esalazione minerale».[2] È in questo contesto che si inseriscono le analisi di acque naturali fatte dallo speziale del Granduca di Toscana Pietro Leopoldo (1747-1792), il sig. Uberto Francesco Hoefer (1728-1795) che visse a Firenze dal 1765 al 1790, cioè per tutto il periodo del secondo granducato lorenese.[3]

Come chimico analizzò numerose acque della Toscana ma, per il momento solo due pubblicazioni a nome dello stesso Hoefer documentano questa attività. La più importante di queste è quella che riguarda l'analisi dell'acqua del lagone Cerchiaio ed è un volumetto di 56 pagine dal titolo: *Memoria sopra il sale sedativo naturale della Toscana e del borace che con quello si compone, scoperto da Uberto Francesco Hoefer di Colonia sul Reno, Direttore delle Spezierie di S.A.R. il Serenissimo Gran Duca di Toscana, ecc.*,[4] opera pubblicata anche in francese[5] e successivamente in tedesco.[6]

In questa memoria infatti viene dimostrata, per la prima volta, l'esistenza della forma naturale del Sale Sedativo (acido borico) che è presente nelle acque del Lagone Cerchiajo nella zona di Monterotondo, scoperta confermata due anni più tardi da Mascagni (1755-1816) che parla della «celebre scoperta del sale sedativo fatta dal chimico Sig. Uberto Hoefer».[7] Questa scoperta, oltre al suo valore scientifico dovuto al ritrovamento di un prodotto naturale non noto, ebbe una ricaduta economica non indifferente con lo sviluppo di una importante industria estrattiva in quell'area promossa da Francesco de Larderel (1789-1858) agli inizi del XIX secolo e cresciuta attorno ad un villaggio che prese il nome di Larderello.

Tale scoperta ebbe anche una risonanza internazionale poiché il nome di Hoefer compare in trattati di chimica e nella corrispondenza dell'epoca.[8] La

[2] Antonio Cocchi, *Dei bagni di Pisa, trattato di Antonio Cocchi mugellano*, Firenze, Stamperia Imperiale, 1750.

[3] Giovanni Piccardi, *Uberto Francesco Hoefer alla Corte di Pietro Leopoldo di Lorena,* in Paolo Mirone (a cura di), *Atti del IX Convegno di Storia e Fondamenti della Chimica* (Modena, 25-27 ottobre 2001), Roma, Accademia Nazionale delle Scienze detta dei XL, pp. 105-115. Si veda anche la relativa voce nel *Dizionario Biografico degli Italiani* (in corso di stampa).

[4] Firenze, per Gaetano Cambiagi Stamp. Granducale, 1778.

[5] Hubert François Hoefer, *Memoire sur le sel sédatif naturel de la Toscane et du Borax qu'on en compose découvert par …* Traduit de l'Italien par l'Auteur, Florence, par Gaetan Cambiagi imprimeur granducal, 1779.

[6] U.F. Hoefer, *Nachricht von dem in Toscana entdeckten natürlichen Sedatifsalze,* Wien, Hermann, 1781.

[7] Paolo Mascagni, *Dei lagoni del senese e del volterrano commentario di Paolo Mascagni*, Siena, Pazzini Carli, 1779, p. 87.

[8] *Tobern Bergman's foreign correspondence*, a cura di G. Carlid e J. Nordström, Stockolm, Almqvist e Wiksell, 1963. Lettera di Macquer del 1779 (p. 251) e di Guyton de Morveau del 1783 (p. 131).

seconda pubblicazione a nome di Hoefer riguarda l'analisi dell'acqua minerale di Rapolano pubblicata in un opuscolo[9] contenente anche una lettera del Sig. Dott. Domenico Marzi, Potestà di Rapolano ed una memoria del Sig. Dott. Bartolommeo Mesny sulle sue virtù salutari, lavoro ripubblicato anche sulla Gazzetta Toscana.[10] Dalle opere di Hoefer si possono ricavare le notizie sui saggi e sulle valutazioni quantitative effettuate da questo speziale sulle acque esaminate.

Si deve ricordare che nella prima metà del Settecento l'analisi di un'acqua consisteva, oltre all'apprezzamento dei caratteri organolettici e all'osservazione dell'intorno della sorgente, in una serie di saggi qualitativi ed in una determinazione del peso del residuo dopo evaporazione. Quest'ultimo veniva ulteriormente solubilizzato, cristallizzato per il riconoscimento dei sali in essa contenuti. Anche le analisi di Hoefer non si discostano da questo schema e seguono le stesse procedure adottate da autori precedenti che si limitavano alla descrizione del fenomeno osservato all'aggiunta dei reattivi che sono enumerati nella tabella 1. Come scriveva lo stesso Bergman, «sembra che alla metà del sec. XVII la maggior parte dei reagenti fossero conosciuti, ed impiegati; ma se si esaminano le conseguenze, che sono state dedotte da queste esperienze siamo costretti a confessare che non si è sempre dato nel segno, e che si allontanano più, o meno dalla verità».[11]

Nella tabella si possono riconoscere i reattivi per individuare la presenza dei solfuri (aria epatica), indicatori per giudicare se le acque sono acide o alcaline (l'olio forma con queste ultime il sapore che è facilmente riconoscibile per le sue caratteristiche fisiche), la presenza del sale marino (cloruri), di metalli precipitati come carbonati dalla lissivia fissa di tartaro ed infine del ferro con i due ultimi reattivi. La galla è un reattivo del ferro conosciuto fino dalla antichità, infatti questa reazione era nota dalla scoperta degli inchiostri a base di ferro, e come reattivo è ricordata da Plinio che lo ha usato per individuare la presenza di atramentum sutorium (solfato ferroso) che veniva aggiunto, come adulterante, al solfato di rame.[12] La presenza di ferro era confermata dalla formazione dell'Azzurro di Berlino con il reattivo lissivia fissa flogisticata introdotta nella pratica analitica da Marggraf.[13]

Infine il riconoscimento del sale sedativo fu ottenuto osservando il colore verde della fiamma dell'estratto alcolico del residuo secco. Questa colorazione era già stata osservata da Pott (1692-1777) che lavorava sul borace e sul sale sedativo

[9] *Raccolta di opuscoli riguardanti l'acqua minerale acidula ultimamente scoperta in Rapolano*, Firenze, Allegrini, Pisani e Comp., 1776.

[10] «Gazzetta Toscana», 1777, XII, n° 6, p. 22.

[11] Tobern Olof Bergman, *Opuscoli chimici e fisici tradotti in italiano, con aggiunte e note*, Firenze, presso Giuseppe Tofani, 1787, parte I, opuscolo 3, p. 12 (d'ora in poi indicato come B/T).

[12] «Deprehenditur et papyro galla prius macerata; nigrescit enim statim aerugine illita»; Plinio 34/26.

[13] Sigismund Andreas Marggraf, *Opuscules chymiques*, Paris, Vincent, 1742, IIe dissertation, p. 357.

Tabella 1 – *Reattivi utilizzati da Hoefer.*

Argento	—
Rame	—
Ferro	—
Aceto di Litargirio	piombo acetato
Magistero di marcassite	ferro bisolfuro
Tintura viole-mammole	indicatore
Tintura di curcuma	indicatore
Olio	—
Dissoluzione di allume	alluminio e potassio solfato
Acidi minerali	—
Liquore di orpimento	arsenico solfuro
Dissoluzione di borace	sodio tetraborato
Dissoluzione di mercurio nitrosa	mercurio nitrato
Dissoluzione di argento nitrosa	argento nitrato
Lissiva fissa di tartaro	potassio carbonato
Galla in pezzi	acidi gallico e tannico
Liscivia fissa flogisticata	potassio ferrocianuro

ottenuto da questo.[14] Hoefer fece attenzione a non confondere il colore verde della fiamma ottenuto con quello prodotto dai sali di rame che avrebbero potuto provenire dai recipienti usati nelle manipolazioni. I colori che i sali di alcuni metalli impartiscono alla fiamma erano già noti, infatti Marggraf e prima di lui Lowitz (1757-1804) avevano descritto il colore giallo prodotto del nitro minerale (sodio nitrato) e quello bluastro del nitro vegetale (potassio nitrato)[15] come pure Boyle che aveva osservato il colore verde dei sali di rame.[16] La colorazione della fiamma era un fenomeno da descrivere ma ancora non aveva assunto quel ruolo come mezzo di riconoscimento analitico di un componente. Buona fu quindi l'idea di Hoefer di utilizzare il colore verde della fiamma prodotta dall'estere etilico dell'acido borico a scopo analitico poiché non era nota, a quel tempo, alcuna reazione per il suo riconoscimento. L'uso della colorazione di una fiamma avrà il suo massimo impulso con l'introduzione della analisi spettroscopica con i lavori di Kirchhof (1824-1887) e Bunsen (1811-1899). La novità della scoperta del sale sedativo naturale necessitava di ulteriori conferme che venivano evidenziate con undici esperienze consi-

[14] Johann Heinrich Pott, *Dissertation Chymiques*, trad. de Machy, 4 voll., Paris, 1759, vol. II, pp. 319-458.

[15] Marggraf, *Opuscules* cit., IIe diss., p. 386.

[16] Robert Boyle, *The works of Robert Boyle*, London, Pickering & Chatto, 1999, vol. II, p. 145.

stenti nel riprodurre comportamenti già noti del sale sedativo preparato artificialmente dal borace. Si deve ricordare che l'acido borico è un acido molto debole perché poco dissociato e quindi non possiede quelle caratteristiche, come il sapore pungente e la capacità di attaccare i metalli, che a quel tempo erano considerate distintive di quel genere di composti per cui prese il nome di sale. Di queste caratteristiche acide l'Hoefer mise in evidenza la capacità che ha il sale sedativo naturale di spostare tanto l'acido carbonico dal carbonato di sodio quanto l'acido cloridrico dal cloruro di sodio.[17] Hoefer, prima della analisi dell'acqua del lagone Cerchiaio, aveva eseguito la procedura di Homberg per la preparazione dal borace del sale sedativo. Tale esperienza gli fu utile per il riconoscimento di detto sale. Infatti scriveva: «questo era vero Sale Sedativo sublimato, affatto simile al sale sedativo, che otto annisono avevo sublimato dalla mescolanza di un lissivio di Calcothar e di Borace».[18] Ricorre infine a due conferme di carattere pratico sulla veridicità del sale sedativo estratto dalle acque del lagone Cerchiajo e le ottenne facendo provare a chi usava il borace come disossidante o fondente, cioè ad alcuni gioiellieri ed alla Manifattura Ginori di Sesto Fiorentino, dei campioni di borace preparato con il sale sedativo naturale.

I reattivi indicati nella prima tabella avevano principalmente uno scopo qualitativo, cioè di individuare alcune specie presenti nell'acqua, ma alcuni di essi, quelli che formano un precipitato, cioè un prodotto insolubile, cominciavano anche ad avere una applicazione quantitativa per via umida. Già nel XVII secolo il chimico francese Nicola Lemery (1645-1718) aveva fatto i primi esperimenti per individuare quale corrispondenza vi fosse fra un certo peso di argento disciolto in acido nitrico ed il peso del cloruro, insolubile, separato per filtrazione.[19] Questo indirizzo di ricerca proseguì con le ricerche di Wilson,[20] di Black,[21] di Marggraf[22] fino a Bergman che applicò questi risultati alle analisi delle acque.[23] Il metodo usato in quel periodo consisteva essenzialmente nella evaporazione fino a secchezza di un determinato peso di acqua e nella pesata del residuo formatosi. In questo modo si formano dei sali che, come nel caso dei bicarbonati presenti nell'acqua, passano a carbonati formando con il calcio eventualmente presente una sostanza insolubile (calcio carbonato) che non ha carattere di reversibilità. Il trattamento con acqua del residuo ottenuto provoca quindi il ridiscioglimento dei sali solubili che possono essere separati da quelli insolubilizzabili con una semplice filtrazione per filtro di

[17] HOEFER, *Memoria* cit., pp. 38-39.

[18] *Ivi*, p. 44.

[19] NICOLAS LEMERY, *Cours de Chymie*, Paris, 1675, p. 101.

[20] C. WILSON, *Course of practical chemistry*, London, 1746, p. 29.

[21] JOSEPH BLACK, *Lectures on the Elements of chemistry delivered in the University of Edinburg by the late Joseph Black*, London, Longmans & Rees, 1803, vol. II, p. 662.

[22] ANDREAS SIGISMUND MARGGRAF, *Chemischen Schriften*, *Erster Teil*, *Neue verbesserte Auflage*, Berlin, Mever, 1768: «XVII Neue Methode das Silber durchs Acidorum salis zu hochsten Feine zu bringen», p. 261.

[23] B/T, op. 3, p. 84.

carta sugante. Dalla differenza di peso del filtro seccato si ricava il peso delle sostanze insolubili o solo parzialmente insolubili essenzialmente terra assorbente (calcio carbonato) e selenite (calcio solfato).

Trattando il filtro con un acido (non solforico) la terra assorbente *fermenta*, ossia sviluppa biossido di carbonio, ed il calcio passa in forma solubile che si allontana per lavaggio. Il residuo rimasto sul filtro, seccato, permette di conoscere il peso della sola selenite. In alcune analisi di Hoefer ritroviamo valutate le concentrazioni tanto della terra assorbente quanto della selenite nella medesima acqua indicando la applicazione di questa procedura. I sali solubili, che erano passati attraverso il filtro venivano nuovamente ricristallizzati e, come scrive lo stesso Hoefer*:* «esaminai questo sale per mezzo di più cristallizzazioni replicate adoperando reagenti …».[24] Questa affermazione fa supporre che nella sua pratica analitica fosse risalito alla concentrazione di cloruri e di solfati proprio grazie all'uso di sali di argento e di bario, dei quali si conosceva già il rapporto stechiometrico.

L'elenco delle acque analizzate da Hoefer si può ricavare dalla traduzione italiana degli *Opuscoli* del Bergman, edita da Giuseppe Tofani e curata da Giovanni Fabbroni (1752-1822): «noi qui esporremo i componenti della maggior parte delle Acque Minerali Toscane fattici conoscere con esatta analisi dal celebre discopritore del Sale Sedativo naturale Toscano, e gentilmente da Esso comunicataci per tale effetto».[25] Oltre che di Fabbroni, come testimonia Renato Pasta,[26] l'opera si avvalse anche del contributo di Gaetano Cioni (1760-1851).

Nel testo delle «aggiunte» viene riportato, in forma succinta e con qualche nota, la composizione di tredici acque analizzate da Hoefer. Al termine dell'opera vengono riportate quattro tavole sinottiche fuori testo con la composizione di diverse acque naturali.

Le analisi delle acque fatte da Hoefer sono ricordate anche dal dott. Bruni, medico, infermiere dell'I. e R. Spedale degl'Innocenti di Firenze, socio dell'Accademia dei Georgofili, della Colombaria, ecc..[27] In questo volume il Bruni ripercorre la storia di molte sorgenti note a quel tempo. La descrizione delle proprietà terapeutiche di ciascuna acqua si accompagna ad una citazione della sua composizione e del chimico che l'aveva ricavata sperimentalmente. La parte chimica è sintetizzata un una serie di cinque tabelle delle quali le ultime tre sono dedicate alle acque della Toscana. Lo scopo di queste tabelle viene così illustrato: «e per questo ho creduto non tanto necessario, quanto utile di esporre un quadro, alla di cui ultima linea è notato il nome dei respettivi e più recenti analizzatori, i più culti nella chimica moderna, e i più sicuri nell'esposizione dei principj, che in ciaschedun'acqua ritrovansi».[28]

[24] HOEFER, *Memoria* cit*.,* p. 27.

[25] B/T, op. 7, p. 60.

[26] Sulla figura del Tofani vedi RENATO PASTA, *Scienza, politica e rivoluzione*, Firenze, Olschki 1989, p. 202.

[27] FRANCESCO BRUNI, *Sopra i bagni degli antichi*, Firenze, Fantosini, 1811.

[28] *Ivi*, p. 62.

Le sorgenti, delle quali è stato possibile raccogliere dati circa l'opera di Hoefer vengono qui ricordate disponendole secondo l'ordine alfabetico e localizzandole secondo la descrizione fatta da Repetti[29]

Sorgente di ASCIANO – L'acqua è indicata da B/T come acidula di Asciano avendo la sua origine dal monte Asciano. Era in realtà nota col nome di Bagni di Montalceto e il Repetti la localizza: «In Val d'Ombrone senese sopra il poggio di Asciano, a levante della via R. Laurentana». Baldassarri,[30] Battini[31] e Santi,[32] che si sono interessati a quest'acqua non ricordano l'Hoefer come analista. Solo il Targioni Tozzetti (1785-1856) scrive: «Furono quindi rammentate le acque di Montalceto nel tomo I degli *Opuscoli* del Bergman, tradotti in Italiano e stampati da Giuseppe Tofani, nelle aggiunte fatte alla dissertazione che ha per titolo: *Delle acque medicinali fredde artificiali*».[33] Come si vede già qualche decennio dopo la pubblicazione del Tofani questa era l'unica fonte di notizie sulle analisi di Hoefer, come fanno notare anche altri chimici di quel periodo.

Sorgente BIFONICA – In val d'Ema, Galluzzo, Firenze. «Quest'acqua puzza di Fegato di Zolfo, e gorgoglia di fluido elastico nel suo cratere. Ciò non ostante piacque all'Autore di chiamarla acqua flogistica piuttosto che epatica, perché si era fatta legge di chiamare flogistiche quelle acque le quali tingono in colore dorato l'argento che vi si immerge, ed epatiche quelle nelle quali l'argento vi diviene di color nero. Si spera di veder ripubblicata altra Analisi fatta posteriormente di quest'acqua dal Dott. Zuccagni, ed altra recentissima ed esattissima del Celebre Direttore Fontana».[34] Questi risultati non furono più trovati come ci fa sapere Bruni, perché «si sono perduti fra i loro manoscritti, o non me ne è pervenuta contezza alcuna, non ostante molte ricerche da me fatte su tal proposito».[35]

Nel 1777 il Dott. Mesny pubblicava una sua analisi.[36] Barthelemy Mesny fu un medico che partecipò attivamente alla vita scientifica del periodo lorenese. Nel 1739 compare nel registro dei provisionati della *Farmacia e Fonderia* come aiuto[37]

[29] EMANUELE REPETTI, *Dizionario Geografico Fisico Storico della Toscana*, Firenze, 1841, 6 voll.

[30] GIUSEPPE BALDASSARRI, *Osservazioni ed esperienze intorno ai bagni di Montalceto*, Siena, Bindi, 1779.

[31] DOMENICO BATTINI, *Ricerche intorno alle acque minerali epatiche ed alla analisi chimica di diverse acque minerali dello stato di Siena*, Siena, Pazzini Carli, 1793.

[32] GIORGIO SANTI, *Viaggio al Montamiata*, Pisa, Prosperi, 1795.

[33] ANTONIO TARGIONI TOZZETTI, *Dei bagni di Montalceto*, Firenze, Galletti, 1835.

[34] B/T, op. 7, p. 63.

[35] BRUNI, *Bagni* cit., p. 83.

[36] *Lettera scritta dal Sig. Dottore Bartolommeo Mesny medico della Real Corte di Toscana sopra dell'acqua di Bifonica al sig. Dott. Gio. Francesco Gastone Molinelli*, Firenze, nella stamperia di Giuseppe Tofani, 1777.

[37] ASF. Depos. Gen. appendice f. 836.

e nel 1745 fu nominato direttore della Spezieria.[38] Socio dell'Accademia di Nancy e dal 1758 anche di quella dei Georgofili analizzò e pubblicò i risultati delle acque di Asciano (1757), dei Bagni di Pisa (1758), e della sorgente Bifonica (1763). Nel 1767, per una risoluzione del Granduca Pietro Leopoldo Mesny lasciò il posto di Direttore delle Spezieria al dott. Giorgio Lagusius[39] rimanendo come medico della Casa. Muore il 21 agosto 1787.[40]

Sorgente di Càscina e Peccioli detta di CASCIANA – Anticamente Castrum de Aquis, nella valle dell'Era alla sinistra del fiume Cascina.

Lagone di MONTE CERBOLI – In val di Cecina, circa miglia 4 a scirocco delle Pomarance, Diocesi di Volterra. L'acqua ha un sapore d'inchiostro, e il suo calore supera i gradi 80 Reaumur.

Lagone di MONTE ROTONDO – Acqua del Lagone di Monterotondo detto Cerchiajo.

Sorgente di PILLO – In Val'Elsa, alla sinistra del fiume sulle pendici settentrionali del poggio di Gambassi, 4 miglia a levante di Montajone.

Sorgente di RAPOLANO – Bagno - In Val d'Ombrone senese, alla sinistra del fiume, nelle colline poste a settentrione e a libeccio delle terre di Rapolano.

Sorgente di RAPOLANO – Minerale - nota come sorgente di Armajolo che fu scoperta dal Dott. Mesny nell'anno 1776 ed analizzata da Hoefer lo stesso anno. I risultati dell'analisi e le proprietà terapeutiche dell'acqua descritte dal Mesny sono state pubblicate in un opuscolo.[41]

Sorgente di RIO / ISOLA D'ELBA – Acqua della Palazzina del Piano delle Fabbriche nella miniera di ferro di Rio. Nasce come stillicidi nel ripiano inferiore della miniera del ferro. Il primo ad interessarsi di questa acqua fu il dott. Buzzegoli di Firenze che nel 1762 diede alla luce un piccolo trattatello storico-fisico-medico con l'analisi dell'acqua ferruginosa. Successivamente Hoefer ed altri si interessarono della sua composizione. Era un'acqua considerata utile per le sue proprietà terapeutiche, per questo inviata alla farmacia fiorentina e la documentazione di alcune spedizioni vengono riportate in dettaglio nelle note delle spese esistenti all'Archivio di Stato di Firenze.

Sorgente di RIO / CHITIGNANO – Nel Val d'Arno Casentinese alla confluenza del torrente Rio nel Rassina sulla pendice occ. dell'Alpe di Catenaja fra Caprese e Pieve di Santo Stefano.

[38] ASF. Depos. Gen. appendice f. 858.
[39] ASF. IRC f. 5437/1.
[40] ASF. Depos. Gen. appendice f. 886; vedi anche PASTA, *Scienza* cit., p. 53.
[41] *Raccolta di opuscoli* cit., p. 29.

Sorgente SAN MICHELE DELLE FORMICHE – In val di Cecina fra Pomarance e Monte Cerboli.

Sorgente SAN QUIRICO / Acidula.

Sorgente SAN QUIRICO / Termale – In Val d'Orcia sulla ripa destra del fiume di rimpetto al Poggio di Rocca d'Orcia.

In una seconda tabella sono schematizzate alcune notizie riguardanti le analisi effettuate da Hoefer e ricavate sempre dal B/T. Vi è riportato l'anno in cui fu effettuata l'analisi, la classificazione dell'acqua, e la presenza alla sorgente di biossido di carbonio (CO_2) e di acido solfidrico (H_2S). Lo Zuccagni Orlandini scrive che per l'acqua di Pillo *fu fatto il primo esame chimico nel 1788 dal Farmacista della Reale Corte Hoefer*.[42] Questa data è poco verosimile sia perché il 1788 è l'anno di pubblicazione della traduzione degli opuscoli del Bergman dove è riportata detta analisi ma anche perché, come scrive sempre lo Zuccagni Orlandini *l'Hoefer, Direttore delle Farmacie in Toscana, visitò Montione nel 1786, ed erasi proposto analizzare quell'acqua, ma sembra che ne fosse impedito dall'eta provetta*.[43] A quel tempo Hoefer aveva 58 anni.

I due componenti che figurano nelle ultime due colonne del precedente elenco dei sali presenti nelle acque meritano alcune osservazioni. Si deve ricordare che Hoefer ottenne il diploma di speziale a Vienna[44] quindi prima del 1765, anno in cui si stabilì a Firenze, cioè nel periodo del massimo riconoscimento della teoria del flogisto. Era quindi, come tutti i chimici di quel periodo, un sostenitore della teoria di Stahl (1660-1734) ed in quattro acque di quelle analizzate individuò la presenza del flogisto dando anche valutazioni sulla sua consistenza con espressioni del tipo *un flogistico attenuato* oppure *un flogisto molto aderente all'acqua*. Non si conosce i criteri che hanno guidato Hoefer nella individuazione delle acque contenenti il flogisto ma si tratta in tutti i casi di acque a carattere riducente per la presenza di acido solfidrico. Poiché il flogisto può essere considerato chimicamente come un riducente questa affermazione non sarebbe sbagliata. In due delle acque analizzate, Monte Rotondo e San Michele delle Formiche entrambe contenenti acido solfidrico, Hoefer individuò la presenza di grasso terrestre o materia oleosa anche in questo caso senza darne una spiegazione. Certo queste due acque presentano delle caratteristiche particolari infatti quella del lagone Cerchiajo fu analizzata anche dal Maret (1726-1785) nel laboratorio di Digione, *analisi effettuate dopo un lungo trasporto e quiete del campione*. Il Tofani spiega: *Il flogisto, la materia oleosa ritrovata da Hoefer in quest'acqua, e l'odore epatico che manifesta alla sorgente non più esisteva*

[42] ATTILIO ZUCCAGNI ORLANDINI, *Ricerche statistiche sul Granducato di Toscana*, Firenze, Tofani, 1852, III, p. 184.

[43] *Ivi*, p. 203.

[44] ASF. IRC f. 2256.

Tabella 2 – *Acque analizzate da Hoefer, secondo Tofani.* (Bergman, Opuscoli chimici e fisici, Firenze 1787).

Nome	Anno	class.	CO_2	H_2S	flog.	gr. terr.
Asciano	—	A	X	—	—	—
Bifonica	1776	F	X	X	X	—
Casciana	—	C	—	—	—	—
Monte Cerboli (lagone)	—	Z	—	X	—	—
Monte Rotondo (lagone)	1777	S	—	X	X	X
Pillo	—	A	X	—	—	—
Rapolano (bagno)	1776	F	X	X	X	—
Rapolano (minerale)	1776	A	X	—	—	—
Rio - Elba	1774	V	—	—	—	—
Rio - Chitignano	—	A	—	X	—	—
S. Michele delle Formiche	1777	E	—	X	—	X
S. Quirico (minerale)	1773	F	X	X	X	—
S. Quirico (bagno)	1773	C	—	—	—	—

Classificazione

A - Areata-acidula
C - Catartica – calda
E - Epatica
F - Flogistica
S - Sedativa
V - Vetriolica
Z - Zulfurea

Didascalie

Nome - nome della sorgente
Anno - anno in cui è stata effettuata l'analisi
class. - classificazione secondo Tofani
CO_2 - presenza di aria elastica
H_2S - presenza di aria epatica
flog. - presenza di flogisto
gr. terr. - presenza di grasso terrestre

quando ne fece l'analisi Maret, e in quella vece eravi aria pura, e dose maggiore di zolfo nel sedimento.[45] I circa 2,8 grammi di zolfo su chilo di acqua e la presenza di aria mostrano che era avvenuta la completa ossidazione di una non indifferente presenza di sostanze solforate presenti nell'acqua del lagone al momento del prelievo. L'acqua di San Michele delle Formiche, che il Tofani dice di avere l'odore del Fegato di Zolfo (potassio polisolfuro), fu analizzata anche dal Giulj che vi trovò fra l'altro circa 0,14 grammi di Resina puzzolente su chilo di acqua ed aggiunge che *l'odore spiacente e forte, che tramanda quest'acqua, mi fece sospettare, che potesse portar seco quella Resina puzzolente scoperta da Basse e Westrumb nel 1805 nell'acqua solforosa di Hammeln.* Giulj spiega anche il modo di isolarla ma non fornisce alcuna indicazione sulla sua natura.[46]

Nel 1833 infatti veniva pubblicata a Firenze un'opera dedicata alle acque

[45] B/T cit., op. 7, p. 68.

[46] Giuseppe Giulj, *Storia naturale di tutte l'acque minerali di Toscana ed uso medico delle medesime*, Firenze, Piatti, 1833.

toscane scritta da Giuseppe Giulj[47] nella quale vengono riportate le analisi fatte dallo stesso Giulj sulla base di un procedimento analitico proposto da Bergman[48] e da Thenard (1777-1857) riportato nell'ultima edizione del suo trattato di Chimica.[49] Giulj, che già aveva analizzato l'acqua di Montione pubblicandone i risultati,[50] ricevette «il 17 agosto 1828 la superiore incombenza di percorrere il Granducato per esaminare, raccogliere …».[51] Il suo incarico di viaggiatore ed analista si concluse cinque anni più tardi con la pubblicazione dell'opera in sei volumi sulle acque della Toscana.

Nelle acque i vari componenti sono presenti come ioni (sodio, calcio, cloruro, solfato, ecc.) e la formazione di sali si ha solo al momento della cristallizzazione. Per una stessa acqua si possono quindi avere formazione di sali diversi a seconda del metodo e dei reattivi usati per cui la scoperta di nuovi sali presenti in un'acqua, come talvolta veniva evidenziato, era solo fittizia. Per questo motivo non è possibile effettuare un confronto della composizione della stessa sorgente dai dati di analisi diverse. L'unica grandezza affidabile è il peso del residuo secco prodotto dalla evaporazione dell'acqua o ricavato dalla somma dei sali come riportato nella tabella 3.

La terza tabella riporta appunto queste grandezze ottenute dai risultati delle analisi di Hoefer e di altri sempre espresse in grani su libbra (gr/Lb). La prima colonna contiene il nome della sorgente mentre nella seconda e nella terza sono riportati i valori ricavati dal volume del Bergman. Le due colonne contraddistinte con le sigle *B/T txt* e *B/T tab* significano che i valori riportati provengono, rispettivamente, dal testo del volume e dalle tabelle poste al termine di esso. Scorrendo queste due colonne si osservano subito delle differenze riportate nella stessa opera per la medesima sorgente, per es. per l'acqua di Monterotondo nel testo[52] si legge che in tre libbre di campione sono presenti 110 grani di sale sedativo, che è il componente principale. Questo valore è riportato tale e quale nella tabella dove il contenuto è espresso come gr/Lb di acqua. Analogamente per l'acqua di Pillo i 101 gr/Lb di sale marino[53] diventano 110 nella tabella e sempre nella tabella sono omessi alcuni componenti come nel caso delle acque termali di Rapolano e dell'acqua di Rio dell'Isola d'Elba. La quarta colonna contiene i valori ricavati dalle tabelle poste alla fine dell'opera del Bruni.[54] Dal suo esame risulta subito che, a

[47] Dopo la laurea in medicina conseguita all'Università di Pisa, esercitò presso l'Arcispedale di Santa Maria Nuova di Firenze e poi all'ospedale di Sinalunga. Fu il primo titolare della cattedra di botanica e storia naturale della Università di Siena.

[48] B/T, op. 3, p. 89.

[49] LOUIS-JACQUES THÉNARD, *Traité de chimie élémentaire, théorique et pratique*, Paris, 1813-1816.

[50] GIUSEPPE GIULJ e ANTONIO FABRONI, *Dell'acqua acidula minerale di Montione presso Arezzo. Memoria fisico-chimica,* Arezzo, Loddi, 1808.

[51] GIULJ, *Storia* cit., vol. I, p. v.

[52] B/T, op. 7, p. 66.

[53] B/T, op. 7, p. 62.

[54] BRUNI, *Sopra i bagni* cit.

Tabella 3 – *Residuo secco o Somma dei sali* (Espresso in grani su libbra).

Sorgente	B/T txt	B/T tab	Bruni	Giuli	Altri	
Asciano	17,6	17,6	—	9,6	17 A	—
Bifonica	12	12	1,2	—	12,6 B	—
Casciana	20,5	20,5	2,05	16	21,5 L	—
Monte Cerboli	23,2	23,2	1,37 a	—	—	9 F
Monte Rotondo	36,6	110 b	11	—	34,1 C	—
Pillo	109,6	118,6 c	11,85	86	—	—
Rapolano - bagno	30	14 d	2,40 e	13,2	—	33 G
Rapolano - acidula	18,5	18,5	—	14,8	18,5. D	20 H
Rio - Elba	9	8,6 f	0,855	38	38 M	22,5 N
Rio - Chitignano	7,7	—	6,58 g	14	7,4 E	—
S. Michele delle Formiche	12	14	1,36	2,9	—	—
S. Quirico - acidula	26,3	26,3	2,63	—	—	—
S. Quirico - termale	44,6	44,6	4,46	18,4	—	—

a - manca il sal fontano
b - su 3 libbre
c - 110 invece di 101
d - mancano dei componenti
e - solo carbonati
f - manca l'ocra
g - x 100

parte la non inclusione di alcuni componenti, i valori sono quelli della colonna B/T tab (espressi in gr/Lb) divisi per 10. Non si capisce la ragione di questo errore sistematico ed una ipotesi potrebbe essere che abbia solo moltiplicato per 10 per esprimere il contenuto in grani su 100 libbre di campione come viene specificato nel titolo della tabella stessa. Una ulteriore colonna, indicata come «Giulj», riporta i valori delle sue analisi che, come si vede, sono molto diversi.

Vengono infine presentati i valori ottenuti da altri analisti che hanno operato anche nella prima metà del secolo XIX. Se si confrontano i valori riportati, escludendo quelli della colonna Giulj, si può osservare una certa omogeneità. Si deve però ricordare che, oltre alla difficoltà di ottenere dati certi per carenza di metodi affidabili, esiste la possibilità che i campioni non siano stati sempre omogenei anche per motivi meteorologici. Il basso contenuto trovato nell'acqua di Monte Cerboli dal Targioni Tozzetti in confronto con il dato di Hoefer potrebbe essere dovuto ad un apporto di acqua piovana visto che viene prelevato da un luogo aperto come è un lagone. Questo fenomeno è osservato dal Gazzeri (1771-1847), professore di chimica farmaceutica alla scuola dello Spedale di Santa Maria Nova a Firenze, che in una seconda analisi della stessa acqua delle Terme di Casciana trova solo 14,4 gr/Lb che, come scrive lui stesso, «per qualche pioggia avvenuta era notabilmente indebolita, contenendo in soluzione una minor proporzione di materie saline».[55]

[55] GIUSEPPE GAZZERI, *Lettera al Sig. March. Gino Capponi relativa all'analisi delle acque termali di Casciana*, «Antologia», XXIII, 1826, pp. 155-167.

A proposito delle analisi di Hoefer sulle acque delle sorgenti di Rapolano, Targioni Tozzetti scrive: «Il chimico e farmacista della Corte di Toscana fece l'analisi dell'acqua minerale sulfurea … ma questa analisi non dà a conoscere la vera natura di quell'acqua. Nel 1776 fece anche l'analisi dell'altra acqua minerale, che ora conoscesi col nome di Acqua di Armajolo o di Colle, la quale fu detta Acqua acidula di Rapolano in addietro dal dott. Mesny, che il primo l'indicò per l'uso medicinale (vedi raccolta opuscoli cit. 1776). Per la qual cosa molti equivocarono nel dar conto dell'antica sorgente sulfurea, riferendo a questa l'analisi che l'Hoefer aveva fatto dell'altra: il Paganini nella sua Notizia compendiata di tutte le acque e Bagni d'Italia, pag. 44, cita l'acqua acidula di Rapolano e quella di Armajolo come due acque distinte, riportando l'analisi dell'Hoefer, mentre sono le medesime».[56]

Non è facile stabilire la veridicità di queste affermazioni, ma certo le due analisi presentate da Tofani per le due sorgenti (bagno e acidula) sono diverse poiché la prima ha un residuo doppio della seconda. Inoltre, secondo Hoefer, l'acqua del bagno contiene acido solfidrico e non l'altra (vedi tab. 2) come confermato anche dal Giulj.[57]

La scarsa attenzione nel riportare i valori delle concentrazioni che si osserva nel periodo dove ha operato Hoefer deriva presumibilmente dalla mancata presa di coscienza verso l'analisi quantitativa. Osservando, nella tabella 3, le analisi del periodo successivo (prima metà del XIX secolo) si nota una decisa transizione da una cultura preminentemente erudita verso una maggiore sensibilità scientifica. Si deve ricordare che proprio verso la fine del 700 furono presentati i primi risultati sulla composizione dei sali per opera di Wenzel (1740-1793),[58] di Bergman[59] e di Kirwan (1733-1812)[60] che promovevano una maggiore accuratezza nelle valutazioni stechiometriche. Hoefer non partecipò a questo rinnovamento perché, probabilmente, aveva terminato la sua attività di analista di acque sebbene si fosse recato nel 1786 a visitare la sorgente di Montione, secondo Zuccagni Orlandini.[61] Nel periodo successivo Hoefer fu impegnato nel trasloco della Farmacia Reale dal Giardino di Boboli a Piazza San Felice. Nel 1784 fu accolto nella Accademia dei Georgofili dove partecipò attivamente alle sedute e presentò (1785-1789) alcune memorie di un certo interesse.

[56] *Analisi chimica delle acque di Rapolano* cit.
[57] *Storia* cit., vol. 3, p. 90.
[58] Carl Friedrich Wenzel, *Lehre von der Verwandtschaft der Körper*, Dresden, 1777.
[59] *De analysi aquarum*, Upsala 1778; B/T, op. 3, pp. 99-106.
[60] Richard Kirwan, *Elements of Mineralogy*, London, 1784.
[61] *Ricerche statistiche* cit., vol. 3, p. 203.

Riassunto – Hoefer, durante il periodo di permanenza a Firenze, analizzò alcune acque del granducato. Vengono riportati i risultati di queste analisi, una ricostruzione del metodo impiegato ed un confronto con i dati di altri autori dello stesso periodo. Infatti alla fine del sec. XVIII si osserva, oltre alla diffusione delle nuove idee sulla chimica, la applicazione di nuovi metodi sistematici di analisi. Questi due stimoli condussero ad un deciso rinnovamento della chimica analitica delle acque come documentato dai chimici della prima metà del XIX secolo.

BIBLIOGRAFIA TABELLA 3

A - Targioni Tozzetti, Antonio, Dei bagni di Montalceto, Firenze, Galletti, 1835.
B - Lettera scritta dal Sig. Dottore Bartolommeo Mesny sopra dell'acqua di Bifonica al sig. Dott. Gio. Francesco Gastone Molinelli, Firenze, Tofani, 1777, 27 pp.
C - B/T, opus. VII, p. 68: analisi di Maret.
D - Hoefer, Raccolta di opuscoli cit. 1776.
E - Calamandrei, Carlo, Analisi dell'acqua minerale del Rio Chitignano, Firenze, Attilio Tofani, 1824.
F - Targioni Tozzetti, Antonio, Delle acque minerali di Montecerboli della Provincia volterrana 1846.
G - Targioni Tozzetti, Antonio, Analisi chimica delle acque solfureo-termali di Rapolano nella Provincia superiore senese eseguita nel 1834, Firenze, Galletti, 1835.
H - Targioni Tozzetti, Antonio, Le acque minerali e termali di Armajolo della Provincia Senese, Siena 1843.
L - Gazzeri, Giuseppe, Lettera del Prof. G.G. al Sig. March. Gino Capponi relativa all'analisi delle acque termali di Casciana, estratto da l'Antologia n° 69, 1826.
M - Pandolfini Barbieri, G.B., Storia ed analisi chimica delle acque acidule-marziali di Rio dell'Isola d'Elba, Livorno, Giorgi, 1826.
N - Magnani N. e Begni G., Analisi chimica dell'acqua ferruginosa di Rio dell'Elba, Livorno, Migliaresi e Carrarini, 1834.

FERDINANDO ABBRI*

Théodore Baron e la chimica francese alla metà del Settecento**

Théodore Baron and French chemistry in the mid-18th century

Summary – In 1675 Nicolas Lémery (1645-1715) published his *Cours de chymie* which had an extraordinary European diffusion in the French original text and in translations in Latin and in various modern languages. In 1677 it was translated into English. This *Cours* granted Lémery a very important role in the Paris Académie Royale des Sciences and in the French scientific context. In his textbook the mechanical approach and the tradition of medical and pharmaceutical chemistry were unified, producing a clear exposition of a chemistry viewed as a strong aid for medical progress. At the half of the eighteenth century, physician Théodore Baron (1715-1768) reprinted Lémery's textbook with a lot of notes, corrections and integrations in which a chemistry was exposed that was different from Lémery's. At that time mechanical chemistry had declined in the French context and a specific form of Stahlianism constituted the new chemical orthodoxy.

The paper aims at giving some information on Baron's edition in order to enlighten a crucial phase in the history of French chemistry that the historiography of chemistry has not duly considered. The paper also seeks to emphasise the relevance in the history of science of the annotated editions of texts as instruments for the presentation of critical or opposing ideas.

Nelle vicende della chimica del Settecento esiste una zona grigia che non è stata ancora del tutto illuminata dall'indagine storica e che riguarda i tempi e i modi di passaggio dalla tradizione francese di chimica medica e farmaceutica all'accettazione di concetti stahliani, ossia fondati su una visione «flogistica» dei principali processi chimici. Gli studi pionieristici di Hélène Metzger costituiscono ancora oggi un referente essenziale per lo studio della chimica francese tra Sei e Sette-

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

** Relazione presentata al X Convegno Nazionale di «Storia e Fondamenti della Chimica» (Pavia, 22-25 ottobre 2003).

cento.[1] Com'è noto, alla fine del Seicento (1699) la riforma dell'Académie royale des sciences di Parigi aveva favorito un riconoscimento ufficiale della «chimica» attraverso l'ingresso in Accademia del più famoso chimico e farmacista francese del tempo, ossia di Nicolas Lémery (1645-1715). Lémery era l'autore di un fortunatissimo *Cours de chymie* (1675) che nel testo originale francese e in traduzione aveva conosciuto una diffusione straordinaria in tutt'Europa. Nel 1715 Fontenelle, nel suo *Éloge* di Lemery, notò che il *Cours* si vendeva come «un Ouvrage de galanterie ou de satire».[2] Le sole traduzioni italiane del *Cours* di Lémery e del suo *Traité de l'Antimoine* (1707), forniscono un indice significativo della diffusione delle concezioni francesi di chimica.[3] Il *Cours* costituisce la testimonianza sia della prestigiosa carriera di un farmacista di provincia, appartenente in origine ad una famiglia protestante, nella Francia di Luigi XIV e della revoca (1685) dell'Editto di Nantes, sia dei difficili percorsi compiuti dalla chimica per affermarsi come scienza, culturalmente e socialmente percepita come disciplina specifica.[4]

Nel contesto francese Lémery, i suoi due figli Louis e Jacques (entrambi membri dell'Académie des sciences), Wilhelm (Guillaume) Homberg, Simon Boulduc stabilirono un preciso stile di fare chimica che emerge con forza dai vari lavori e saggi pubblicati nella nuova collezione dei *Mémoires* dell'Académie parigina. Questo stile si fondava su una visione meccanicista della materia che si univa a quello che era considerato lo scopo principale della chimica ossia la preparazione di medicamenti: gran parte dell'attività sperimentale del chimico aveva a quel tempo carattere e scopo farmaceutici.[5]

Nel 1999 Michel Bougard ha pubblicato una grossa monografia sulla chimica di Nicolas Lémery che costituisce un contributo storiografico importante, in particolare allo studio della pratica chimica di Lémery e delle sue concezioni di fisiologia.[6] Giova ricordare che alla iniziale formazione di farmacista a Montpellier e a Parigi, Lémery aveva unito gli studi di medicina e si era laureato (1683) in medicina all'Università di Caen, anche se la dimensione farmaceutica della ricerca rimase quella prevalente nel corso della sua intera carriera.

Si è molto discusso delle ragioni che stanno alla radice del successo dell'opera

[1] Hélène Metzger, *Les doctrines chimiques en France du début du XVIIe à la fin du XVIIIe siècle*, Paris, Albert Blanchard, 1969 (prima edizione: 1923).

[2] *Histoire de l'Académie Royale des sciences, avec les Mémoires de mathématique et de physique, Année 1715*, Paris, 1741 (seconda edizione), p. 76.

[3] Michel Bougard, *La chimie de Nicolas Lemery*, Turnhout, Brepols, 1999, pp. 393-437.

[4] Robert P. Multhauf, *The origins of chemistry*, London, Oldbourne Book, 1966, pp. 257-273. Allen G. Debus, *Chemistry and the Medical Debate. Van Helmont to Boerhaave*, Canton MA, Science History Publications, 2001, pp. 175-222.

[5] René Taton (ed.*), Enseignement et diffusion des sciences en France au dix-huitième siècle,* Paris, Hermann, 1986.

[6] Bougard, *La chimie* cit. Si veda anche Jean-Claude Guédon, *Protestantisme et chimie: le milieu intellectuel de Nicolas Lemery*, «Isis», LXV, 1974, pp. 212-228.

di Lémery e tra queste ragioni va senza dubbio annoverata una crescente diffusione della cultura della chimica, soprattutto nelle sue interazioni con la medicina. Proprio l'attività didattica e di ricerca in un luogo istituzionale importante come il parigino Jardin des Plantes[7] e l'esistenza di negozi di farmacisti come centri d'insegnamento e diffusione della pratica chimica avevano favorito la crescita di una diversa percezione sociale della chimica medica. Giova ricordare che il contesto storico di quella disciplina che chiamiamo chimica era costituito, nella prima età moderna, da un insieme eterogeneo di concetti e di pratiche sperimentali e di laboratorio.[8] I concetti della «chimica» derivavano da tradizioni ben diverse che spaziavano dall'alchimia alle attività mineralogiche e metallurgiche. La fortuna e la diffusione del *Cours* di Lémery sono probabilmente da ascrivere non tanto alla breve parte teorica, che non presenta particolari caratteri d'originalità, quanto piuttosto alla parte analitica e sperimentale che compendiava invece una grande massa di conoscenze empiriche e di risultanze di laboratorio in una organizzazione letterariamente efficace. Lo studio dell'evoluzione del contenuto delle diverse edizioni del *Cours* effettuato da Bougard[9] rivela la sostanziale fissità della parte teorica e l'ampliamento continuo di tutte le sezioni dedicate alle innumerevoli sostanze dei tre regni analizzate nel testo. È indubbio quindi che l'opera di Lémery costituì per molto tempo un repertorio di conoscenze, operazioni e esperienze chimiche che veniva valutato come tale, indipendentemente dall'inquadramento teorico e dalla dottrina dei principi chimici esposta nelle pagine iniziali.

Se i Lémery, Homberg e gli altri farmacisti e medici della Accademia stabilirono una tradizione di chimica, resta aperta la questione dei momenti di passaggio ad approcci flogistici. L'insegnamento di Guillaume-François Rouelle (1703-1770) al Jardin des Plantes, le voci di chimica dell'*Encyclopédie* di Diderot e D'Alembert, scritte da Gabriel-François Venel (1723-1775), e le prime opere di Pierre-Joseph Macquer (1718-1784) e Antoine Baumé (1728-1804) compongono quello che è stato definito lo «stahlismo francese»,[10] ma siamo già, cronologicamente, alla metà del secolo e negli anni sessanta del Settecento. Nelle pagine dell'*Encyclopédie* Venel aveva liquidato ogni forma di meccanicismo chimico, tracciato i confini della chimica rispetto alla fisica, delineato la storia di questa disciplina che era scandita, nella sua configurazione moderna, dai nomi di Johann Joachim Becher e Georg

[7] YVES LASSIUS, *Le Jardin du Roi*, in R. TATON (ed.), *Enseignement* cit., pp. 287-341. RHODA RAPPAPORT, *G.-F. Rouelle: An Eighteenth Century Chemist and Teacher*, «Chymia», VI, 1960, pp. 68-101.

[8] MULTHAUF, *The origins* cit.; MARCO BERETTA, *The enlightenment of matter. The definition of chemistry from Agricola to Lavoisier*, Canton MA, Science History Publications, 1993.

[9] BOUGARD, *La chimie* cit., pp. 412-417.

[10] RAPPAPORT, *Rouelle and Stahl – The Phlogistic revolution in France*, «Chymia», VII, 1961, pp. 73-102. MARTIN FICHMAN, *French Stahlism and Chemical Studies of Air, 1750-1770,* «Ambix», XVIII, 1971, pp. 94-122.

Ernst Stahl.[11] Resta dunque inesplorato quell'arco cronologico che va dal declino dell'influenza dei Lémery all'inizio (1742) dell'insegnamento di Rouelle al Jardin.

Diversi anni fa[12] ho segnalato l'importanza dei lavori di chimica del medico e chimico Étienne-François Geoffroy (1672-1731), professore al Collège Royal, dimostratore al Jardin e presidente della facoltà di Medicina della Sorbona. Particolare interesse rivestono le sue concezioni sulla calcinazione e la combustione, che si posero in pieno dissenso con l'approccio dei Lémery e di Homberg, e mostrano l'influenza delle concezioni di Becher. Vale la pena di ricordare che le opere del chimico e alchimista tedesco, prima dell'edizione nel 1703 della sua *Physica subterranea* a cura di Stahl, che segna, senza dubbio, una data cruciale nella storia della prima chimica moderna, avevano conosciuto una discreta diffusione in Europa, com'è provato dalle ristampe.[13] D'altra parte, agli inizi del Settecento le opere mediche, chimiche e filosofiche latine di Stahl erano diffuse in Europa mentre a partire dagli anni trenta i manuali latini di Johann Juncker (1679-1759), uno dei principali allievi e seguaci di Stahl, erano noti, e si contano ristampe a Venezia.[14] A mio avviso l'insegnamento e le concezioni di Geoffroy, che occupò una posizione di rilievo nella scienza francese di primo Settecento, devono essere considerate attentamente per individuare i percorsi della penetrazione e diffusione delle idee di Stahl in Francia.

Di sicuro, un testo di riferimento in quest'ambito è rappresentato dall'anonimo *Nouveau Cours de chymie suivant les principes de Newton et de Sthall* uscito a Parigi nel 1723, e probabilmente opera di Jean-Baptiste Sénac (1693-1770). Nel 1752 Sénac divenne primo medico di re Luigi XV, occupando una posizione di primo piano nel contesto medico. Il *Nouveau Cours* è un manuale che ha un importante *Discours préliminaire* a carattere storico e che individua una significativa convergenza tra le concezioni «essenzialistiche» di Stahl – i principi dei corpi come

[11] GABRIEL-FRANÇOIS VENEL, *Chimica (Encyclopédie, 1753)*. Introduzione, traduzione e note di Ferdinando Abbri, Arezzo, Dipartimento di Studi storico-sociali e filosofici, Università di Siena, 2003.

[12] ABBRI, *Le terre, l'acqua, le arie: la rivoluzione chimica del Settecento*, Bologna, Il Mulino, 1984, pp. 24-26. Su Geoffroy si veda la voce di WILLIAM S. SMEATON, in CHARLES C. GILLISPIE (ed.), *Dictionary of Scientific Biography*, V, New York, Charles Scribner's sons, 1981, pp. 352-54.

[13] ABBRI, *Tradizioni chimiche nel Settecento*, in PAOLA ANTONIOTTI e LUIGI CERRUTI (a cura di), *Atti del I Convegno di storia della chimica* (Torino, 7-8 febbraio 1985). Si veda ora la ristampa anastatica a cura dell'Accademia Nazionale delle Scienze detta dei XL, Roma, 2000, pp. 1-23. PAMELA H. SMITH, *The business of alchemy: science and culture in the Holy Roman Empire*, Princeton, Princeton university press, 1994.

[14] Cfr. METZGER, *Newton, Stahl, Boerhaave et la doctrine chimique*, Paris, F. Alcan, 1930. SANDRA TUGNOLI PATTARO, *La teoria del flogisto: alle origini della rivoluzione chimica*, Bologna, CLUEB, 1983. KARL HUFBAUER, *The formation of the German chemical community, 1720-1795,* Berkeley, University of California press, 1982. Il *Conspectus Chemiae Theoretico-Practicae in forma Tabularum repraesentatus* del 1730 di Johann Juncker fu ristampato nel 1744 a Venezia in due volumi. Sulla rilevanza internazionale della scuola medica e farmaceutica di Halle si veda RENATE WILSON, *Pious traders in medicine: a German pharmaceutical network in Eighteenth century North America,* University Park, Pennsylvania, The Pennsylvania State University Press, 2000.

essenze materiali e portatori di qualità – e le idee di Newton sull'attrazione, lette non come espressione di un programma riduzionista o meccanicista ma come un recupero di un'antica tradizione che affondava le sue radici nel mondo dell'alchimia e della chimica paracelsiana.[15]

Le vicende della chimica francese dagli anni venti alla metà del Settecento meritano dunque di essere attentamente considerate e in questa comunicazione intendo richiamare un episodio del confronto tra la tradizione di Lémery e la nuova chimica medica di impronta stahliana. Tale confronto si svolse su un terreno particolare.

Nel Settecento la tipologia della letteratura scientifica fu fortemente influenzata da quel grande fermento di idee che è una caratteristica peculiare dell'Illuminismo. Grazie alla più recente storia culturale della scienza non risulta stravagante la considerazione di un testo scientifico come prodotto letterario, e l'attenzione verso questioni attinenti al linguaggio, allo stile, alle intenzionalità dell'autore che era un tempo dominio esclusivo dell'ambito critico letterario. Una stilistica della produzione scientifica può insegnare molto intorno alle tecniche di presentazione di indagini e scoperte scientifiche. Alla metà del Settecento la tipologia della letteratura scientifica risulta assai variegata, anche se gli atti delle accademie scientifiche, un fenomeno decisamente settecentesco, e i contributi ai giornali scientifici, letterari e filosofici – termini spesso del tutto sinonimi – obbligarono a adottare stili di scrittura e di presentazione poco tradizionali.[16]

Nell'ambito della storiografia letteraria è comune una sottolineatura dell'importanza che possono rivestire il commento a stampa di un testo o l'edizione commentata di un testo. In campo scientifico non sempre si è considerato che nel corso del Settecento l'edizione commentata o la ristampa di un testo costituirono strumenti efficaci per la diffusione di idee nuove, per la manifestazione di un dissenso teorico o sperimentale e per la presentazione di una vera e propria scuola. Ho accennato sopra all'edizione (1703) della *Physica subterranea* di Becher ad opera di Stahl: quest'ultimo ristampò il testo becheriano variandone il titolo, sostituì la figura simbolica dell'antiporta per enfatizzare il carattere razionale e sperimentale della chimica e lo corredò di un fondamentale *Specimen*, ossia di un vero e proprio commento che contiene una presentazione delle idee di Stahl sulle combinazioni dei corpi.[17] La traduzione francese (1788), ad opera di madame Lavoisier, con note

[15] JEAN-BAPTISTE SÉNAC, *Nouveau cours de chymie suivant les principes de Newton & de Sthall*, Paris, chez Jacques Vincent, 1723.

[16] Cfr. LUDMILLA J. JORDANOVA (ed.), *Languages of nature: critical essays on science and literature*, London, Free Association Books, 1986. GEORGE LEVINE (ed.), *Realism and representation: essays on the problem of realism in relation to science, literature and culture*, Madison, The University of Wisconsin Press, 1993. DONALD DAVIE, *The language of science and the language of literature, 1700-1740*, London. Sheed and Ward, 1963. FREDERICK AMRINE (ed.), *Literature and science as modes of expression*, Dordrecht, Kluwer, 1989.

[17] JOHANN JOACHIM BECHER, *Physica subterranea profundam subterraneorum genesin, e principiis hucusque ignotis, ostendens. Opus sine pari, primum hactenus et princeps, editio novissima.*

di Lavoisier e seguaci dell'*Essay on phlogiston* (1787*)* di Richard Kirwan è un capitolo cruciale dell'affermazione della chimica antiflogistica. E vale la pena di ricordare che la traduzione italiana (1791) di Vicenzo Dandolo del *Traité élémentaire de chimie* di Lavoisier è fittamente annotata, e il farmacista veneziano non condivideva, ad esempio, le idee di Condillac sulla natura del linguaggio.[18]

Nel 1756 il medico e membro dell'Académie royale des sciences di Parigi Théodore Baron d'Hénouville (1715-1768)[19] pubblicò, con una dedica a Malesherbes, una edizione annotata del *Cours de chymie* di Lémery che è un specchio significativo della chimica francese alla metà del secolo.[20] È subito da dire che l'iniziativa di Baron non nasceva dalla mancanza di manuali di chimica in francese perché tra il 1749 e il 1751 Macquer aveva pubblicato i suoi *Elemens de chymie théorique et pratique*, destinati a buona fortuna editoriale, che offrivano un quadro della chimica stahliana francese di metà Settecento.[21] Né Baron intendeva riaffermare la

Praefatione utili praemissa, indice locupletissimo adornato, sensuumque et rerum distinctionibus, libro tersius et curatius edendo, operam navavit et Specimen Beccherianum, fundamentorum documentorum, experimentorum, subjunxit Georg. Ernestus Stahl, Lipsiae: ex officina Weidmanniana, 1738 (seconda edizione). La traduzione tedesca dello *Specimen*: STAHL, *Einleitung zur Grund-Mixtion derer unterirridischen mineralische und metallischen Cörper, Alles mit gründlichen Rationibus, Demonstrationibus und Experimentis nach denen Beccherischen Principiis ausgeführet*, Leipzig, Bey Caspar Jacob Eysseln, 1720. Cfr. ABBRI, *Tradizioni chimiche* cit.

[18] RICHARD KIRWAN, *An essay on phlogiston and the constitution of acids*, London, printed by J. Davis for P. Elmsly, 1787. KIRWAN, *Essai sur le phlogistique et sur la constitution des acides / traduit de l'anglois de M. Kirwan; avec des notes de MM. de Morveau, Lavoisier, de La Place, Monge, Berthollet & de Fourcroy*, Paris, rue et hôtel Serpente [Cuchet], 1788. VINCENZO DANDOLO, *Trattato elementare di chimica: presentato in un ordine nuovo dietro le scoperte moderne …/del sig. Lavoisier …; recato dalla francese nell'italiana favella e corredato di annotazioni da Vincenzo Dandolo*, *Edizione seconda/corretta ed ampliata di due Dissertazioni inedite dell'autore sulla respirazione e sulla traspirazione e di nuove annotazioni del traduttore*, Venezia, dalle stampe di Antonio Zatta e figli, 1792, 4 voll. (prima edizione; Venezia 1791). Cfr. BERETTA, *Italian Translations of the Méthode de nomenclature chimique and the Traité élémentaire de chimie. The Case of Vincenzo Dandolo*, in BERNADETTE BENSAUDE-VINCENT and ABBRI (eds.), *Lavoisier in European Context*, Canton Mass., Science History Publications, 1995, pp. 225-247.

[19] Su Baron: *Biografia Universale Antica e Moderna*, vol. IV, Venezia, Presso Gio. Battista Missaglia, 1823, p. 333.

[20] NICOLAS LÉMERY, *Cours de chymie: contenant la maniere de faire les operations qui sont en usage dans la médecine par une méthode facile avec des raisonnemens sur chaque operation pour l'instruction de ceux qui veulent s'appliquer à cette science. Nouvelle édition/revue, corrigée & augmentée d'un grand nombre de notes & de plusieurs préparations chymiques qui sont aujourd'hui d'usage & dont il n'est fait aucune mention dans les editions de l'auteur par M. Baron*, Paris, chez Jean-Thomas Herissant, 1756.

[21] PIERRE-JOSEPH MACQUER, *Elemens de chymie theorique*, Paris, J.T. Herissant, 1749. ID., *Elémens de chymie-pratique: contenant la description des opérations fondamentales de la chymie, avec des explications & des remarques sur chaque opération*, Paris, J.T. Hérissant, 1751. La chimica teorica conobbe a Parigi una nuova edizione nel 1756 (chez P. Fr. Didot le jeune), come pure quella pratica: Seconde édition revûe & corrigée. A Paris: chez Pierre-François Didot le jeune …, 1754-1756.

validità della chimica alla Lémery perché le sue innumerevoli note manifestano per lo più un dissenso marcato di natura teorica e sperimentale. È opportuno segnalare, ad esempio, che la decima edizione francese (1703) del *Cours*, curata dallo stesso Lémery, è un 8° di ottocento pagine,[22] mentre quella di Baron è un 4° di novecentocinquanta pagine, e questo semplice raffronto può fornire una idea dell'enorme quantità di note e delle sezioni aggiunte da Baron. Inoltre, le tavole fuori testo degli strumenti risultano in numero maggiore e la originaria Tavola contenente la *Explication* dei caratteri chimici più noti, ossia dei simboli, si ampliò nel 1756 in due tavole. In queste tavole sono illustrati anche i simboli astrologici ossia i segni celesti che figurano come tali, senza riferimenti a sostanze chimiche specifiche. E questa presenza ci parla del lungo cammino che in età moderna la chimica ha dovuto percorrere per presentarsi come scienza specifica.

Intendo qui solo richiamare alcune delle osservazioni di Baron e tentare d'individuare il significato storico della sua operazione di editore del testo di Lémery.

Nella sua prefazione, Baron si sofferma sulla questione della presunta antichità della chimica, ricorda Hermann Conring e Ole Borch,[23] i quali nella seconda metà del Seicento si erano divisi sul tema del carattere egiziano della chimica, e li definisce due «Athletes si capables de luter ensemble à forces égales».[24] Alla polemica Conring-Borch Venel aveva dedicato molto spazio nella voce *Chymie* dell'*Encyclopédie*, assumendo una posizione contraria agli entusiasti sostenitori dell'antichità della chimica.[25] Il testo di Venel e le osservazioni di Baron dimostrano come argomenti tradizionali, legati alla questione dell'alchimia nel Seicento, conoscevano ancora un'eco significativa alla metà del Settecento. Baron ritiene oziosa ogni discussione sulle origini della chimica perché ciò che veramente conta per lui è che la chimica offre dei «secours» preziosi alla medicina pratica. Da questo fa discendere la fortuna del testo di Lémery, ossia dalla sua grande utilità: Lémery ha sacrificato oscurità, linguaggio misterioso e enigmatico, il gradevole e il brillante all'utilità che la chimica riveste per la medicina nella sua azione «pour combattre avec succès les maladies qui affligent l'humanité, & qui tendent à sa destruction».[26]

Risulta evidente che l'approccio di Baron alla chimica è di tipo medico-farma-

[22] Nicolas Lémery, *Cours de chymie: contenant la maniere de faire les operations qui sont en … usage dans la médecine par une méthode facile avec des raisonnemens de chaque operation pour l'instruction de ceux qui veulent s'appliquer à cette science/par M. Nicolas L'Emery. Dixième édition / reveue, corrigée et augmentée par l'auteur*. Lyon, chez Hilaire Baritel marchand libraire, 1703.

[23] Sulla disputa Borrichius-Conringius: Abbri, *Gli 'arcana naturae': filosofia, alchimia e 'chimica' nel Seicento*, in W. Di Palma et al., *Cristina di Svezia: scienza ed alchimia nella Roma barocca*, Bari, Dedalo, 1990, pp. 49-68. Paolo Rossi, *Le sterminate antichità*, Pisa, Nistri Lischi, 1969, pp. 81-131. Id., *I segni del tempo*, Milano, Feltrinelli, 1979, pp. 174-181. Abbri, *Introduzione* a Venel, *Chimica* cit.

[24] Lémery, *Cours de chymie … par M. Baron* cit., p. J.

[25] Venel, *Chimica* cit., pp. 62-76.

[26] Lémery, *Cours de chymie … par M. Baron* cit., pp. J-IJ.

ceutico, ossia siamo in un ambito di discorso che continua a guardare alla chimica come ad una risorsa fondamentale per la medicina. Per lui la chimica è soprattutto una «science pratique», anche se è convinto che senza la chimica non è possibile costruire o distruggere un sistema «des principes des corps».[27] Nel considerare la genesi storica della chimica come disciplina autonoma non può essere trascurata la presenza di immagini di matrice tradizionale: la chimica moderna non nacque da una miracolosa trasmutazione dell'alchimia, ma deve molto a tradizioni culturali eterogenee. Da un punto di vista epistemologico Baron non è affatto un ingenuo perché a fronte della parola «esperienza» evocata da molti medici come una sorta di parola magica, capace di tacitare gli avversari, dichiara che «l'experience seule ne signifie rien qu'autant qu'elle marche à l'appui d'un raisonnement solide, qui la soutient».[28] In fisica e in medicina occorre evitare due eccessi ugualmente pericolosi, ossia l'esclusione dell'esperienza e l'affidarsi esclusivamente ad essa.

Baron considera la parte del *Cours* di Lémery sui «Principes», ossia la teoria, come la più difettosa: è assai inferiore alle idee di Becher, Stahl, Friedrich Hoffmann, Johann Heinrich Pott e Herman Boerhaave, pertanto deve essere corretta alla luce delle loro scoperte, e questo è lo scopo della nuova edizione del *Cours*.[29] Se la definizione di principi della chimica è esatta, la loro elencazione non è più accettabile perché sale, zolfo e mercurio sono corpi composti e i metalli non contengono per niente i principi ammessi da Lémery ma bisogna invece guardare alle terre di Becher e Stahl. Per quanto riguarda la dinamica chimica Lémery si era affidato alla tradizione meccanicista delle particelle puntute degli acidi e porose degli alcali e al loro contrasto o lotta; per Baron si tratta solo di supposizioni false, qualcosa di assolutamente «chimérique», perché dopo l'unione di un alcali e di un acido si possono ritrovare le sostanze di partenza com'erano prima della loro combinazione:

> «Cette destruction mutuelle de l'acide & de l'alkali est quelque chose de tout-à-fait chimérique. On peut séparer ces substances l'une d'avec l'autre, & les avoir entièrement semblables à ce qu'elles étoient avant d'être combinées ensemble».[30]

Alle definizioni di stampo corpuscolarista Baron oppone la guida delle sensazioni, dell'uso degli indicatori colorati, dell'effervescenza, ossia quei criteri macroscopici che Stahl aveva indicato come gli unici sui quali costruire la fenomenologia e la classificazione delle sostanze.

È noto che nella chimica del Settecento le reazioni di calcinazione e di riduzione dei metalli hanno svolto un ruolo centrale al fine di definire nuove immagini di questa scienza.[31] Converrà pertanto soffermarsi sulle note di Baron dedicate a quest'argomento.

[27] *Ivi*, p. 6 nota g.
[28] *Ivi*, p. VJ.
[29] *Ivi*, p. IIJ.
[30] *Ivi*, p. 23 nota q.
[31] HENRY GUERLAC, *Lavoisier: the crucial year: the background and origin of his first experiments on combustion in 1772*, Ithaca-London, Cornell University Press, 1961. FREDERIC LAWRENCE

Nel capitolo dedicato al piombo, allorché Lémery afferma che il piombo sottoposto a calcinazione aumenta di peso in ragione della combinazione delle particelle del fuoco, Baron aggiunge una lunga nota sulla storia delle concezioni in merito alla calcinazione dei metalli in recipienti chiusi e all'aria aperta. Si riferisce a Robert Boyle come colui che ha parlato per primo dell'aumento in peso, cita Homberg e Lémery come coloro che hanno confermato questo sistema ma ricorda che sia Boerhaave sia Juncker hanno sollevato seri dubbi sull'aumento in peso. In effetti, la calcinazione di alcuni metalli nei recipienti chiusi mostra un aumento assai limitato ed è probabile che derivi dalla combinazione del metallo con qualche particella del recipiente che si stacca a causa del calore. La conclusione di Baron è che su questa materia è opportuno e saggio sospendere il proprio giudizio e attendere chiarimenti significativi da nuove esperienze:

> «Il suit de tout ce qui vient d'être dit, que le plus sage parti est de suspendre son jugement, jusqu'à ce que de nouvelles expériences nous ayent fourni de nouveaux éclaircissimens».[32]

Nel capitolo sul rame Baron indica che la calcinazione dei metalli è una loro riduzione in forma di calce operata principalmente per sottrazione di flogisto («On dit du cuivre, comme de tout autre métal, qu'il est calciné ou réduit en chaux, lorsqu'on lui a enlevé son phlogistique, en tout ou en partie, par quelque moyen que ce soit»),[33] mentre in quello sul mercurio quando considera il mercurio precipitato rosso, destinato a svolgere un grande ruolo in chimica grazie a Priestley e Lavoisier, sostiene contro Lémery che la trasformazione del mercurio all'aria in una polvere rossa è dovuta a una combinazione del mercurio con parti eterogenee e soprattutto con sali acidi contenuti nell'aria:

> «Il n'est pas bien prouvé que ce soit l'introduction des parties du feu dans le corps du mercure qui lui communique la couleur rouge & la forme pulvérulente qu'il prend dans cette opération. Il me paroîtroit beaucoup plus vraisemblable de croire que les parties hétérogènes, & surtout les sels acides contenus dans l'air du vaisseau, & renouvellées continuellement par la communication que cet air a avec l'air extérieur, que ces parties, dis-je, rencontrant dans leur route les parties du mercure dans un état de division extraordinaire, elles s'y attachent et retombent avec elles sur le fond du vaisseau».[34]

Da queste indicazioni risulta ben chiaro che Baron non accettava più la concezione meccanicista alla Lémery che assegnava, in questi processi, un ruolo centrale alle particelle del fuoco: Baron guardava alle concezioni flogistiche di Stahl, dimostrava di conoscere la *Vegetable Staticks* (1727) di Stephen Hales, ma non era in

HOLMES, *Antoine Lavoisier, the next crucial year: or the sources of his quantitative method in chemistry*, Princeton, Princeton University Press, 1998.

[32] LÉMERY, *Cours de chymie … par M. Baron* cit., pp. 113-114 nota *a*.

[33] *Ivi*, p. 129 nota a.

[34] *Ivi*, p. 245 nota b.

grado di offrire una spiegazione unitaria e coerente dei vari processi combustivi. In questo caso, le sue note rivelano una pluralità di approcci e di concezioni, il difficile confronto di una tradizione radicata in uno specifico contesto con le nuove proposte di Stahl e con nuovi indirizzi sperimentali come quello pneumatico di Hales. In effetti, la creazione dello «stahlismo» francese fu un processo storico complesso che conferma il carattere disomogeneo della «chimica» pre-lavoisieriana.

Nel 1961 Henry Guerlac pubblicò il suo celebre volume su *Lavoisier – The Crucial Year* che contiene un capitolo sulla «misteriosa calcinazione dei metalli» nel quale sono illustrate le controversie su questo fenomeno sino alle prime, decisive scoperte di Lavoisier.[35] Una considerazione ravvicinata dell'edizione di Baron del *Cours* di Lemery conferma a pieno l'interpretazione di Guerlac, svela il carattere assai peculiare della chimica francese, e conferma la necessità di studi sempre più dettagliati sulle vicende di questa chimica nella prima metà del Settecento.

Riassunto – Nel 1675 Nicolas Lémery (1645-1715) pubblicò il *Cours de chymie* che era destinato ad una grande diffusione europea sia nel testo originale sia in traduzione latina e nelle principali lingue moderne. Grazie al suo *Cours* Lémery arrivò a svolgere un ruolo cruciale presso l'Academia Reale delle Scienze di Parigi e nel contesto scientifico francese. In questo manuale di chimica l'approccio meccanicistico e la tradizione iatrochimica e farmaceutica vennero unificate dando vita ad una chimica vista come un aiuto indispensabile per la medicina. Alla metà del Settecento il medico Théodore Baron (1715-1768) pubblicò un'edizione fittamente annotata del *Cours* di Lémery: nelle note di Baron era esposta una chimica diversa da quella di Lémery. A quel tempo il meccanicismo chimico era declinante nel contesto francese perché la nuova ortodossia chimica era ormai rappresentata da una forma di stahlismo.

Il saggio intende fornire alcune informazioni sulla edizione di Baron al fine di illustrare una fase importante della storia della chimica francese non attentamente considerata dalla storiografia. Il saggio intende anche sottolineare la rilevanza, nella storia della scienza, delle edizioni annotate di testi come strumento di presentazione di nuove idee e di critiche.

[35] GUERLAC, *Lavoisier: the crucial year* cit., pp. 111-145.

LUCIO FREGONESE*

Gli studi recenti sulla chimica di Alessandro Volta**

Recent studies on Alessandro Volta's chemistry

Summary – In this article numerous recent studies on Alessandro Volta's chemical work are evaluated. Four different phases are distinguished: two «phlogistic» ones (1776-1784), one of difficult confrontation with Lavoisier's new chemistry (1784-1801), and one characterised by various contributions in the field of electrochemistry (1802-1812). The image obtained for the first two phases is particularly clear and consonant. Although less in detail, there is agreement also on various general traits of the third phase. Disagreement remains on the fourth phase, but the recognition given to Volta's electrochemical work is a fundamental result. All the studies agree on the importance of the theoretical components in all the phases and on their integration with the experimental components and with the chemical instruments invented by Volta. Stress is put on the contrast of this unitary image with the dichotomous one for the theory-experiment relationship which prevails in the interpretation of Volta's electrostatics. Volta's chemical quantification is also considered, with an emphasis on the fact that it preceded his electrostatic quantification, on which scholars usually focus attention.

1. *Introduzione*

Le recenti celebrazioni per il bicentenario dell'invenzione (1799) della pila hanno dato origine a un notevole numero di nuovi studi sulla figura e i contributi scientifici di Alessandro Volta (1745-1827).

In questo articolo si considerano gli studi dedicati al lavoro chimico di Volta e si avanzano alcune valutazioni complessive sui risultati ottenuti e sul loro contributo all'avanzamento della storiografia voltiana.

Una delle prime iniziative per commemorare l'invenzione della pila voltiana è

* Università di Pavia, Museo per la Storia dell'Università.

** Relazione presentata al X Convegno Nazionale di «Storia e Fondamenti della Chimica» (Pavia, 22-25 ottobre 2003).

stata il workshop internazionale «Alessandro Volta between Natural Philosophy, Chemistry and Physics», organizzato a Pavia nel dicembre del 1998, con la partecipazione di una ventina di importanti studiosi italiani e stranieri. Gli articoli presentati al workshop sono stati sottoposti a discussione ed elaborati quindi in una seconda stesura che è stata pubblicata nei primi quattro numeri della serie *Nuova Voltiana: Studies on Volta and his Times*.[1] Un gruppo di cinque articoli più strettamente connessi alla chimica voltiana sono stati raccolti nel secondo numero di *Nuova Voltiana*.[2] Questi articoli non ricoprono interamente il lavoro chimico di Volta e riguardano solo il periodo compreso tra il suo esordio in questo settore (1776) e la strategia che mise in atto (1784) di fronte all'annuncio della sintesi dell'acqua da parte di Antoine-Laurent Lavoisier. Nonostante questa limitazione cronologica, che lascia fuori il lungo e sofferto confronto di Volta con la nuova chimica lavoisieriana e i suoi interventi in campo elettrochimico dopo l'invenzione della pila, gli articoli del secondo numero di *Nuova Voltiana* costituiscono senza dubbio il più rilevante contributo recente alla chimica voltiana in virtù dell'importanza del periodo 1776-1784 e della molteplicità di prospettive con cui gli autori lo hanno affrontato.

Un importante capitolo nel periodo considerato fu la definizione, a partire dal 1777, di nuovi metodi eudiometrici basati sull'uso dell'«aria infiammabile metallica» (H_2). Vari aspetti di questo nuovo capitolo sono stati affrontati in due degli articoli[3] del secondo numero di *Nuova Voltiana* e in altri due articoli, apparsi successivamente nel volume collettivo *Gli strumenti di Alessandro Volta: Il Gabinetto di Fisica dell'Università di Pavia*,[4] in cui si inquadrano i nuovi metodi eudiometrici di Volta nell'ambito più generale delle sue ricerche sulla combustione e su tale base si riconsiderano le apparecchiature che egli produsse.[5]

Le fasi della chimica voltiana successive al periodo 1776-1784 sono state esaminate in vari articoli[6] che sono apparsi più o meno in contemporanea con quelli pub-

[1] Fabio Bevilacqua, Lucio Fregonese (eds.), *Nuova Voltiana: Studies on Volta and his Times*, voll. 1 (2000), 2 (2000), 3 (2001), 4 (2002), Milano, Hoepli.

[2] F. Bevilacqua, L. Fregonese (eds.), *Nuova Voltiana*, vol. 2, cit.

[3] Marco Beretta, *Pneumatics vs. «Aerial Medicine»: Salubrity and Respirability of Air at the End of the Eighteenth Century*, in F. Bevilacqua, L. Fregonese (eds.), *Nuova Voltiana*, vol. 2, cit., pp. 49-71. Frederic L. Holmes, *Phlogiston in the Air*, *ivi.*, pp. 73-113.

[4] Giuliano Bellodi, Fabio Bevilacqua, Gianni Bonera, Lidia Falomo (a cura di), *Gli Strumenti di Alessandro Volta: Il Gabinetto di Fisica dell'Università di Pavia*, Milano, Hoepli, 2002.

[5] L. Fregonese, *Le pistole ad aria infiammabile e il cammino verso gli eudiometri*, in G. Bellodi et al. (a cura di), *Gli Strumenti di Alessandro Volta*, cit., pp. 56-69; Id. *Apparecchi per l'infiammazione delle arie ed eudiometri ad aria infiammabile*, *ivi*, pp. 73-83.

[6] Raffaella Seligardi, *Alessandro Volta e la nuova chimica (1783-1800)*, in Ferdinando Abbri e Marco Ciardi (a cura di), *Atti dell'VIII Convegno Nazionale di Storia e Fondamenti della Chimica, Arezzo, ottobre 1999*, Roma, Accademia Nazionale delle Scienze detta dei XL, 1999, pp. 87-98; Pietro Pedeferri, *L'inconsistenza di molte critiche a Volta elettrochimico «vittoriosamente*

blicati nella serie *Nuova Voltiana* e che considereremo più avanti nel corso di questo studio. Seppure più a grandi linee rispetto a quello ottenuto per il periodo precedente, il quadro che emerge apre altri squarci importanti sulla chimica voltiana.

Prima di affrontare gli studi menzionati, diamo qualche informazione ulteriore sulla serie *Nuova Voltiana* e sulle sue relazioni con la chimica. Oltre ai quattro numeri menzionati sopra, la serie comprende un quinto numero[7] con un gruppo di articoli variamente connessi a Volta apparsi precedentemente, insieme ad altri, negli atti[8] del convegno internazionale «Volta and the History of Electricity», svoltosi a Como nel settembre 1999. Un numero rilevante dei trentuno articoli complessivamente contenuti nei numeri di *Nuova Voltiana* che accompagnano il secondo riguarda lo sviluppo tecnologico e i dibattiti teorici connessi alla pila ed è pertanto di interesse per gli storici della chimica. Si segnalano inoltre i molti titoli di rilevanza chimica nella bibliografia[9] di circa 1.400 opere di letteratura voltiana primaria e secondaria apparsa nel quarto numero di *Nuova Voltiana*.

2. *Le prime due fasi della chimica pneumatica voltiana (1776-1784)*

Nell'articolo di apertura[10] del secondo numero di *Nuova Voltiana*, Ferdinando Abbri richiama l'attenzione sulla grande importanza del lavoro chimico di Volta e sul carattere secondario che gli è stato invece attribuito (e si continua purtroppo ad attribuirgli anche negli studi più recenti) nella valutazione del suo programma di ricerca. A questo proposito, Abbri sottolinea giustamente il grave problema storiografico costituito dal fatto che l'*Edizione Nazionale*[11] delle opere di Volta è organizzata in modo tematico anziché cronologico, con la chimica relegata in pratica ai

dimostrata con nuove osservazioni», in *Omaggio a Volta, 1799-1999*, Dipartimento di Chimica Fisica Applicata del Politecnico di Milano, 1999, pp. 23-52; ID., *Humphry Davy, Alessandro Volta and the cathodic protection*, «Quaderni di Storia della Fisica», n. 6, 2000, pp. 57-61; ID., *Paralipomeni voltiani: La polemica sulla teoria della pila e altre cose*, in ANGELO STELLA e GIANFRANCA LAVEZZI (a cura di), *Esortazione alle storie*, Milano, Cisalpino, 2001, pp. 673-701; ID., *Priorità elettrochimiche di Alessandro Volta mai a lui attribuite e altre poco note*, in ADELE ROBBIATI BIANCHI (a cura di), *Alessandro Volta 1792-1799, Atti del Convegno Internazionale, 15-16 aprile 1999*, Milano, Istituto Lombardo Accademia di Scienze e Lettere, 2002, pp. 257-272; M. CIARDI, *La chimica pavese e la rivoluzione lavoisieriana*, in A. STELLA e G. LAVEZZI (a cura di), *Esortazione alle storie* cit., pp. 703-718.

[7] F. BEVILACQUA, L. FREGONESE (eds.), *Nuova Voltiana: Studies on Volta and his Times*, vol. 5, Milano, Hoepli, 2003.

[8] FABIO BEVILACQUA, ENRICO A. GIANNETTO (eds.), *Volta and the History of Electricity*, Milano, Hoepli, 2003.

[9] GEORGIA SANTANGELO, CARLA GARBARINO, *General Bibliography on Alessandro Volta*, in F. BEVILACQUA, L. FREGONESE (eds.), *Nuova Voltiana*, vol. 4, cit., pp. 117-180.

[10] F. ABBRI, *Volta's Chemical Theories: The First Two Phases*, in F. BEVILACQUA, L. FREGONESE (eds.), *Nuova Voltiana*, vol. 2, cit., pp. 1-14.

[11] A. VOLTA, *Le opere di Alessandro Volta, Edizione Nazionale, sotto gli auspici della R. Accademia dei Lincei e del R. Istituto Lombardo di Scienze e Lettere*, Milano, Hoepli, 1918-1929, 7 voll.

margini di un percorso di tipo eminentemente fisico.[12] I nuovi contributi che ci accingiamo a discutere dimostrano invece il ruolo rilevante della chimica e la sua piena integrazione con gli altri settori del programma voltiano.

Con pennellate brevi ma estremamente efficaci, Abbri traccia un quadro generale della chimica pneumatica italiana nel periodo 1770-1789 (cioè tra l'esplodere della chimica pneumatica e la pubblicazione del *Traité élémentaire de chimie* di Lavoisier) e delinea successivamente i caratteri salienti del lavoro chimico di Volta nel periodo 1776-1784 (gli anni corrispondenti come già indicato all'esordio chimico di Volta e alla sua reazione all'ipotesi lavoisieriana della sintesi dell'acqua). Abbri divide il periodo 1776-1784 in due differenti fasi, definite entrambe «flogistiche» per l'adesione di Volta all'idea del *flogisto* e collocate rispettivamente nei periodi 1776-1782 e 1783-1784.

Pur non trattandola, Abbri definisce poi una terza fase, caratterizzata dal difficile confronto che Volta instaurò con la chimica antiflogistica di Lavoisier tra il 1784, quando appunto l'annuncio della sintesi dell'acqua lo costrinse a prenderla seriamente in considerazione, e il 1798, quando senza grande entusiasmo e nutrendo ancora riserve ne ammise apertamente la validità.[13]

Dall'analisi di numerose fonti primarie italiane del periodo in questione, Abbri conferma su scala locale la tesi generale da lui già formulata in altra sede[14] che, almeno fino ai primi anni 1780, Joseph Priestley e non Lavoisier fu il principale punto di riferimento della chimica pneumatica europea. In linea con questa tendenza, gli studiosi italiani ebbero in vista soprattutto la chimica pneumatica priestleyana e i suoi sviluppi nel contesto inglese.[15]

Il test dell'«aria nitrosa» (NO), ideato da Priestley per saggiare il grado di respirabilità dell'aria atmosferica, ebbe in particolare vasta risonanza in Italia, tanto da dare origine a un ricco filone di ricerche eudiometriche che furono sviluppate soprattutto da Marsilio Landriani, da Felice Fontana e dallo stesso Volta.[16] Nonostante fossero note, le opere in cui negli anni 1770 Lavoisier elaborava la sua nuova chimica antiflogistica non ebbero risonanza particolare in Italia, ove il confronto fu semmai visto tra la scuola chimica inglese ispirata da Priestley e quella svedese facente capo a Carl Wilhelm Scheele.[17] Fino al 1789, il maggiore chimico francese agli occhi degli studiosi italiani non fu Lavoisier, ma Pierre-Joseph Macquer, ancora legato all'idea del flogisto.[18]

[12] F. Abbri, *Volta's Chemical Theories* cit., p. 1.

[13] *Ivi*, pp. 4 e 10.

[14] F. Abbri, *Le terre, l'acqua, le arie: La rivoluzione chimica del Settecento*, Bologna, Il Mulino, 1984.

[15] F. Abbri, *Volta's Chemical Theories* cit., pp. 2-3.

[16] *Ivi*, p. 3.

[17] *Ibid.*

[18] *Ibid.*

Abbri argomenta che, in sintonia con il trend generale, nelle prime due fasi flogistiche del proprio lavoro chimico Volta diresse lo sguardo soprattutto verso Priestley e verso la chimica pneumatica inglese. Qui di seguito si cerca di esporre i tratti salienti della ricostruzione effettuata da Abbri.

Per facilitare la comprensione del lettore, le differenti arie saranno indicate con una notazione ibrida che abbina la formula stechiometrica moderna con una rappresentazione simbolica della costituzione delle arie come immaginata da Priestley e da Volta. La notazione stechiometrica moderna aiuta a individuare facilmente le sostanze di cui si parla. La notazione «storica» abbinata a quella moderna ha invece lo scopo di evidenziare, oltre alla composizione attribuita alle differenti arie, anche il modo in cui le reazioni chimiche relative erano concepite. Come apparirà evidente, la simbologia introdotta mette in risalto il mutare delle idee sulla composizione delle arie e sulle loro reazioni ed è quindi utile per seguire la complessa e veloce evoluzione delle filosofie chimiche che esamineremo.

2.1. *La prima fase (1776-1782)*

Secondo Abbri, i volumi degli *Experiments and Observations on Different Kinds of Air*[19] di Priestley influenzarono notevolmente Volta sul piano sperimentale e concettuale. In particolare, Volta derivò da Priestley la nozione della *flogisticazione*[20] come processo fondamentale nella spiegazione delle proprietà delle arie e delle loro reazioni chimiche.

Nella chimica pneumatica di Priestley, le differenti arie sono costituite da una *base* materiale associata a quantità variabili di flogisto. Le proprietà specifiche delle arie derivano dalla *quantità* di flogisto e dal *modo* con cui esso si unisce alla base materiale. Priestley ammetteva una sorta di scala graduata, con le differenti arie ordinate secondo il contenuto crescente di flogisto. Ecco alcuni punti significativi di questa scala. All'estremo inferiore c'è l'«aria deflogisticata» (O_2), priva o quasi del tutto priva di flogisto. Segue l'aria atmosferica comune, mediamente ricca di flogisto. Si passa poi all'«aria flogisticata» (aria atmosferica ripetutamente respirata o residua della combustione in un recipiente chiuso), molto ricca di flogisto. Si procede poi con l'«aria infiammabile metallica» (H_2), ancor più ricca di flogisto. Si giunge infine all'estremo superiore della scala, ove Priestley colloca l'aria nitrosa (NO) che interviene nel suo test di respirabilità dell'aria atmosferica.

La combustione nell'aria atmosferica risulta secondo Priestley da un passaggio di flogisto dai corpi combustibili, molto ricchi di tale sostanza, verso l'aria atmosferica. Operando la combustione in un recipiente chiuso, l'aria atmosferica si flogistica e non consente più il transito flogistico che dà origine alla combustione.

[19] Joseph Priestley, *Experiments and Observations on Different Kinds of Air*, London, J. Johnson, voll. 1 (1774), 2 (1775), 3 (1777).

[20] F. Abbri, *Volta's Chemical Theories* cit., p. 4.

Essendo molto povera o priva di flogisto, l'aria deflogisticata consente un elevato transito flogistico e la combustione si svolge con maggiore intensità e più a lungo.

Come Abbri sottolinea, l'aria deflogisticata, l'aria infiammabile metallica e l'aria nitrosa, con i relativi schemi priestleyani della flogisticazione, ebbero un ruolo particolarmente importante nella prima fase della chimica voltiana.[21]

Seguendo Priestley, nella *Terza lettera sull'aria infiammabile* (novembre 1776) Volta assume[22] che l'aria deflogisticata sia composta da «acido nitroso» (HNO_3) combinato chimicamente con una «terra»:

$$O_2 = (HNO_3)\blacksquare,$$

in cui il simbolo ■ rappresenta la terra, legata a ciò che precede, come normalmente si intende nella notazione stechiometrica odierna. Priestley aveva stabilito questa costituzione dell'aria deflogisticata su basi puramente *qualitative* e conviene accennare al modo in cui lo fece per avere un'idea delle modalità di ragionamento che influenzarono Volta.

Priestley aveva verificato innanzi tutto che si possono ottenere grandi quantità di aria deflogisticata facendo reagire opportunamente l'acido nitroso con vari tipi di terra (soprattutto le calci metalliche). Nel processo vi era solitamente diminuzione sia della terra che dell'acido e da ciò egli aveva concluso che una certa quantità terra e di acido entravano a far parte dell'aria deflogisticata ottenuta. L'osservazione qualitativa della diminuzione è sufficiente per stabilire l'inferenza e Priestley non procede al controllo ponderale *quantitativo* previsto invece da quello che oggi viene chiamato il metodo «*balance sheet*»[23] di Lavoisier.

Nella stessa lettera, Volta considera l'aria infiammabile metallica (H_2) secondo schemi molto simili a quelli di Priestley.[24] Solitamente, l'aria infiammabile metallica si otteneva facendo reagire metalli specifici con «acido vetriolico» (H_2SO_4) o «acido marino» (HCl) diluiti. Per capire il tipo di composizione che Volta attribuisce all'aria infiammabile metallica, è necessario premettere due informazioni relative ai metalli e agli acidi liquidi. Nella chimica dell'epoca, i metalli erano considerati corpi molto ricchi di flogisto. L'osservazione che gli acidi concentrati sviluppano vapori acidi (anidridi) aveva poi dato origine all'idea comunemente accettata che gli acidi liquidi fossero costituiti da corrispondenti «arie acide» disciolte in acqua.[25] Seguendo queste concezioni, Volta assumeva che l'aria infiammabile metallica fosse costituita da un'aria acida combinata chimicamente con il flogisto del

[21] *Ivi*, pp. 5-7.

[22] F. Abbri, *Volta's Chemical Theories* cit., p. 5.

[23] F.L. Holmes, *Phlogiston in the Air* cit., p. 85.

[24] F. Abbri, *Volta's Chemical Theories* cit., p. 5.

[25] R. Seligardi, *Volta and the Synthesis of Water: Some Reasons for a Missed Discovery*, in F. Bevilacqua, L. Fregonese (eds.), *Nuova Voltiana*, vol. 2, cit., p. 36.

metallo su cui l'acido era stato fatto agire per ottenere l'aria infiammabile metallica. Indicando il flogisto con il simbolo ●, risulta quindi secondo Volta:

H_2 = (aria acida)●.

Sempre nella stessa lettera, Volta stabilisce la costituzione dell'aria flogisticata ricorrendo al concetto priestleyano del modo di unione del flogisto. Volta distingue due tipi differenti di unione del flogisto alla base materiale delle arie: un legame più energico simile a quello chimico e un legame più debole che determina una semplice «aggiunta» di flogisto alla base materiale.[26] In quest'ordine di idee, l'aria flogisticata è costituita secondo Volta da aria atmosferica con una certa dose di flogisto semplicemente aggiunto:

aria flogisticata = (aria atmosferica)~●,

in cui il simbolo ~ rappresenta il concetto dell'aggiunta di flogisto.

Abbri segnala[27] l'influsso di un altro assunto fondamentale della chimica priestleyana su quella di Volta. Si tratta dell'idea che una sostanza chimica possa subire una *trasmutazione* per effetto di variazioni della quantità o del modo di combinazione del flogisto.

Un concetto di trasmutabilità degli acidi sta alla base della proposta che Volta fece (luglio 1777) per neutralizzare le implicazioni di un risultato di Landriani che contraddiceva la composizione O_2 = (HNO_3)■ stabilita da Priestley per l'aria deflogisticata. Landriani aveva in effetti trovato che in alcuni casi si può produrre aria deflogisticata usando l'acido vetriolico al posto di quello nitroso. Volta ricondusse questo risultato in ambito priestleyano ipotizzando l'esistenza di un «acido primitivo», di cui i vari acidi sono trasmutazioni particolari. In questo modo, si può sempre assumere che l'acido nitroso sia contenuto nell'aria deflogisticata anche quando la si produce mediante l'acido vetriolico:

O_2 = (acido primitivo in forma nitrosa)■.

Volta intervenne presto (1775) nei vivaci dibattiti eudiometrici che si svilupparono in Italia a partire dal test di respirabilità dell'aria atmosferica ideato da Priestley. In relazione a questo, Volta fu naturalmente condotto a considerare gli aspetti empirici e l'interpretazione teorica della reazione tra l'aria nitrosa e l'aria atmosferica che sta alla base del test priestleyano. Questo coinvolgimento di Volta ebbe conseguenze che andarono al di là del caso specifico perché, come Abbri sottolinea,[28] la reazione tra l'aria nitrosa e l'aria atmosferica gli servì da modello *analogico*

[26] F. Abbri, *Volta's Chemical Theories* cit., p. 5.
[27] *Ivi*, p. 6.
[28] *Ibid.*

per interpretare la combustione dell'aria infiammabile metallica insieme all'aria atmosferica o all'aria deflogisticata. Dal primo tipo di combustione, cioè quella dell'aria infiammabile metallica insieme all'aria atmosferica, Volta derivò i suoi già menzionati nuovi metodi eudiometrici basati sull'uso dell'aria infiammabile metallica. Gli studi di Volta sulla combustione dell'aria infiammabile metallica insieme all'aria deflogisticata posero invece la reazione tra queste due arie al centro dell'attenzione e costituirono in questo modo un'importante premessa per la scoperta della sintesi dell'acqua.

Lasciando volutamente da parte il capitolo eudiometrico, Abbri considera soprattutto le indagini di Volta sulla combustione dell'aria infiammabile metallica, rimarcando appunto le analogie che egli stabilì tra questo fenomeno e la reazione dell'aria nitrosa nel test priestleyano.

Per capire più precisamente le elaborazioni analogiche di Volta, conviene a questo punto aggiungere qualche dettaglio in più sul test priestleyano dell'aria nitrosa.

Nel 1772, Priestley aveva ottenuto l'aria nitrosa facendo agire l'acido nitroso su metalli specifici. Per analogia con la reazione che fornisce aria infiammabile metallica a partire da un acido e da un metallo, Priestley aveva concluso che l'aria nitrosa è composta da acido nitroso combinato con il flogisto sottratto al metallo:

$$NO = (HNO_3)\bullet\bullet,$$

in cui il raddoppio del simbolo del flogisto rappresenta il fatto già segnalato che per Priestley l'aria nitrosa possiede un contenuto molto elevato di flogisto.

Priestley aveva poi trovato che l'aria nitrosa reagisce insieme all'aria atmosferica spontaneamente e con sviluppo di calore. Facendo avvenire questa reazione dentro un vaso capovolto sull'acqua, si verificava inoltre che il volume della miscela gassosa diminuiva in proporzione alla maggiore o minore respirabilità dell'aria atmosferica impiegata. Sfruttando questo effetto, Priestley ebbe l'idea notevole di assumere la diminuzione di volume come misura *quantitativa* della respirabilità dell'aria atmosferica.

Per quanto riguarda l'interpretazione della reazione, Priestley assume che si tratti di un processo di flogisticazione analogo a quello della combustione, con il flogisto dell'aria nitrosa che passa a flogisticare l'aria atmosferica come si suppone avvenga durante la combustione. In corrispondenza alla flogisticazione dell'aria atmosferica, si ha una deflogisticazione dell'aria nitrosa e questo suggerisce che l'acido nitroso costituente si liberi e compaia sotto forma di precipitato:

$$\begin{aligned} NO + \text{aria atmosferica} &= (HNO_3)\bullet\bullet + \text{aria atmosferica} = \\ &= HNO_3 + (\text{aria atmosferica})\bullet\bullet = \\ &= HNO_3 + \text{aria flogisticata.} \end{aligned}$$

La prima analogia che Volta ravvisa (1777) tra la reazione dell'aria nitrosa con l'aria atmosferica e la combustione dell'aria infiammabile metallica con l'aria deflogisticata è la diminuzione di volume che la miscela gassosa subisce. Nel caso della combustione tra l'aria infiammabile metallica e l'aria deflogisticata la diminuzione è anzi molto più marcata e da ciò Volta conclude che *entrambe* le arie subiscono una forte diminuzione di volume.

Per quanto riguarda la costituzione dell'aria infiammabile metallica e dell'aria deflogisticata, Volta adotta a questo stadio il seguente schema:

$$H_2 = (\text{aria acida})\bullet, \qquad O_2 = (\text{acido primitivo in forma nitrosa})\blacksquare,$$

in cui probabilmente anche l'aria acida presente nell'aria infiammabile metallica viene considerata una determinazione particolare dell'acido primitivo che egli ammetteva in questa fase.

Per analogia con la reazione tra aria nitrosa e aria atmosferica, Volta è naturalmente portato ad assumere che la combustione dell'aria infiammabile metallica insieme all'aria deflogisticata si produca con deflogisticazione dell'aria infiammabile metallica e con liberazione del suo costituente acido. Poiché l'aria deflogisticata subisce una diminuzione di volume analoga a quella dell'aria infiammabile metallica, è abbastanza naturale ipotizzare che anche il suo costituente acido si liberi e che in seguito a ciò vi sia una precipitazione della terra a cui era precedentemenete legato. In varie occasioni, Volta tentò di rivelare i costituenti acidi previsti dalla teoria e indicò esplicitamente la possibile presenza di un precipitato di natura terrosa.

Raccogliendo gli elementi emersi, possiamo compendiare il punto di vista di Volta sulla reazione tra aria infiammabile metallica e aria deflogisticata nel seguente modo:

$$H_2 + O_2 = (\text{aria acida})\bullet + (\text{acido primitivo in forma nitrosa})\blacksquare =$$
$$= \text{acidi} + \blacksquare.$$

Come si vede, questi schemi concettuali non prevedono la formazione di acqua e ciò conferma l'indicazione di Abbri[29] che fu soprattutto per ragioni teoriche che Volta non riuscì a individuarne la presenza negli esperimenti di combustione dell'aria infiammabile metallica insieme all'aria deflogisticata.

2.2. *La seconda fase (1783-1784)*

Nella seconda fase flogistica della chimica voltiana, Abbri individua due tappe fondamentali.

[29] *Ivi*, p. 7.

In una serie di lezioni, tenute all'Università di Pavia nel 1783, Volta propose[30] una teoria generale delle arie basata su tre principi elementari: sale, flogisto e terra. Le differenti arie risultano dalla combinazione di questi tre principi in differenti modi e proporzioni. La nozione di un principio salino elementare, che indicheremo nel seguito con il simbolo ▲, può essere considerata uno sviluppo a un livello di maggiore astrazione e generalità del concetto dell'acido primitivo precedentemente usato da Volta. Le arie acide semplici sono costituite secondo Volta dal sale elementare combinato con una certa quantità di flogisto, grazie al quale permangono nello stato aeriforme:

aria acida semplice = ▲●.

Nel caso dell'aria infiammabile metallica, la precedente composizione generica H_2 = (aria acida)● viene quindi specificata nella forma:

H_2 = (▲●)●.

Nel caso dell'aria deflogisticata, una base acida del tipo ▲● prende il posto dell'acido primitivo in forma nitrosa che Volta aveva precedentemente ammesso:

O_2 = (▲●)■.

Volta specifica anche la composizione dell'«aria fissa» (CO_2), allora particolarmente studiata per i suoi collegamenti con la respirazione e con la combustione. Il progenitore dell'aria fissa è l'aria deflogisticata di cui c'è bisogno affinché la respirazione e la combustione possano avere luogo. Volta assume che il flogisto del combustibile si combini preliminarmente con una parte della terra contenuta nell'aria deflogisticata. In seguito a questo, l'aria acida contenuta nell'aria deflogisticata precipita e si ricombina con un po' della terra residua e con dell'altro flogisto fornito dal combustibile. Il prodotto così ottenuto è l'aria fissa, che risulta quindi avere composizione simile a quella dell'aria deflogisticata, ma con meno terra e più flogisto. Volta non lo specifica, ma continua probabilmente a ritenere che l'aria acida proveniente dall'aria deflogisticata continui a sussistere nell'aria fissa:

CO_2 = [(▲●)■]●,

in cui ■ è stato rimpicciolito per indicare che il contenuto di terra è minore rispetto a quello dell'aria deflogisticata.

Nonostante i cambiamenti, gli assunti di base della filosofia chimica di Volta

[30] F. Abbri, *Volta's Chemical Theories* cit., p. 7.

non subiscono mutazioni sostanziali rispetto alla fase precedente. I nuovi schemi implicano ad esempio che, essendo meno ricca di terra, l'aria fissa debba essere più leggera dell'aria deflogisticata, ma per Volta non è una priorità sottoporre questa previsione a un controllo ponderale in stile *balance sheet*. Come risulta subito evidente confrontando tra loro le formule dell'aria deflogisticata e dell'aria fissa, Volta continua ad adottare un concetto di trasmutabilità tra le sostanze chimiche per effetto soprattutto del flogisto.

L'altra tappa significativa individuata da Abbri[31] nella seconda fase della chimica voltiana ebbe inizio nel 1783, principalmente sotto l'influsso di importanti ricerche di Richard Kirwan sull'aria fissa e del giudizio favorevole con cui Priestley le accolse. Attraverso questi due autori, l'aria fissa venne ad occupare una posizione centrale nella chimica pneumatica di Volta.

Kirwan aveva trovato che, se sottoposte a un forte riscaldamento in un recipiente chiuso contenente aria fissa, alcune calci metalliche possono essere *ridotte*, cioè ritrasformate nel metallo da cui sono state ottenute. In corrispondenza a questo processo, si ottiene aria deflogisticata nel recipiente in cui l'operazione è stata condotta.

Nella chimica flogistica si assume che i metalli siano sostanze di tipo terroso combinate con il flogisto. Se un metallo viene sottoposto a combustione, il suo flogisto si separa e la parte terrosa compare sotto forma di calce. La riduzione è il processo inverso che riporta la calce allo stato metallico mediante un'aggiunta di flogisto.

Nella concettualizzazione di Volta, l'aria fissa viene ora considerata l'unica aria che esiste allo stato naturale nei corpi. Se riscaldate opportunamente, le terre calcari (carbonati) forniscono ad esempio aria fissa e Volta assume che ciò avvenga per semplice liberazione di aria fissa già presente al loro interno. Egli introduce il termine specifico «edotto»[32] per indicare una sostanza che, come in questo caso, si suppone esca immutata da un corpo in cui era già presente.

La riduzione della calci metalliche in presenza di aria fissa consiste secondo Volta in una flogisticazione della calce metallica a spese del flogisto contenuto nell'aria fissa. L'aria fissa cede una parte del proprio flogisto, che si combina con la calce metallica, riportandola così allo stato metallico. In corrispondenza alla deflogisticazione subita, l'aria fissa si manifesta secondo Volta sotto forma di aria deflogisticata, denominata ora «prodotto»[33] per indicare che si tratta di una sostanza che non esisteva come tale prima della reazione:

$$(CO_2 - \bullet) = O_2 \text{ (prodotto)},$$

[31] *Ibid.*
[32] *Ivi*, pp. 8-9.
[33] *Ibid.*

Con lo stesso tipo di argomentazioni, Volta stabilisce inoltre che l'aria flogisticata si ottiene per flogisticazione dell'aria fissa e assume analogamente che essa sia un prodotto che non esisteva come tale prima della reazione:

$$CO_2 + \bullet = (CO_2)\bullet = \text{aria flogisticata (prodotto)}.$$

Allontanandosi da Kirwan, Volta rifiutò l'identificazione stretta che egli aveva proposto tra l'aria infiammabile metallica e il flogisto.[34] Volta adottò invece una composizione simile a quella $H_2 = (\blacktriangle\bullet)\bullet$ ammessa poco prima, ma con $(\blacktriangle\bullet)$ sostituito da una base materiale X di natura indeterminata:

$$H_2 = X\bullet.$$

Quanto visto porta a concludere che la trasmutazione flogistica continua a giocare un ruolo centrale nella chimica pneumatica di Volta. Lui stesso percepì bene questa caratteristica e, con un'espressiva metafora, affermò che l'aria fissa è un vero e proprio «Proteo»,[35] che inclina verso gli estremi dell'aria deflogisticata o dell'aria flogisticata a seconda che subisca privazione o aggiunta di flogisto. Anche il controllo ponderale in stile *balance sheet* continua a non far parte della metodologia chimica di Volta.

Per quanto riguarda la reazione tra aria infiammabile metallica e aria deflogisticata, la composizione che Volta adotta a questo stadio:

$$H_2 = X\bullet \qquad\qquad O_2 = (CO_2 - \bullet)$$

non suggeriva certo la produzione di acqua e permanevano quindi forti motivazioni di ordine teorico che lo ostacolavano nella possibile individuazione di questa sostanza.

Volta rimase indeciso sulla natura delle sostanze fornite dalla reazione. È probabile che pensasse alla precipitazione della base indeterminata X e di una o più sostanze Y provenienti da $(CO_2 - \bullet)$:

$$H_2 + O_2 = X\bullet + (CO_2 - \bullet) = X? + Y?,$$

ma non si pronunciò conclusivamente in merito e ciò rivela lo stato di notevole tensione a cui era giunta la sua teoria chimica. I tentativi sperimentali compiuti da Volta erano d'altra parte rimasti infruttuosi ed egli non aveva potuto ripeterli, come si era augurato, in scala maggiore e sopra il mercurio, capace grazie alla sua elevata densità di far galleggiare i prodotti della reazione.

[34] *Ivi*, p. 9.
[35] *Ibid.*

Verso la fine del 1783, Volta ebbe notizia che Lavoisier aveva ottenuto semplice acqua dalla reazione tra aria infiammabile metallica e aria deflogisticata e questo lo obbligò a una netta riformulazione della propria teoria chimica. Le sue nuove vedute apparvero a stampa nel 1784, in una nota aggiunta alla voce «Volatilità» nella traduzione italiana delle seconda edizione (1778) del *Dictionnaire de chymie*[36] di Macquer, promossa a Pavia dal suo collega Giovanni Antonio Scopoli.[37] Per questa stessa opera, Volta scrisse varie altre note per le voci relative alle differenti arie e tre nuove voci intitolate «Calore», «Eudiometro» e «Vapore».

Abbri delinea[38] i tratti essenziali della strategia con cui Volta mantenne la vecchia idea dell'acqua come elemento semplice contro la nuova ipotesi di Lavoisier che essa risulti dalla sintesi dell'aria infiammabile metallica con l'aria deflogisticata. Volta raggiunge il suo scopo grazie a una ridefinizione radicale della composizione delle due arie. Egli assume ora che l'aria infiammabile metallica e l'aria deflogisticata siano costituite rispettivamente da acqua più flogisto e da acqua più un fluido di natura ignea diverso dal flogisto. Durante la combustione, le due arie si decompongono, liberando l'acqua e i rispettivi fluidi imponderabili che, Volta ipotizza, reagiscono insieme dando origine alla fiamma che accompagna la combustione. L'acqua fornita dalla reazione è così interpretabile come semplice precipitato presente sin dall'inizio nelle due arie, anziché come nuova sostanza che si produce grazie alla loro sintesi.

Riprendendo le indicazioni di Abbri, Raffaella Seligardi approfondisce[39] in modo ampio e originale la riconcettualizzazione chimica messa in atto da Volta contro l'idea lavoisieriana della sintesi dell'acqua.

Seligardi sottolinea in particolare l'importante ruolo giocato in tale riconcettualizzazione dagli studi che Volta aveva dedicato poco prima a svariati fenomeni chimico-fisici connessi al calore. Soprattutto negli articoli «Calore» e «Vapore», scritti per la versione italiana del dizionario di Macquer, Volta si era occupato di fenomeni quali la respirazione e la formazione del vapore acqueo. In questo ambito, egli aveva discusso[40] la teoria del calore di Adair Crawford e accettato la spiegazione che questi aveva dato dello sviluppo di calore durante la combustione. Secondo Crawford, esiste un «fuoco elementare», diverso dal flogisto, che è abbondantemente contenuto nell'aria deflogisticata. Nel corso della combustione, il

[36] PIERRE-JOSEPH MACQUER, *Dictionnaire de chymie, contenant la théorie et la pratique de cette science, son application à la physique, à l'histoire naturelle, à la médicine et aux arts dépendans de la chymie*, 2me ed., 2 voll., Paris, Impr. de Monsieur, 1778.

[37] P.-J. MACQUER, *Dizionario di chimica del Signor Pietro Giuseppe Macquer tradotto dal francese e corredato di note, e di nuovi articoli da Giovanni Antonio Scopoli*, Pavia, Stamperia del R.I. Monastero di S. Salvatore per Giuseppe Bianchi, 1783-1784.

[38] F. ABBRI, *Volta's Chemical Theories* cit., pp. 9-10.

[39] R. SELIGARDI, *Volta and the Synthesis of Water: Some Reasons for a Missed Discovery* cit.

[40] *Ivi*, pp. 39-40.

flogisto del combustibile si trasferisce sull'aria deflogisticata e nel fare ciò provoca la fuoriuscita del fuoco elementare che essa contiene, dando così origine agli effetti termici che accompagnano la combustione.

Nell'articolo «Vapore» Volta aveva elaborato una teoria generale in cui il vapore acqueo e l'aria deflogisticata sono visti come forme differenti che l'acqua assume a seconda della quantità e del tipo di legame con un fluido termico denominato «fluido calorifico» oppure «fuoco elementare».[41] Se il fuoco elementare è semplicemente aggiunto[42] all'acqua, si ottiene il vapore acqueo, privo di elasticità permanente e riducibile quindi allo stato liquido se sottoposto a compressione. Se il fuoco elementare è invece strettamente combinato con un legame di tipo chimico,[43] si ottiene l'aria deflogisticata, dotata di elasticità permanente e non riducibile pertanto allo stato liquido mediante la sola compressione.

Come abbiamo visto, le idee della semplice aggiunta e della stretta combinazione del flogisto era già stata sfruttata in passato da Volta, ad esempio nelle ipotesi relative alla costituzione dell'aria deflogisticata e dell'aria infiammabile metallica:

$$\text{aria flogisticata} = (\text{aria atmosferica})\sim\bullet, \qquad H_2 = (\text{aria acida})\bullet,$$

con il flogisto ● semplicemente aggiunto nel primo caso e strettamente combinato nel secondo.

Se rappresentiamo il fuoco elementare di Volta con il nuovo simbolo ☼, possiamo schematizzare le sue inferenze circa il vapore acqueo e l'aria deflogisticata nel seguente modo:

$$\text{vapore acqueo} = H_2O\sim☼, \qquad O_2 = H_2O☼,$$

con il fuoco elementare ☼ semplicemente aggiunto nel primo caso e strettamente combinato nel secondo.

In pratica, Volta attua un trasferimento al caso del calore degli schemi priestleyani che riconducono le proprietà delle sostanze aeriformi ai modi di flogisticazione. Il ricorso ad analoghi modi di «calorificazione» serve ora a Volta per spiegare le diverse forme che l'acqua può assumere. Per semplice aggiunta calorifica, essa si manifesta sotto forma di vapore acqueo, mentre la combinazione calorifica la porta ad assumere la veste di aria deflogisticata.

Adottando inoltre per l'aria infiammabile metallica la composizione:

$$H_2 = H_2O\bullet,$$

[41] *Ivi*, p. 40.
[42] *Ivi*, pp. 40-41.
[43] *Ivi*, pp. 41-42.

Volta può contrapporre all'idea lavoisieriana della sintesi dell'acqua un'interpretazione che mantiene la nozione tradizionale dell'acqua come elemento semplice. In base alla nuova definizione della composizione dell'aria infiammabile metallica e dell'aria deflogisticata, la combustione tra le due arie può essere interpretata come un processo di separazione del flogisto e del fuoco elementare dalle rispettive dosi di acqua. La fiamma che compare durante il fenomeno deriva poi secondo Volta dal «conflitto e unione»[44] del flogisto con il fuoco elementare:

$$H_2 + O_2 = H_2O● + H_2O☼ = H_2O + (●☼) =$$
$$= H_2O + \text{fiamma}.$$

Vale la pena osservare che, se si assume che la somma delle quantità d'acqua contenute nelle due arie sia uguale alla quantità totale fornita dalla loro combustione, il nuovo schema di Volta rispetta il *balance sheet* ponderale di Lavoisier.

Nonostante i cambiamenti, le elaborazioni di Volta continuano a fondarsi sugli usuali schemi della modalità di flogisticazione, trasferiti ora anche al calore, a cui infatti vengono associati analoghi meccanismi di «calorificazione». In queste elaborazioni voltiane, Seligardi sottolinea soprattutto la feconda osmosi intervenuta tra le problematiche di tipo chimico e quelle di ordine più propriamente fisico che Volta si trovò ad affrontare nello studio dei fenomeni termici.

3. *Ortodossia e autonomia nella chimica pneumatica voltiana*

L'articolo di Frederic L. Holmes[45] considera le prime due fasi flogistiche della chimica pneumatica di Volta, soffermandosi soprattutto sulla prima. Ampi raffronti tra gli approcci chimici di Priestley e Lavoisier offrono inoltre un quadro generale del periodo e forniscono utili strumenti per una contestualizzazione significativa del lavoro chimico di Volta.

Holmes aderisce pienamente alla tesi di Abbri che, almeno fino ai primi anni 1780, il leader indiscusso della chimica pneumatica in Europa e in Italia fu Priestley e non Lavoisier. Viene evidenziato d'altra parte come Priestley abbia tenuto in grande considerazione il lavoro chimico di vari studiosi italiani, tra cui Landriani, Fontana, Fabbroni e lo stesso Volta, e solo parzialmente quello di Lavoisier. A partire da questi risultati, Holmes critica le impostazioni storiografiche di ispirazione kuhniana, che riconducono gli eventi a una vittoria rivoluzionaria del nuovo paradigma antiflogistico lavoisieriano nei confronti del vecchio paradigma fondato sul flogisto.

Considerando il lavoro e gli scambi tra Priestley e Lavoisier nel periodo 1773-1777, Holmes fa emergere aspetti rilevanti dei loro modi di affrontare la chimica

[44] *Ivi*, p. 42.
[45] F. L. Holmes, *Phlogiston in the Air* cit.

pneumatica ed evidenzia i complessi e spesso inaspettati fattori che hanno contribuito a determinarli. L'adozione da parte di Lavoisier del *balance sheet* ponderale viene ad esempio legato non solo a motivazioni di ordine teorico, ma ricondotto in buona misura anche alla grande abilità sperimentale che egli aveva sviluppato in questo genere di operazioni. L'usuale immagine che vede in Priestley soprattutto un abile sperimentatore viene analogamente rovesciata, mettendo in evidenza come la sua mancata adozione del *balance sheet* ponderale di Lavoisier, possibile in linea di principio, fu determinata anche dall'incapacità di mettere a punto tecniche sperimentali di raffinatezza paragonabile a quelle del collega francese.

L'analisi di Holmes sulla prima fase della chimica pneumatica voltiana ribadisce quanto visto sopra e offre in aggiunta una ricostruzione fine degli eventi. Viene confermata l'adesione di Volta ai due cardini portanti della chimica pneumatica priestleyana, cioè alla prassi di stabilire la composizione delle sostanze a partire dalle caratteristiche qualitative delle reazioni da cui si ottengono e alla spiegazione delle loro proprietà in base alla quantità e al modo di legame del flogisto. L'autore ci fa ripercorrere i veloci mutamenti che le concezioni di Volta sulla costituzione dell'aria infiammabile metallica e dell'aria deflogisticata subirono nell'ambito di questi schemi generali.

Holmes arricchisce il quadro attirando l'attenzione su vari elementi di originalità e autonomia che Volta mantenne pur rimanendo nell'orbita priestleyana. Viene sottolineato il maggiore interesse di Volta rispetto a Priestley per gli aspetti teorici e a questo proposito Holmes si spinge fino ad affermare che in molte occasioni «il ragionamento teorico [di Volta] fu più sostenuto e cercò maggiore coerenza teorica di quanto Priestley facesse usualmente nelle sue congetture frammentarie».[46] Viene anche fatto notare che in varie occasioni Volta dissentì su punti importanti delle dottrine di Priestley e che non esitò a manifestarglielo direttamente. Volta rifiutò ad esempio l'assunto priestleyano che l'aria nitrosa sia in assoluto la più ricca di flogisto e sostenne che l'aria infiammabile metallica doveva contenerne di più.[47] Holmes evidenzia come Volta sia giunto a una simile conclusione eseguendo valutazioni quantitative del flogisto contenuto nelle arie che presuppongono «uno stile di ragionamento *balance sheet*, più vicino nello spirito al modo di pensare di Lavoisier che non a quello di Priestley».[48] Questo parziale parallelismo con i metodi quantitativi di Lavoisier conferma che Volta non si appiattì passivamente sulle posizioni di Priestley e fu capace di notevoli sviluppi autonomi.

Holmes dedica considerevole attenzione ai nuovi metodi eudiometrici ad aria infiammabile metallica anziché nitrosa che Volta espose nel contesto di due lettere dirette a Priestley nel settembre 1777 e nel gennaio 1778. Vengono opportunamente distinti due metodi eudiometrici differenti. Il primo metodo si basa sul con-

[46] *Ivi*, p. 101.
[47] *Ivi*, pp. 98-99 e 104.
[48] *Ivi*, p. 98.

teggio del numero di bolle di aria atmosferica che è necessario aggiungere a una data miscela di aria infiammabile metallica mista con l'aria atmosferica da testare per raggiungere il punto di infiammabilità. Il secondo metodo si basa sulla misura della diminuzione di volume che la combustione induce in un'opportuna miscela di aria infiammabile metallica mista con l'aria atmosferica da testare. Il secondo metodo fu sviluppato da Volta in modo quantitativo e Holmes individua qui un'altra linea di divergenza rispetto a Priestley e di parziale convergenza verso Lavoisier «nella realizzazione di strumenti migliori e nella ricerca di adeguatezza quantitativa».[49]

Pur non ripercorrendola con il dettaglio dedicato alla prima fase, Holmes giunge allo stesso tipo di conclusioni generali anche sulla seconda fase della chimica pneumatica voltiana. Volta mantenne una certa autonomia rispetto a Priestley ed elaborò metodi quantitativi affini per certi versi a quelli di Lavoisier, ma continuò d'altra parte a essere guidato dai precetti basilari della chimica priestleyana e in particolare dall'idea dei modi di flogisticazione. Nonostante il suo incontro con Lavoisier a Parigi nel 1782, Volta non adottò il *balance sheet* ponderale e i criteri dell'*analisi* e della *sintesi* su cui il collega francese stava edificando il suo nuovo sistema chimico. Lo sguardo di Volta continuò a essere rivolto verso Priestley e verso i suoi seguaci inglesi, tra cui principalmente Kirwan.[50] Su questo punto, Holmes riprende esplicitamente le tesi precedentemente formulate da Abbri.

4. *I punti di vista di Macquer e di Volta sulla chimica pneumatica*

Bernadette Bensaude-Vincent fa emergere[51] differenze significative tra i punti di vista di Macquer e di Volta sulla chimica pneumatica attraverso un'analisi comparata di alcuni loro scritti. Il confronto viene più precisamente effettuato tra gli articoli sull'aria infiammabile e l'aria deflogisticata contenuti nella seconda edizione (1778) del *Dictionnaire de Chymie*[52] di Macquer e le note che Volta appose (1783) a questi stessi articoli nella traduzione italiana[53] dell'opera. Vista la collocazione cronologica delle note di Volta, l'analisi riguarda principalmente la prima metà di quella che per Abbri costituisce la seconda fase flogistica della sua attività chimica.

Bensaude considera la questione da tre angolazioni differenti: le opinioni di Macquer e di Volta su chi fosse da considerare l'iniziatore della chimica pneumatica, l'importanza relativa attribuita ai vari studiosi coinvolti nello sviluppo di questa scienza e le questioni teoriche ed epistemologiche poste al centro dell'attenzione.[54]

[49] *Ivi*, p. 105.

[50] *Ivi*, p. 109.

[51] BERNADETTE BENSAUDE-VINCENT, *Pneumatic Chemistry Viewed from Pavia*, in F. BEVILACQUA, L. FREGONESE (eds.), *Nuova Voltiana*, vol. 2, cit., pp. 15-31.

[52] P.-J. MACQUER, *Dictionnaire de chymie* cit.

[53] P.-J. MACQUER, *Dizionario di chimica del Signor Pietro Giuseppe Macquer tradotto dal francese e corredato di note e di nuovi articoli da Giovanni Antonio Scopoli*, Venezia, L. Baseggio, 1784-1785.

[54] B. BENSAUDE-VINCENT, *Pneumatic Chemistry* cit., p. 17.

Sul primo punto, viene dimostrato che, seppure con sfumature diverse, vi fu pieno accordo tra Macquer e Volta nell'individuare in Priestley il padre del nuovo settore delle arie. Questo conferma ancora una volta la tesi di Abbri che, fino ai primi anni 1780 Priestley, fu il vero leader della chimica pneumatica e che non vi fu pertanto alcuna percezione di uno scontro paradigmatico con la chimica di Lavoisier.

Un confronto a campione tra gli articoli di Macquer sull'aria infiammabile e l'aria deflogisticata e le corrispondenti note di Volta porta l'autrice a risultati estremamente interessanti sul secondo punto. Macquer e Volta prospettano due geografie scientifiche molto diverse. Pur riconoscendo l'importante ruolo di Priestley, Macquer presenta infatti la chimica pneumatica come una scienza in larga misura francese e sviluppata soprattutto in seno all'*Académie des Sciences* di Parigi. Lavoisier compare in posizione significativa, ma non prominente rispetto agli altri autori francesi considerati da Macquer.[55] Nella prospettiva di Volta, Parigi non è la capitale della chimica pneumatica e vi sono invece due poli di importanza paragonabile: l'Inghilterra e l'Italia, con Priestley e lo stesso Volta nel ruolo di dominatori.[56] L'autopromozione di Volta viene ricondotta dall'autrice alla particolare concezione settecentesca della traduzione scientifica come luogo di interpretazione attiva e di completamento dei testi tradotti.[57] Nel solco di questa tradizione, Volta colse l'occasione per esporre i propri contributi alla chimica pneumatica e per rimarcare più in generale la sua convinzione circa il buon livello della partecipazione italiana, grazie anche al lavoro dei colleghi Landriani e Fontana.

Le conclusioni di Bensaude sui fattori di ordine teorico ed epistemologico riconfermano i principali elementi emersi nel corso della precedente analisi e aggiungono nuovi aspetti interessanti.

Tra le riconferme, troviamo l'adesione di Volta ai principi generali della chimica flogistica di Priestley e contemporaneamente la sua capacità di prenderne le distanze e di sviluppare all'occorrenza «le proprie vedute teoriche».[58] Emerge ancora una volta che la chimica voltiana è sostanzialmente di tipo trasmutatorio e viene sottolineato in particolare come la possibilità di ammettere la trasformazione reciproca tra le differenti arie renda incerta la determinazione della loro *identità* specifica.[59] Viene parallelamente fatto osservare come Lavoisier fosse riuscito a risolvere il problema dell'identità chimica delle sostanze abbandonando la trasmutazione a favore dei criteri dell'analisi e della sintesi.

Nuovi elementi ci vengono offerti confrontando i differenti atteggiamenti di Macquer e di Volta di fronte a questioni di nomenclatura chimica. Macquer aveva

[55] *Ivi*, pp. 19-21.
[56] *Ivi*, pp. 18-19.
[57] *Ivi*, pp. 15-17.
[58] *Ivi*, p. 25.
[59] *Ivi*, pp. 26-27.

sviluppato una lucida consapevolezza sul fatto che l'uso del termine «aria» nella designazione delle molteplici sostanze aeriformi che erano state isolate creava un ambiguo riferimento all'aria atmosferica. Per eliminare questa ambiguità, egli suggeriva l'adozione del termine neutro «gas».[60] Volta non dimostrò alcun interesse per questo tentativo di razionalizzazione della nomenclatura chimica e non mise in discussione né il termine «aria» né i nomi tradizionalmente attribuiti alle differenti arie.[61]

Particolarmente rilevanti sono le conclusioni che Bensaude trae sul problema dei confini disciplinari e sull'importanza della teoria. Sul primo punto, viene fatto osservare come Volta non abbia costretto lo studio delle arie entro confini disciplinari rigidamente assegnabili alla fisica o alla chimica, ma lo abbia anzi affrontato in una prospettiva molto ampia e con la mobilitazione di «tutte le risorse possibili: esperimenti chimici, test fisiologici e in particolare l'elettricità».[62] Sull'altro punto, l'autrice giudica che tanto per Macquer quanto per Volta «gli scopi cognitivi prevalsero sulle applicazioni»,[63] nonostante i forti interessi di entrambi per gli aspetti sperimentali e applicativi.

5. *Il potere egemonico della teoria*

Anche l'articolo di Marco Beretta[64] si basa su un esame comparativo, incentrato sulle ricerche eudiometriche di Landriani, di Volta e di Lavoisier. Attraverso questo tipo di analisi, Beretta giunge a conclusioni simili a quelle di Bensaude sull'importanza degli aspetti teorici. Seppure in modi diversi, i tre autori considerati proiettarono secondo Beretta forti contenuti teorici nei rispettivi programmi eudiometrici e ciò costituisce a suo giudizio un esempio emblematico «di quanto ampio fu il ruolo della teoria nella pratica sperimentale del diciottesimo secolo».[65]

Beretta fa vedere che il lavoro eudiometrico di Landriani fu ampiamente sostenuto da aspettative e finalità di tipo medico. Nel 1775, Landriani realizzò un nuovo strumento basato sulla reazione tra l'aria nitrosa e l'aria atmosferica scelta da Priestley per valutare in modo quantitativo la respirabilità dell'aria atmosferica. Rispetto alle procedure di Priestley, lo strumento di Landriani consentiva una misura più agevole della riduzione volumica che la miscela gassosa subisce, e che si prende come indice quantitativo della respirabilità dell'aria atmosferica saggiata.

Riformulando il programma di Priestley, Landriani riteneva che il suo nuovo strumento, denominato *eudiometro* dal greco *eudios* (bontà dell'aria) e *metron* (misura), potesse indicare la maggiore o minore «bontà» dell'aria atmosferica,

[60] *Ivi*, p. 23.
[61] *Ivi*, pp. 24-25.
[62] *Ivi*, p. 28.
[63] *Ivi*, p. 27.
[64] M. Beretta, *Pneumatics vs. «Aerial Medicine»* cit.
[65] *Ivi,* p. 49.

intesa nel senso medico dell'assenza o della presenza in essa di agenti di malattia. Come Beretta sottolinea, Landriani estese questo genere di aspettative sino al punto di prospettare la nascita di un genere completamente nuovo di «medicina aerea».[66]

Passando al caso di Volta, Beretta mette in evidenza[67] la sua netta opposizione all'eudiometria medica di Landriani. Secondo Volta, il nuovo eudiometro realizzato dal collega misura soltanto il maggiore o minore grado di flogisticazione di un aria e può quindi dare indicazioni solo sul suo grado di maggiore o minore respirabilità. Nel giudizio di Volta, gli agenti di insalubrità delle arie sfuggono al test dell'aria nitrosa e l'eudiometro di Landriani non può svolgere la funzione medica che il suo costruttore voleva a tutti i costi assegnargli.

I suoi interessi e lo stato ancora incerto dell'eudiometria, di cui la mancanza di accordo sui temi della respirabilità e della salubrità è un indice significativo, indussero plausibilmente Volta a non concentrare subito le proprie energie in questo settore. A partire dal 1776, egli si dedicò così ad altre ricerche, tra le quali figura soprattutto uno studio approfondito della combustione delle arie infiammabili. Come Beretta richiama, queste indagini lo condussero[68] all'importante idea di produrre l'accensione delle miscele infiammabili mediante la scintilla elettrica e all'invenzione della pistola ad aria infiammabile che sfrutta questo tipo di accensione. Volta sviluppò poi questo genere di ricerche nelle già menzionate lettere a Priestley del settembre 1777 e del gennaio 1778, nelle quali espose i suoi nuovi metodi eudiometrici ad aria infiammabile metallica.

Coerentemente con i suoi interessi per gli aspetti teorici, Beretta non affronta i dettagli degli strumenti e dei metodi quantitativi sviluppati da Volta nelle due lettere a Priestley e sottolinea[69] piuttosto come egli fosse guidato dagli schemi teorici sulla composizione e la flogisticazione delle arie. La combustione delle arie infiammabili insieme all'aria atmosferica o all'aria deflogisticata viene visto da Volta come un processo flogistico accompagnato da diminuzione volumica e le misurazioni che egli esegue di questo effetto sono finalizzate soprattutto alla comprensione delle modalità di flogisticazione e della composizione delle arie che reagiscono insieme. In quest'ottica, la combustione tra l'aria infiammabile metallica e l'aria atmosferica è un processo flogistico analogo a quello che ha luogo tra l'aria nitrosa e l'aria atmosferica ed è su questa analogia che Volta fonda i suoi nuovi metodi eudiometrici ad aria infiammabile metallica.

A favore di questi nuovi metodi eudiometrici, Volta indicava soprattutto la velocità della combustione[70] dell'aria infiammabile metallica insieme all'aria atmosferica, e quindi della connessa diminuzione volumica, rispetto alla lentezza dell'a-

[66] *Ivi*, p. 51.
[67] *Ivi*, p. 54.
[68] *Ivi*, pp. 55-57.
[69] *Ivi*, pp. 57-58.
[70] *Ibid.*

naloga diminuzione nel caso della reazione spontanea tra l'aria nitrosa e l'aria atmosferica. In accordo con le sue precedenti conclusioni, Volta continuava a limitare le proprie pretese alla valutazione della sola respirabilità dell'aria atmosferica, escludendo che si potessero ottenere indicazioni reali sulla sua salubrità nel senso inteso da Landriani.

Nella prospettiva teorica adottata da Volta, le applicazioni mediche dell'eudiometria continuavano dunque a essere escluse e l'unica estensione per lui accettabile fu di tipo geografico-meteorologico, con i test eudiometrici sfruttati per valutare la respirabilità dell'aria atmosferica al variare della quota altimetrica.[71]

Nelle ricerche eudiometriche condotte da Lavoisier nel periodo 1777-1791, Beretta evidenzia una molteplicità di piani teorici e sperimentali che presentano alcune analogie ma anche differenze significative rispetto ai casi di Landriani e di Volta.

Come Landriani, Lavoisier fu sostenuto da forti aspettative di tipo medico e non cessò in questo senso di credere che l'eudiometria potesse avere applicazioni mediche concrete. In quest'ordine di idee, Lavoisier si adoperò attivamente per un utilizzo delle indicazioni eudiometriche nella progettazione e nella valutazione della salubrità degli edifici pubblici. In questo genere di ricerche, egli si servì prevalentemente dell'eudiometro ad aria nitrosa di Landriani.

Stimolato dalle ricerche di Volta, Lavoisier si occupò della combustione dell'aria infiammabile metallica insieme all'aria deflogisticata, sfruttando in questo settore anche le nuove apparecchiature realizzate dal collega italiano. A differenza di Volta, Lavoisier fu però in grado di abbandonare gli usuali schemi flogistici per inquadrare i fenomeni nella sua nuova concettualizzazione chimica basata sui metodi dell'analisi e della sintesi e sulla reinterpretazione dell'acqua come sostanza composta.

Nei tardi anni 1780, Lavoisier dedicò notevoli energie allo studio della respirazione umana. Per questo genere di ricerche, sfruttò un nuovo tipo di eudiometria, ispirata probabilmente dal suo assistente Armand Seguin e basata sull'uso del fosforo al posto dell'aria nitrosa. La reazione del fosforo insieme all'ossigeno atmosferico è molto più veloce della corrispondente reazione tra l'aria nitrosa e l'ossigeno atmosferico e il nuovo metodo consente così di ridurre i tempi delle misurazioni a valori compatibili con quelli della respirazione. L'apertura di Lavoisier all'utilizzo di molteplici tecniche eudiometriche è indicativa del notevole pragmatismo con cui egli portò avanti le proprie ricerche e i propri interessi teorici.

6. *Gli apparecchi per la combustione delle arie, gli eudiometri ad aria infiammabile e la quantificazione pneumatica di Volta*

Le ricerche eudiometriche di Volta sono state affrontate anche da chi scrive nei due citati articoli apparsi nel volume *Gli strumenti di Alessandro Volta: Il Gabinetto di Fisica dell'Università di Pavia*. In questi articoli si ripercorrono le ricerche

[71] *Ivi*, p. 59.

di Volta sulla combustione delle arie infiammabili e si analizza l'emergere in questo contesto dei suoi nuovi metodi eudiometrici ad aria infiammabile metallica. Viene dedicata particolare attenzione all'evoluzione della strumentazione e all'atteggiamento di Volta sull'importante tema della quantificazione delle misure. I risultati dello studio condotto sugli strumenti vengono infine sfruttati per interpretare e riconsiderare i pezzi di chimica pneumatica presenti nella collezione di strumenti voltiani originali sopravvissuti a Pavia.

Nel primo articolo,[72] si considera la chimica pneumatica voltiana nel periodo compreso tra l'agosto del 1775 e il maggio del 1777. Si tratta di due date significative, coincidenti nell'ordine con la reazione negativa di Volta all'eudiometria di Landriani e con la realizzazione di apparecchiature che incorporano qualitativamente i nuovi metodi eudiometrici ad aria infiammabile metallica che Volta avrebbe proposto ufficialmente di lì a poco.

Si inizia considerando la reazione negativa di Volta di fronte al programma eudiometrico che Landriani presentò nel 1775. Come già indicato, Volta sostenne che il test dell'aria nitrosa sfruttato da Landriani poteva rivelare solo la respirabilità dell'aria atmosferica e non la sua salubrità in senso medico. Si argomenta[73] che questa lucida consapevolezza dello stato ancora incerto dell'eudiometria indusse Volta ad abbandonare per il momento questo campo per concentrare l'attenzione sui processi di produzione spontanea di arie nel mondo naturale. La sua scoperta (1776) dell'«aria infiammabile nativa delle paludi» (CH_4) viene inquadrata in questa linea di ricerca e si suggerisce[74] che l'infiammabilità di quest'aria condusse naturalmente Volta a uno studio approfondito della combustione delle arie infiammabili.

Uno dei primi risultati che Volta ottenne seguendo questa nuova linea di indagine fu l'accensione delle arie infiammabili mediante la scintilla elettrica. Questo metodo si rivelò in seguito particolarmente utile quando Volta decise di utilizzarlo per produrre la combustione delle arie infiammabili in recipienti chiusi.

Il carattere esplosivo della combustione dell'aria infiammabile metallica suggerì poco dopo a Volta l'idea di utilizzare quest'aria mescolata con l'aria atmosferica o, meglio ancora, con l'aria deflogisticata al posto della polvere da sparo in un nuovo tipo di armi. Questa linea di pensiero[75] lo condusse a realizzare diversi tipi di «moschetti» e «pistole» ad aria infiammabile metallica, con l'accensione elettrica applicata in particolare a un tipo di pistola che Volta denominò «elettrico-flogopneumatica». La figura 1 mostra uno schizzo originale (aprile 1777) dello strumento. In basso, sono visibili i due elettrodi usati per produrre l'accensione elettrica. In fondo alla canna, si distingue la pallottola.

Ripercorrendo il lavoro di Volta, si fa vedere come egli abbia abbandonato le

[72] L. Fregonese, *Le pistole ad aria infiammabile* cit.
[73] *Ivi*, p. 60.
[74] *Ivi*, pp. 62 e segg.
[75] *Ivi*, pp. 63-65.

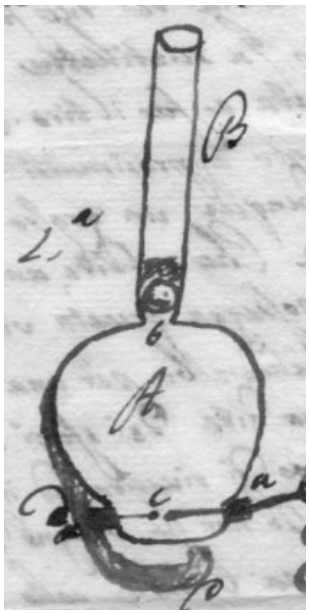


Fig. 1. Schizzo originale della pistola elettrico-flogopneumatica realizzata da Volta nel 1777 (Istituto Lombardo, Accademia di Scienze e Lettere, Cart. Volt. E1).

iniziali velleità di impiego bellico per impegnarsi in un serio programma di riconversione *filosofica*[76] delle sue armi ad aria infiammabile. Il primo passo importante in questa direzione fu la scelta di realizzare (aprile 1777) il corpo della pistola elettrico-flogopneumatica in vetro, anziché in metallo, in modo tale da rendere visibili i particolari della combustione. Nella figura 2 si vede l'esemplare di pistola elettrico-flogopneumatica in vetro[77] che è sopravvissuto nella collezione di strumenti voltiani pavesi. Un impiego filosofico definito già a questo stadio fu l'uso della pistola per dimostrare che la combustione determina una forte diminuzione di volume nella miscela infiammabile.[78] Importantissima nella stessa direzione di riconversione filosofica fu poi la procedura di raccogliere senza perdite l'aria residua della combustione sparando il colpo sott'acqua e raccogliendo l'aria residua con un imbuto all'interno di un vaso capovolto sull'acqua.[79]

Si fa notare poi come, appena un mese dopo, Volta abbia descritto un sistema

[76] *Ivi*, pp. 64-67.

[77] Su questo strumento e sulla mutazione filosofica delle pistole ad aria infiammabile, si veda anche la mia scheda *Pistola elettrico-flogopneumatica*, in G. BELLODI ET AL. (a cura di), *Gli Strumenti di Alessandro Volta* cit., pp. 52-53.

[78] *Ivi*, p. 65.

[79] *Ivi*, p. 67.

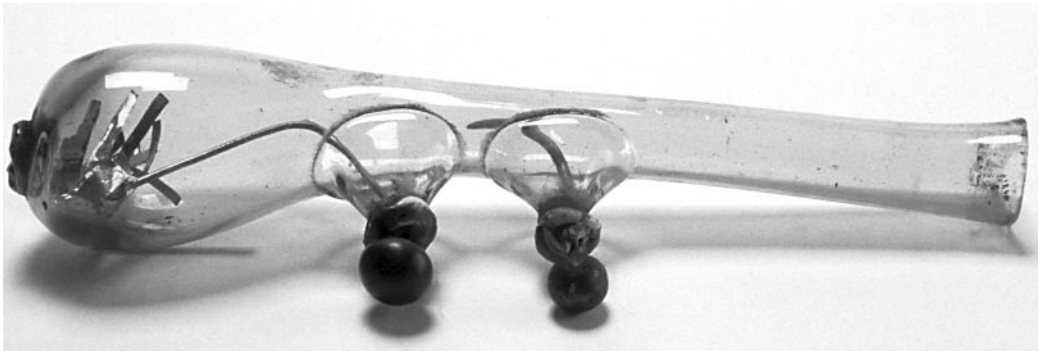


Fig. 2. Pistola elettrico-flogopneumatica di Volta appartenente alla collezione pavese di strumenti voltiani (Museo per la Storia dell'Università di Pavia).

molto più semplice per raccogliere l'aria residua della combustione e per valutare approssimativamente la diminuzione di volume subita della miscela infiammabile. Il metodo consiste nel produrre l'infiammazione elettrica in un robusto cannello di vetro, tuffato nell'acqua e con uno degli estremi sigillato da un turacciolo a tenuta stagna. Togliendo il turacciolo dopo la combustione, l'acqua entra nel cannello in quantità pari alla diminuzione di volume della miscela gassosa e si può così procedere a una stima approssimativa dell'effetto.[80] Si sottolinea come in questo modo Volta avesse già definito il principio di funzionamento dell'eudiometria ad aria infiammabile metallica che avrebbe annunciato a Priestley nella lettera del settembre 1777.[81]

Lo studio effettuato ha permesso di riconsiderare uno degli strumenti eudiometrici della collezione voltiana pavese (figura 3). Al momento, non si conoscono descrizioni originali corrispondenti esattamente a questo apparecchio. L'oggetto più simile è la pistola riprodotta nello schizzo della figura 1, simile in tutto allo strumento pavese ma priva del tappo a vite che quest'ultimo possiede sull'imboccatura. Con il tappo avvitato, lo strumento pavese può essere fatto funzionare come il cannello a chiusura ermetica discusso sopra e può quindi essere visto come una prima versione degli apparecchi eudiometrici che di lì a qualche mese Volta avrebbe presentato a Priestley. Con il tappo svitato e rimosso, lo strumento può essere caricato con una pallottola come nello schizzo della figura 1 e fatto quindi funzionare come pistola elettrico-flogopneumatica. Lo strumento sembra dunque avere una collocazione intermedia tra la pistola elettrico-flogopneumatica e i successivi eudiometri ad aria infiammabile metallica e questo è stato evidenziato sostituendo il nome «eudiometro» che gli veniva tradizionalmente attribuito nella collezione pavese con la

[80] *Ivi*, pp. 67-68.
[81] *Ivi*, p. 68.

Fig. 3. Pistola-eudiometro di Volta custodita nel Museo per la Storia dell'Università di Pavia (Museo per la Storia dell'Università di Pavia).

nuova denominazione di «pistola-eudiometro».[82] Oltre a sottolineare la doppia anima dello strumento, il nuovo nome rimanda ai suoi possibili usi anche come pistola in dimostrazioni spettacolari, che Volta continuò a non disdegnare nonostante il forte impegno per la riconversione filosofica delle sue armi ad aria infiammabile.

Nel secondo articolo,[83] si esaminano le due lettere a Priestley del settembre 1777 e del gennaio 1778. Si argomenta che l'obiettivo primario di queste lettere non è l'eudiometria, come erroneamente suggerito dal titolo scelto[84] dai curatori dell'*Edizione Nazionale* delle opere di Volta, ma lo studio di svariati aspetti della

[82] *Ivi*, p. 68. Ho discusso questa mia proposta di ridenominazione con Giuliano Bellodi e Paolo Brenni, i maggiori studiosi della collezione voltiana pavese, che si sono dichiarati d'accordo e l'hanno accettata. Su questo strumento, si veda anche la mia scheda *Pistola-eudiometro*, in G. BELLODI et al. (a cura di), *Gli Strumenti di Alessandro Volta* cit., pp. 54-55.

[83] L. FREGONESE, *Apparecchi per l'infiammazione delle arie*, cit.

[84] «Due lettere a Giuseppe Priestley riguardanti esperienze eseguite sull'aria infiammabile con un nuovo eudiometro», in A. VOLTA, *Le opere di Alessandro Volta, Edizione Nazionale* cit., vol. 6, p. 171.

combustione delle miscele gassose infiammabili, tra cui soprattutto la decomposizione e la perdita di volume delle arie, come significativamente ribadito dal titolo originario proposto da Volta per la traduzione francese delle lettere in oggetto.[85] Si fa poi vedere che due tipi diversi di eudiometria, e non uno come suggerito sempre dal titolo dell'*Edizione Nazionale*, emergono gradualmente come rami secondari dal tronco principale degli studi che Volta dedica alla combustione delle miscele gassose infiammabili.

Nella prima lettera a Priestley Volta studia dettagliatamente le proprietà della combustione dell'aria infiammabile metallica insieme all'aria atmosferica al variare della proporzione in cui le due arie sono mescolate insieme. Tra le altre cose, queste ricerche lo portano a verificare che un volume costante di 4 misure di aria infiammabile metallica si accende insieme all'aria atmosferica solo se il volume di quest'ultima è compreso tra $2^{1/4}$ e $53^{7/9}$ misure. Si stabilisce quindi in pratica che esiste una scala di infiammabilità con un limite inferiore (rapporto $2^{1/4}$: 4 tra i volumi di aria atmosferica e aria infiammabile metallica) e un limite superiore (rapporto $53^{7/9}$: 4) al di sotto e al di sopra dei quali l'infiammazione non avviene.[86]

È solo a questo punto delle sue ricerche che Volta introduce un nuovo metodo eudiometrico basato sulle proprietà del limite inferiore di infiammabilità. Si prepara innanzi tutto una miscela costituita da $2^{1/4}$ volumi dell'aria atmosferica da testare e da 4 volumi di aria infiammabile metallica. Se la respirabilità dell'aria atmosferica è inferiore al normale, l'accensione non avviene, ma può essere ottenuta aggiungendone una certa quantità alle due arie miscelate nella proporzione $2^{1/4}$: 4. L'idea di Volta è di prendere questa quantità aggiuntiva di aria atmosferica come indice del grado di irrespirabilità dell'aria atmosferica messa alla prova.[87] Il metodo di misurazione adottato prevede l'aggiunta graduale e il conteggio del numero di bolle di aria atmosferica necessarie affinché la miscela delle due arie raggiunga il punto di infiammabilità. Nell'articolo, si analizzano dettagliatamente i sistemi e gli apparecchi che Volta utilizza per introdurre le bolle.[88]

In merito alla precisione del proprio metodo eudiometrico, Volta manteneva una posizione equilibrata. A differenza di Landriani che aveva rivendicato un'elevata precisione per il proprio strumento, Volta dichiarava da parte sua di non «garantire una estrema esattezza e sensibilità in questo strumento, considerato come Eudiometro».[89] Considerazioni analoghe valgono anche per le misurazioni

[85] «Lettres sur l'inflammation de l'air inflammable mêlé à l'air respirable dans des vaisseaux fermés (en continuation de celles sur le Pistolet): sur sa décomposition, perte entiere de son volume et de sa forme aërienne: et sur la diminuition qu'il entraine de l'air respirable lui même, en conséquence de la décharge qu'il y fait du phlogistique», in A. VOLTA, *Le opere di Alessandro Volta, Edizione Nazionale* cit., vol. 6, p. 173.

[86] L. FREGONESE, *Apparecchi per l'infiammazione delle arie* cit., p. 76.

[87] *Ivi*, pp. 76-77.

[88] *Ivi*, p. 77.

[89] A. VOLTA, tratto da L. FREGONESE, *Apparecchi per l'infiammazione delle arie* cit., p. 77.

dei volumi e delle diminuzioni di volume nei vari esperimenti di combustione che Volta esegue sulle arie. Le infiammazioni sono prodotte in un recipiente cilindrico (figura 4) con una graduazione che non consente di spingere troppo in alto la sensibilità delle misurazioni di volume.

Passando alla lettera successiva, si fa vedere che anche in questo caso il centro dell'indagine è la combustione delle miscele gassose infiammabili. Solo alla fine, Volta riprende l'eudiometria, definendo un nuovo metodo che opera nel punto 1 : 1 della scala di infiammabilità, cioè con l'aria infiammabile metallica e l'aria atmosferica mescolate in volumi uguali.[90] Lo schizzo originale nella figura 5 mostra il tipo di apparecchiature utilizzate per questo genere di eudiometria. La miscela infiammabile viene introdotta nella camera di combustione sferoidale *A* e la diminuzione di volume viene valutata sulla scala tracciata sul cannello *ABC* mediante opportune procedure. Il volume aereo residuo è visibile nella parte superiore del cannello nella zona priva di tratteggio. Le parti tratteggiate sono invece occupate da acqua, utilizzata per riempire lo strumento con la miscela infiammabile e per eseguire le misure del volume aereo residuo.[91] Va notato che i volumi della camera di combustione e del cannello sono calcolati in modo tale da operare nel punto 1 : 1 della scala di infiammabilità.

Come si sottolinea proseguendo nell'analisi, Volta indica nella «comparabilità» il pregio principale[92] del nuovo sistema eudiometrico rispetto a quello precedente a bolle. L'impossibilità di realizzare apparecchi in grado di produrre bolle sempre uguali rende in pratica impossibile eseguire confronti tra le misure ottenute da diversi sperimentatori. Con il nuovo metodo, basta invece misurare accuratamente i volumi di aria infiammabile metallica e di aria atmosferica che si fanno reagire insieme e graduare il cannello in modo tale che il volume unitario scelto sia suddiviso nello stesso numero di parti sottomultiple. In questo modo, sperimentatori che operano con apparecchiature non esattamente uguali e in luoghi lontani possono realmente «comparare» le loro misure. Si suggerisce[93] che questo importantissimo passo di Volta sulla strada della *standardizzazione* delle misure sia stato favorito dal «viaggio letterario» che intraprese nel periodo compreso tra le due lettere dirette a Priestley e dalla nutrita serie di contatti scientifici che allora instaurò. In un simile contesto, sorge naturalmente la necessità di eseguire confronti univoci tra le misure eudiometriche ottenute in luoghi lontani e da differenti sperimentatori.

Anche se brevemente, si considera poi l'articolo «Eudiometro», composto da Volta nel 1783 per la traduzione italiana del dizionario di chimica di Macquer, e si rileva[94] come in questo scritto siano presenti importanti linee di continuità con le ela-

[90] L. Fregonese, *Apparecchi per l'infiammazione delle arie* cit., p. 78.
[91] *Ivi*, pp. 78-79.
[92] *Ivi*, p. 79.
[93] *Ibid.*
[94] *Ivi*, pp. 80-81.

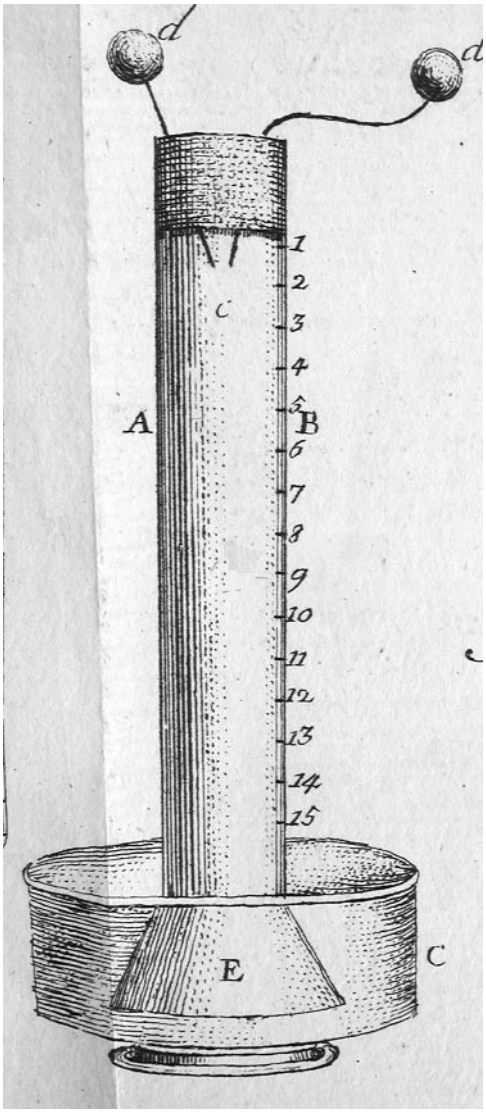


Fig. 4. Apparecchio per lo studio della combustione delle arie e per eudiometria ad aria infiammabile metallica, descritto da Volta nella lettera a Priestley del settembre 1777 («Scelta di opuscoli interessanti raccolti dalle varie lingue», 34, 1777).

borazioni precedenti. Volta mantenne ad esempio l'idea di una netta distinzione tra i concetti di respirabilità e salubrità dell'aria e contrastò così nuovamente le concezioni eudiometriche di Landriani. Anche sulla precisione, non cambiò rotta e mantenne posizioni di equilibrio analoghe a quelle espresse nelle precedenti lettere a Priestley.

Focalizzando successivamente l'attenzione su una lunga memoria del 1790 in cui Volta presentò una sorta di sistematizzazione finale del proprio lavoro eudiometrico, si fa notare come, accanto a forti linee di continuità rispetto alle elaborazioni precedenti, vi sia stato un mutamento importante sul tema della precisione.

Come nel passato, Volta ribadisce sin dal titolo[95] la collocazione dei suoi metodi eudiometrici ad aria infiammabile metallica come capitolo particolare dei suoi studi sulla combustione delle miscele gassose infiammabili. Anche la struttura di base della strumentazione non subisce mutazioni fondamentali e Volta utilizza in pratica due tipologie, riconducibili rispettivamente al cilindro graduato (figura 4) descritto nella lettera a Priestley del settembre 1777 e all'eudiometro «comparabile» (figura 5) con camera di combustione sferoidale e cannello di misura descritto nella lettera a Priestley del gennaio 1778. Una serie di accessori descritti nella nuova memoria rende più agevole l'utilizzo degli strumenti, senza peraltro mutarli nella sostanza.

Per quanto riguarda la precisione, si fa osservare[96] come nella memoria del 1790 Volta abbia abbandonato le precedenti cautele per passare a una decisa sottolineatura di questo aspetto. Dopo aver seguito alcune delle sofisticate procedure che egli descrive per aumentare al massimo la sensibilità delle apparecchiature e la precisione delle misure, si suggerisce che questi sforzi erano molto probabilmente invalidati dalla non perfetta purezza con cui l'aria infiammabile metallica usata nei test poteva essere preparata. Si avanza l'ipotesi, da sottoporre al vaglio di ulteriori indagini, che il nuovo atteggiamento di Volta sia derivato dall'adeguamento a un'ideologia della precisione presente ora con maggiore forza negli ambienti scientifici rispetto all'epoca dei suoi precedenti scritti eudiometrici.

Sfruttando gli studi compiuti, si propone anche un'interpretazione degli altri due pezzi eudiometrici (figura 6) sopravvissuti nella collezione voltiana pavese.[97] Le analogie con la figura 5 portano a identificarli entrambi come camere di combustione del tipo di eudiometro comparabile che Volta introdusse nel gennaio 1778 e che perfezionò poi nel 1790. Il piede a forma di imbuto nel pezzo di sinistra compare nella stessa identica forma nella memoria del 1790 e serve per introdurre le

[95] «Descrizione dell'eudiometro ad aria infiammabile il quale serve inoltre di apparato universale per l'accensione al chiuso delle arie infiammabili d'ogni sorta mescolate in diverse proporzioni con aria respirabile più o meno pura; e per l'analisi di quelle e di queste», in A. VOLTA, *Le opere di Alessandro Volta, Edizione Nazionale* cit., vol. 7, p. 173.

[96] L. FREGONESE, *Apparecchi per l'infiammazione delle arie* cit., pp. 82-83.

[97] *Ivi*, p. 79. Si veda anche la mia scheda *Eudiometri ad aria infiammabile (incompleti)*, in G. BELLODI ET AL. (a cura di), *Gli Strumenti di Alessandro Volta* cit., pp. 70-72.

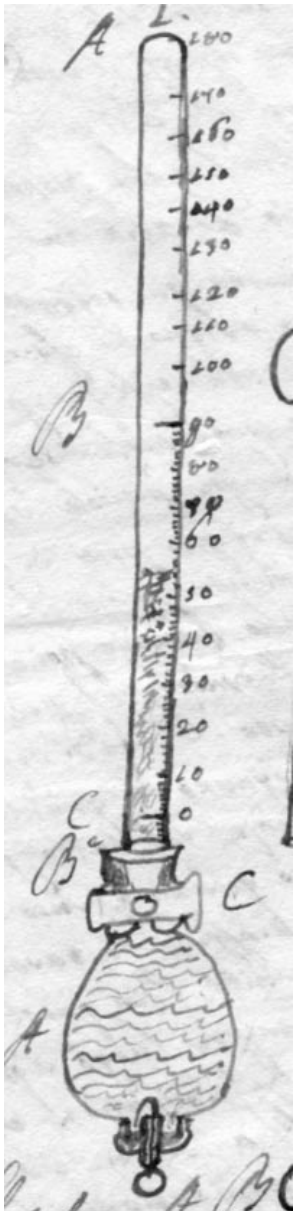


Fig. 5. Schizzo dell'eudiometro «comparabile» descritto da Volta nella lettera a Priestley del gennaio 1778 (Istituto Lombardo, Accademia di Scienze e Lettere, Cart. Volt. G6).

Fig. 6. Camere di combustione dell'eudiometro «comparabile» appartenenti alla collezione pavese di strumenti voltiani (Museo per la Storia dell'Università di Pavia).

arie dal di sotto nella camera di combustione sferoidale senza che vi siano perdite. Questo collegamento con la memoria del 1790 porta a interpretare i due cimeli eudiometrici in esame come camere di combustione della forma più raffinata che l'eudiometro comparabile descritto già nel 1778 assunse a partire dal 1790. L'oggetto più piccolo in primo piano è un tappo munito di elettrodo a uncino e applicabile a vite su una delle imboccature della camera di combustione. Confrontando con la figura 5, si vede che nel 1778 Volta aveva già usato questo tipo di elettrodo per produrre l'infiammazione elettrica.

7. *La terza fase della chimica voltiana (1784-1801)*

Gli stadi più maturi della chimica voltiana sono stati affrontati recentemente da Raffaella Seligardi[98] e da Marco Ciardi.[99] I loro contributi hanno iniziato a fissare diversi punti importanti e a mostrare varie direzioni in cui muoversi per ricostruire il complesso itinerario chimico di Volta negli anni di affermazione della chimica di Lavoisier. Si cerca qui di seguito di dare un'idea degli aspetti principali messi in luce dai due autori.

Gli anni 1784 e 1801 qui scelti per delimitare la terza fase della chimica voltiana sono ripresi rispettivamente da Seligardi e da Ciardi. Seligardi inizia infatti la sua analisi dai pronunciamenti che, come abbiamo visto, Volta fece nel 1784 contro la nuova idea lavoisieriana della natura composta dell'acqua.[100] Ciardi spinge la sua indagine nell'altra direzione fino al giudizio di sostanziale fallimento che Volta diede nel 1801 sui tentativi di riforma della nomenclatura chimica intrapresi dal collega pavese Luigi Valentino Brugnatelli.[101]

A testimonianza del notevole prestigio di cui Volta godeva nella comunità chimica dell'epoca, Seligardi segnala[102] il fatto che nel 1787 Louis Bernard Guyton de Morveau incluse Volta tra i più importanti chimici d'Europa, accomunando strettamente le sue concezioni a quelle del chimico flogistista tedesco Lorenz Crell, direttore dell'importante rivista *Chemische Annalen*, a cui anche Brugnatelli si ispirò nella redazione dei suoi *Annali di Chimica*. Il parallelo diretto stabilito da Guyton de Morveau con la chimica di Crell suggerisce che Volta guardasse con particolare interesse alla chimica tedesca del periodo. L'analisi degli anni successivi indica che tale legame fu mantenuto e che Volta continuò a dirigere lo sguardo verso gli sviluppi della chimica nell'area tedesca.

Pur dimostrando una buona comprensione della nuova chimica lavoisieriana e un uso pertinente della sua nomenclatura, Volta continuò per molti anni a non trovare ragioni sufficienti per una scelta definitiva in favore della chimica di Lavoisier. Nel 1800 lo troviamo ad esempio con un atteggiamento ancora possibilista nei confronti dei tentativi di riforma della nomenclatura chimica che Brugnatelli stava portando avanti.[103]

Sul piano didattico, Volta portò avanti una strategia che si potrebbe chiamare della doppia verità, nel senso che prevedeva l'esposizione della vecchia chimica flo-

[98] R. SELIGARDI, *Alessandro Volta e la nuova chimica* cit. Si veda anche la sezione «Le molte facce di una disciplina», pp. 87-96 in EAD., *Lavoisier in Italia: La comunità scientifica italiana e la rivoluzione chimica*, Firenze, Olschki, 2002.

[99] M. CIARDI, *La chimica pavese e la rivoluzione lavoisieriana* cit.

[100] R. SELIGARDI, *Alessandro Volta e la nuova chimica* cit., pp. 87-88.

[101] M. CIARDI, *La chimica pavese e la rivoluzione lavoisieriana* cit., p. 718.

[102] R. SELIGARDI, *Alessandro Volta e la nuova chimica* cit., pp. 88-90.

[103] *Ivi*, p. 97.

gistica accanto alla nuova chimica antiflogistica di Lavoisier.[104] La motivazione ufficiale era quella di dare agli studenti la possibilità di conoscere entrambe le teorie, ma un tale modo di procedere pare senz'altro riconducibile alla mancanza di un intimo convincimento a favore della teoria lavoisieriana.[105]

Sopravvivono varie testimonianze del fatto che, verso la metà del decennio 1790, Volta si orientò verso autori e libri di testo che mettevano a confronto le due teorie chimiche o che tentavano in qualche modo di conciliarle.[106] Si nota anche in questo caso una forte tendenza verso la chimica di area tedesca. Per l'anno accademico 1794-95, Volta adottò ad esempio i *Grundriss der Naturlehre* di Friedrich Albrecht Carl Gren nell'edizione di Halle del 1793.[107] Nel 1795, Volta si espresse a favore della sesta edizione degli elementi di fisica di Johann Christian Polycarp Erxleben, annotati da Lichtenberg, in cui la vecchia teoria flogistica e la nuova teoria antiflogistica lavoisieriana venivano messe a confronto.[108] Per l'anno accademico 1795-96, Volta adottò come libro di testo la terza edizione degli elementi di fisica sperimentale di Giuseppe Saverio Poli, con annotazioni relative alla chimica lavoisieriana di Vincenzo Dandolo e Antonio Fabris.[109]

Gli studi di Seligardi e Ciardi danno indizi importanti sulle complesse motivazioni che trattenevano Volta dallo schierarsi a favore della nuova teoria lavoisieriana. Entrambi gli autori considerano in particolare due episodi, risalenti al 1795 e al 1798, dai quali si ricava che Volta giudicava la nuova teoria insufficiente nella trattazione dei fenomeni luminosi associati alle reazioni chimiche.

Nel 1795, Volta si schierò a favore[110] di una teoria di tipo flogistico proposta dal chimico tedesco Johann Friederich August Göttling adducendo la ragione che, a differenza della teoria lavoisieriana che «non sembra quasi tener conto» della luce, la teoria di Göttling «ne fa grand'uso, facendo per essa luce giuocare le *affinità doppie*, come fatto avea già Macquer; e pretende che stanzj nel fosforo, nel solfo e in tutti i combustibili, nei metalli e nell'aria detta già flogisticata da Priestley [...] nei corpi insomma già tenuti per *ricchi di flogisto* dagli Stahliani e da Macquer per *ricchi di luce fissa*, sinonimo secondo noi di flogisto».[111] Per Volta dunque, la teoria lavoisieriana trascura i fenomeni luminosi mentre la teoria di Göttling mostra

104 R. Seligardi, *Alessandro Volta e la nuova chimica* cit., p. 94; M. Ciardi, *La chimica pavese e la rivoluzione lavoisieriana* cit., pp. 713-714.

105 R. Seligardi, *Alessandro Volta e la nuova chimica* cit., p. 95.

106 R. Seligardi, *Alessandro Volta e la nuova chimica* cit., pp. 94-95; M. Ciardi, *La chimica pavese e la rivoluzione lavoisieriana* cit., pp. 713-714.

107 M. Ciardi, *La chimica pavese e la rivoluzione lavoisieriana* cit., p. 713.

108 *Ibid.*

109 R. Seligardi, *Alessandro Volta e la nuova chimica* cit., p. 94; M. Ciardi, *La chimica pavese e la rivoluzione lavoisieriana* cit., pp. 713-714.

110 R. Seligardi, *Alessandro Volta e la nuova chimica* cit., pp. 95-96; M. Ciardi, *La chimica pavese e la rivoluzione lavoisieriana* cit., pp. 714-716.

111 A. Volta, tratto da R. Seligardi, *Alessandro Volta e la nuova chimica* cit., p. 95.

come tenerne adeguatamente conto. Oltre a questo, l'identificazione che Volta attua tra la luce e il flogisto indica come a questo stadio egli concepisse lo sviluppo della chimica nel senso di un raffinamento della vecchia teoria flogistica.

Sempre in base a considerazioni che coinvolgono la luce, nel 1798 Volta si dichiarò propenso ad accettare[112] una «correzione o aggiunta» alla teoria lavoisieriana proposta dai chimici tedeschi Rüther e Gren, i quali assumono infatti che «i combustibili non si ossidino solamente per effetto della combustione, non acquistino l'ossigeno solo per affinità semplice, ma che lo scambino con un altro principio che essi rilasciano e che costituisce la base della luce e che essi vorrebbero continuare a chiamare flogisto, per conciliare in qualche modo la vecchia teoria flogistica con la nuova pneumatica».[113] Come nel 1795, la luce compare dunque in posizione centrale, come sostanza plausibilmente identificabile con il flogisto. In questa prospettiva, Volta continua a vedere lo sviluppo della chimica come un raffinamento della vecchia teoria flogistica che si può rendere compatibile con la nuova teoria lavoisieriana. Ancora una volta, viene confermata la sua inclinazione a tenere in vista soprattutto le elaborazioni chimiche prodotte nell'area tedesca.

8. *Volta elettrochimico, anche teorico (1802-1812)*

Il bicentenario dell'invenzione della pila ha dato occasione anche a diversi interventi incentrati sul problema dei rapporti tra Volta e l'elettrochimica. Vanno segnalati soprattutto alcuni articoli di Pietro Pedeferri che rivalutano il lavoro di Volta in questo settore e mettono così in discussione il luogo comune che egli se ne sia quasi completamente disinteressato.

Nella prospettiva storiografica adottata da Pedeferri, si notano almeno due punti di vista generali che plausibilmente non tutti gli storici della scienza condivideranno pienamente in quanto non immuni da problemi di anacronismo.

Come vedremo tra poco, la ricerca di «anticipazioni» da parte di Volta di effetti elettrochimici attribuiti ad altri costituisce indubbiamente un primo tratto caratteristico della visuale storiografica adottata da Pedeferri. La categoria del «precorrimento» o della «priorità» non gode oggi di molta popolarità presso gli storici della scienza ed quindi prevedibile pensare a reazioni di perplessità. Va tuttavia sottolineato che l'analisi di Pedeferri sembra comunque condurre a vari risultati importanti e condivisibili a proposito del lavoro elettrochimico di Volta.

Più problematica appare invece la scelta di Pedeferri di giudicare numerosi eventi dal punto di vista di ciò che le teorie moderne affermano su di essi. In questo caso, i rischi di anacronismo sono ovviamente maggiori e un'ulteriore diffi-

[112] R. SELIGARDI, *Alessandro Volta e la nuova chimica* cit., pp. 91-92; M. CIARDI, *La chimica pavese e la rivoluzione lavoisieriana* cit., pp. 716-717.

[113] A. VOLTA, tratto da R. SELIGARDI, *Alessandro Volta e la nuova chimica* cit., p. 91, con traduzione mia dall'originale francese.

coltà nasce anche dal fatto che, come vedremo, su questioni fondamentali sembra ancora mancare un punto di vista comune tra tutti gli studiosi di elettrochimica.

Nonostante lo stato ancora problematico di vari punti, gli studi di Pedeferri hanno l'indubbio merito di aver rotto una sorta di tabù, facendo vedere che Volta intervenne significativamente in campo elettrochimico e non fu totalmente inattivo come comunemente si afferma. Seppure a posteriori, il disaccordo che sembra rimanere tra gli elettrochimici moderni ci fornisce poi una lezione molto istruttiva sull'enorme complessità dei fenomeni che Volta e i suoi contemporanei si trovarono ad affrontare.

Pedeferri attribuisce a Volta tre importanti priorità elettrochimiche, le prime due formulate nel 1802 e la terza in vari interventi compiuti tra il 1801 e il 1812.

In un brano, contenuto in una memoria diretta da Volta nel 1802 agli editori della rivista svizzera *Bibliothèque Britannique*, Pedeferri individua[114] un'anticipazione dei principi basilari dell'effetto elettrochimico oggi noto con il nome di «protezione catodica». Questo effetto consente di proteggere un metallo dall'ossidazione mediante il semplice collegamento con un metallo meno nobile. Quest'ultimo si trasforma in anodo positivo e si ossida preferenzialmente al posto del metallo da proteggere, a cui si fa svolgere il ruolo di catodo negativo.

Pedeferri richiama preliminarmente che la prima applicazione della protezione catodica viene oggi attribuita a Humphry Davy, che la formulò esplicitamente nel 1824, sostenendo però di averne individuato i principi di funzionamento già nel 1806.[115]

Nel brano voltiano del 1802, Pedeferri segnala tre affermazioni[116] importanti a proposito dell'ossidazione di un metallo che scambia corrente con una soluzione elettrolitica. Nella prima di queste affermazioni Volta individua secondo Pedeferri due cause concomitanti diverse per l'ossidazione del metallo: la corrente scambiata con la soluzione e il processo di corrosione che il metallo subisce da parte della soluzione. La seconda affermazione voltiana stabilisce poi che il tasso di ossidazione del metallo immerso nella soluzione aumenta se la corrente passa dal metallo alla soluzione. La terza affermazione stabilisce infine che il tasso di ossidazione del metallo diminuisce o addirittura si annulla se la corrente passa dalla soluzione al metallo.

Pedeferri dà grande importanza alla distinzione che Volta opera tra l'ossidazione del metallo per effetto della corrosione da parte della soluzione elettrolitica e per effetto del passaggio di una corrente elettrica. Volta ebbe secondo Pedeferri il merito notevole di considerare la corrente solo come una causa parziale dell'ossida-

[114] Si fa riferimento a P. Pedeferri, *Humphry Davy, Alessandro Volta and the cathodic protection* cit. Pedeferri ha discusso questo punto in termini sostanzialmente simili anche in: Id., *L'inconsistenza di molte critiche a Volta elettrochimico* cit., pp. 45-46; Id., *Paralipomeni voltiani*, cit. pp. 689-690; Id., *Priorità elettrochimiche di Alessandro Volta* cit., pp. 257-261.

[115] P. Pedeferri, *Humphry Davy, Alessandro Volta and the cathodic protection* cit., p. 57.

[116] *Ivi*, p. 58.

zione del metallo, a differenza dei contemporanei che l'avrebbero attribuita interamente alla corrente elettrica.[117] La terza affermazione di Volta che l'ossidazione del metallo diminuisce fino a cessare del tutto per effetto di una corrente entrante nel metallo costituisce poi per Pedeferri la prima formulazione, in anticipo di quattro anni rispetto a Davy, del principio di funzionamento della protezione catodica.[118]

La seconda priorità che Pedeferri riconosce[119] a Volta, in una lettera da lui inviata nel 1802 al fisico olandese Martinus van Marum, è l'anticipazione di quella che oggi viene chiamata la «prima legge della stechiometria chimica». Si tratta anche qui di un effetto elettrochimico importante, la cui scoperta viene attribuita[120] a Faraday nel 1833, e che Volta avrebbe così anticipato di ben trentuno anni. Pedeferri fa osservare come, tra le varie cose, Volta avesse proposto a van Marum un esperimento per stabilire l'identità tra l'elettricità della pila e l'elettricità ottenuta per strofinio. Van Marum aveva allora a disposizione la macchina a strofinio più grande del mondo ed è per questo che Volta si rivolge a lui per l'esperimento che dovrebbe dimostrare l'identità tra i due tipi di elettricità. Per stabilire questa identità, bisogna secondo Volta «tentare di ottenere [con la macchina] lo stesso sviluppo di gas idrogeno, e l'ossidazione rispettiva dei due fili metallici immersi nell'acqua ecc., che si produce per azione continua della pila».[121] Volta si dichiara convinto che si otterrà «la stessa quantità e nella stessa maniera e con lo stesso aspetto, se veramente la vostra grande e prodigiosa macchina è capace di fornire e di far passare entro conduttori senza fine tanto fluido elettrico in ogni istante o in un dato tempo quanto ne fornisce e ne fa passare la pila».[122] Oltre all'indicazione della perfetta identità tra l'elettricità fornita dalla pila e quella ottenuta per strofinio, in queste ultime affermazioni Pedeferri individua appunto «l'anticipazione della prima legge di Faraday sulla stechiometria elettrochimica e […] il suggerimento di applicarla per misura della quantità di elettricità attraverso la misura degli effetti chimici prodotti».[123]

La terza priorità che Pedeferri attribuisce a Volta, in documenti risalenti agli anni 1801, 1802, 1803-1805 e 1812,[124] è l'indicazione che l'ossido nero di manganese è la sostanza più efficace nello «spingere il fluido elettrico» nei metalli e

[117] *Ivi*, p. 60.

[118] *Ibid.*

[119] Si fa riferimento a P. Pedeferri, *Paralipomeni voltiani* cit. Pedeferri ha discusso questo punto in termini sostanzialmente simili anche in: Id., *L'inconsistenza di molte critiche a Volta elettrochimico* cit., pp. 46-48; Id., *Priorità elettrochimiche di Alessandro Volta* cit., pp. 261-264.

[120] P. Pedeferri, *Paralipomeni voltiani* cit., p. 691.

[121] *Ibid.*

[122] *Ibid.*

[123] *Ibid.*

[124] Si fa riferimento a P. Pedeferri, *Priorità elettrochimiche di Alessandro Volta* cit. Pedeferri ha discusso questo punto in termini sostanzialmente simili anche in: Id., *L'inconsistenza di molte critiche a Volta elettrochimico* cit., pp. 48-49.

soprattutto nello zinco.[125] Nel 1812, Volta richiamò l'attenzione di Giuseppe Zamboni sulla particolare efficacia elettromotrice del manganese, dandogli così un elemento importante per migliorare la resa delle pile a secco che allora stava realizzando.[126] In questo modo, Volta avrebbe svolto un ruolo anticipatore anche nella realizzazione «della pila ancor oggi più diffusa cioè la pila zinco-biossido di manganese, più conosciuta come pila Leclanché».[127]

Nei suoi lavori, Pedeferri si impegna in una strenua difesa di Volta su due questioni che hanno collegamenti importanti con l'elettrochimica. In entrambi i casi, il metro di giudizio è costituito in larga misura dalle risposte che la scienza moderna fornisce per le situazioni corrispondenti e vanno quindi richiamate a tale proposito le segnalazioni già fatte circa i rischi di anacronismo.

La prima difesa di Pedeferri[128] è contro le «accuse» che nel libro *La rana ambigua* Marcello Pera muove a Volta di essere stato condotto dalla sua difesa a oltranza della teoria del contatto a «fraintendere» e a «omettere» i fenomeni chimici della pila. Le argomentazioni con cui Pedeferri ribatte a Pera sono complesse e non è quindi possibile affrontarle dettagliatamente. A titolo di esempio, consideriamo qui solo un punto relativo alla discussione sul ruolo del liquido interposto tra le coppie bimetalliche della pila voltiana.

Come noto, Volta assegnò allo strato liquido interposto un ruolo di semplice conduttore dell'elettricità messa in moto dal contatto bimetallico. Secondo Pera, questo è un «fraintendimento» che nega il ruolo chimico della soluzione interposta, e ciò risulta particolarmente sorprendente poiché, già all'epoca dell'annuncio della pila, Volta si sarebbe trovato di fronte a «fenomeni chiaramente chimici», quando aveva ad esempio fatto osservare che «la lisciva e gli altri liquidi alcalini sono preferibili quando uno dei due metalli che deve essere immerso è lo stagno; l'acqua salata è invece preferibile quando sia lo zinco».[129] Secondo Pedeferri, è invece Pera quello che fraintende poiché le preferenze di Volta per i liquidi alcalini o per l'acqua salata, a seconda che il metallo usato sia rispettivamente lo stagno o lo zinco, dipendono da «motivi cinetici per lo più legati all'intervento di processi locali di formazione di film e di corrosione» e non hanno pertanto «niente a che fare con la forza elettromotrice e quindi con la teoria del contatto».[130]

La seconda difesa di Pedeferri riguarda la forza elettromotrice tra metalli dif-

[125] P. PEDEFERRI, *Priorità elettrochimiche di Alessandro Volta* cit., pp. 265-266.

[126] *Ivi*, pp. 266-268.

[127] *Ivi*, p. 268.

[128] Si fa riferimento a P. PEDEFERRI, *Paralipomeni voltiani* cit. Pedeferri ha discusso questo punto in termini sostanzialmente simili anche in: ID., *L'inconsistenza di molte critiche a Volta elettrochimico* cit., pp. 33-38.

[129] MARCELLO PERA, *La rana ambigua: La controversia sull'elettricità animale tra Galvani e Volta*, Torino, Einaudi, 1986, p. 176, tratto da P. PEDEFERRI, *Paralipomeni voltiani* cit., p. 695.

[130] P. PEDEFERRI, *Paralipomeni voltiani* cit., p. 695.

ferenti che Volta introdusse ed è condotta sulla base di corrispondenze con l'approccio elettrochimico formulato dal suo maestro Roberto Piontelli.[131]

Nella concettualizzazione di Piontelli, i vari elementi di una pila voltiana e del circuito ad essa collegato vanno considerati come altrettante fasi termodinamiche poste a contatto una di seguito all'altra. Nella catena termodinamica così definita, gli elettroni scambiati ai contatti intermetallici intervengono come vere e proprie «specie chimiche» soggette a forze di «affinità» intese nel senso della termodinamica chimica.[132] In una simile visuale, si è «indotti a considerare lo scambio di elettroni al contatto intermetallico come una parte essenziale della modificazione chimica della catena, ed a ritenerlo accompagnato da effetti energetici, i quali non solo non possono essere negletti aprioristicamente, ma, anzi, possono conferire al contatto intermetallico fondati motivi per aspirare ad essere considerato un'importante sede di f.e.m.».[133] Come lo stesso Piontelli riconosce, si presenta però una doppia difficoltà poiché, «da un lato, la grandezza, che si potrebbe assumere, quale misura del contributo di contatto alla f.e.m. di una catena, risulta, almeno finora, inaccessibile all'esperienza e al calcolo; mentre, dall'altro, la proprietà di contatto, che l'esperienza ci fornisce, è affetta da contributi spuri, pure indeterminati».[134] La prima grandezza, inaccessibile all'esperienza e al calcolo, è quella che nell'approccio seguito da Piontelli viene chiamata la «tensione Galvani».[135] L'altra grandezza è la cosiddetta «tensione Volta», identificabile operativamente con la tensione di contatto misurata da Volta, ma affetta da contributi spuri incontrollabili, dipendenti ad esempio da modificazioni accidentali dello stato superficiale dei vari conduttori presenti nella catena termodinamica.[136]

Le conclusioni a cui la teoria elettrochimica di Piontelli conduce sembrano dunque rivalutare a posteriori le misure di Volta sulla tensione di contatto, ma le ovvie obiezioni di anacronismo che si possono sollevare rendono difficile vedere come ciò debba essere fatto intervenire in sede di giudizio storico. Questo appare ancor più vero se si considera che l'approccio elettrochimico formulato da Piontelli e ripreso da Pedeferri non sembra essere universalmente condiviso dagli studiosi del settore.

Con un riferimento implicito ma chiaramente individuabile nel bersaglio che vuole colpire, Sergio Trasatti afferma ad esempio: «È sorprendente scoprire che

[131] ROBERTO PIONTELLI, *Effetto Volta e teoria della pila*, «Giornale di Fisica», 3, 12, 1962. Ripubblicato in ADELE ROBBIATI BIANCHI (a cura di), *Alessandro Volta 1792-1799, Atti del Convegno Internazionale, 15-16 aprile 1999*, Milano, Istituto Lombardo Accademia di Scienze e Lettere, 2002, pp. 223-235. Nel seguito, si fa riferimento a questa riedizione dell'articolo di Piontelli.

[132] R. PIONTELLI, *Effetto Volta e teoria della pila*, in A. ROBBIATI BIANCHI (a cura di), *Alessandro Volta 1792-1799* cit., p. 231.

[133] *Ibid.*

[134] *Ivi*, p. 232.

[135] *Ivi*, p. 228.

[136] *Ivi*, p. 230.

alcuni pensano che la controversia sulla teoria della pila sia tuttora aperta. Ma lo è ancora di più quando si scopre che la difesa della teoria originale di Volta del contatto intermetallico è ancora condivisa da alcuni elettrochimici».[137] Trasatti non espone in modo puntuale i motivi del suo dissenso e contrappone semplicemente a quella di Pedeferri una differente interpretazione teorica del contatto bimetallico che si basa sulla teoria quantistica delle bande di conduzione nei solidi e che lo porta a concludere che «l'elemento costituito da due metalli a contatto è assolutamente inattivo dal punto di vista del flusso elettronico».[138] La f.e.m. risultante deriva invece dalle reazioni elettrochimiche tra i metalli e le soluzioni elettrolitiche. Ad esempio, nel caso di un elettrodo di Ag e uno di Zn immersi in una soluzione elettrolitica, esiste una f.e.m. «originata e mantenuta dalle reazioni elettrochimiche diverse al contatto (nell'esempio) soluzione/Ag e soluzione/Zn».[139]

A più di due secoli di distanza, il contrasto tra la teoria del contatto e la teoria elettrochimica sembra dunque incredibilmente vicino al punto di partenza. Come già indicato, questo perdurante disaccordo testimonia indirettamente la grande complessità dei fenomeni in gioco ed è probabilmente la lezione più istruttiva che possiamo ricavare dall'intera vicenda. Ci sembra d'altra parte auspicabile un ulteriore approfondimento da parte di Pedeferri e Trasatti, con un pronunciamento più esplicito sulle relazioni e la compatibilità o meno dei loro differenti approcci elettrochimici.

Nonostante le riserve che si possono esprimere su alcune delle posizioni di Pedeferri, vanno senz'altro apprezzati i suoi tentativi di rivalutare il lavoro elettrochimico di Volta e di evidenziare i suoi contenuti teorici. Pedeferri insiste ad esempio sul forte carattere teorico della nozione voltiana di forza elettromotrice. Quando, nel 1793, Volta concepì l'idea di creare «la tabella de' conduttori della prima Classe, che posseggono un diverso potere di spingere il fluido elettrico e cacciarlo avanti ne' conduttori umidi ossia di seconda Classe»,[140] Volta si rivelò secondo Pedeferri «un teorico grande quanto lo sperimentatore che l'ha realizzata come meglio non sapremmo fare oggi».[141]

9. *Conclusioni*

La rassegna che abbiamo fatto consente di formulare alcune conclusioni che riguardano ovviamente il lavoro chimico di Volta, ma che hanno anche implicazioni sul piano più generale dell'approfondimento e della caratterizzazione del suo programma scientifico.

[137] Sergio Trasatti, *1799: La pila di Volta, nasce l'elettrochimica*, in A. Robbiati Bianchi (a cura di), *Alessandro Volta 1792-1799* cit., p. 176.

[138] *Ivi*, p. 178.

[139] *Ibid.*

[140] A. Volta, tratto da P. Pedeferri, *Paralipomeni voltiani* cit., p. 698.

[141] P. Pedeferri, *Paralipomeni voltiani* cit., p. 698.

Si può senz'altro dire che gli studi esaminati hanno condotto a un notevole chiarimento e rivalutazione del lavoro chimico di Volta nelle varie fasi che esso attraversò in un arco di tempo molto ampio. Seppure non con lo stesso dettaglio, l'analisi riguarda infatti una molteplicità di eventi che si collocano tra il 1776 e il 1812.

Particolarmente nitida è l'immagine che emerge sulle prime due fasi flogistiche della chimica voltiana.

Sul piano teorico, risultano chiari i debiti di Volta verso gli schemi priestleyani della flogisticazione e la sua concezione sostanzialmente trasmutatoria delle reazioni e del cambiamento chimico. Risulta evidente per contrasto la lontananza rispetto ai nuovi schemi chimici che Lavoisier stava contemporaneamente elaborando sulla base dell'analisi e della sintesi combinate con il *balance sheet* ponderale.

La nuova eudiometria ad aria infiammabile metallica che Volta introdusse in questo periodo è stata ricontestualizzata nell'ambito delle sue ricerche sulla combustione delle miscele gassose infiammabili e risulta più evidente che vi furono in realtà due differenti metodi eudiometrici sviluppati in rapida successione. L'esame dedicato all'atteggiamento di Volta sui temi della precisione e della comparabilità delle misure relative alla combustione della miscele infiammabili e ai connessi metodi eudiometrici ad aria infiammabile metallica indica le modalità specifiche con cui egli partecipò al «*quantifying spirit*»[142] che pervase più in generale la scienza nella seconda metà del Settecento. L'attenzione parallelamente rivolta alla strumentazione voltiana ha permesso anche di precisarne le principali tappe evolutive e di interpretare e in parte riconsiderare i pezzi eudiometrici della collezione pavese di strumenti voltiani.

Squarci importanti sono stati aperti anche sulla terza fase della chimica voltiana. Si scorgono in particolare alcune delle complesse ragioni del suo sofferto confronto con la chimica lavoisieriana, tra cui un'insoddisfazione per la trattazione dei fenomeni luminosi associati a quelli chimici, e del suo conseguente interesse per le nuove versioni in cui il paradigma flogistico continuava a essere rielaborato nell'area germanica.

Anche se sarà probabilmente necessario riprendere e approfondire diverse questioni tutt'altro che marginali, sono stati ottenuti risultati di rilievo pure sul lavoro elettrochimico di Volta. Il luogo comune che egli non abbia quasi toccato

[142] TORE FRÄNGSMYR, JOHN L. HEILBRON, ROBIN E. RIDER (eds.), *The quantifying spirit in the 18th century*, Berkeley-Oxford, University of California Press, 1990. John Heilbron ha successivamente sviluppato lo studio della quantificazione in HEILBRON, *Weighing imponderables and other quantitative science around 1800*, University of California Press, «Historical studies in the physical and biological sciences», suppl. vol. 24, p. 1, 1993. Dello stesso Heilbron è fondamentale per la quantificazione dell'elettricità anche la quinta parte «Quantification» (pp. 405-500) in ID., *Electricity in the 17th and 18th centuries: A study in early modern physics*, Berkeley, University of California Press, 1979. Heilbron ha poi affrontato specificamente la quantificazione nella scienza voltiana, unitamente all'uso di analogie, in ID., *Analogy in Volta's exact natural philosophy*, in F. BEVILACQUA, L. FREGONESE (eds.), *Nuova Voltiana*, vol. 1, cit.

questo campo è stato sicuramente messo discussione e sono ora visibili diversi suoi interventi significativi.

In una prospettiva più generale, emergono vari elementi importanti di cui bisognerà tenere conto nella valutazione complessiva del programma scientifico di Volta, che attualmente non dipende in misura apprezzabile o esclude addirittura l'ampio capitolo chimico che egli sviluppò.

Come abbiamo visto, c'è un accordo unanime tra tutti gli autori sulla grande importanza attribuita da Volta agli aspetti teorici connessi alle ricerche chimiche affrontate. Sembra appropriato parlare di una vera e propria «tensione teorica» da lui costantemente mantenuta lungo tutte le fasi del suo tragitto chimico. Per quanto riguarda poi il rapporto tra teoria ed esperimento, si nota poi una notevole integrazione tra i due piani, come risulta ad esempio dai riaggiustamenti teorici che Volta mise in atto per reinterpretare gli esperimenti di Lavoisier sulla sintesi dell'acqua senza rinunciare alla nozione tradizionale della natura elementare di questa sostanza. L'immagine che così si ricava della scienza e della metodologia di Volta è in notevole contrasto con quella che viene tradizionalmente proposta per le sue ricerche nel campo dell'elettrostatica. Si prospetta qui solitamente un passaggio discontinuo tra una «prima maniera», fortemente teorica, e una «seconda maniera», basata prevalentemente su pratiche e misure di laboratorio. Riprendendo la metafora della tensione, ci sarebbe dunque stata nel percorso elettrico di Volta una marcata caduta di tensione teorica con una conseguente transizione verso posizioni di stampo empirista. Nel caso della chimica, la situazione non si pone mai nei termini di una simile frattura e ciò invita naturalmente a riconsiderare l'usuale interpretazione dicotomica dell'elettrostatica voltiana.

A proposito della teoria, si assume anche che, nel passare dalla prima alla seconda maniera elettrica, Volta abbia sostanzialmente abbandonato una rappresentazione autonoma delle forze elettriche a favore del nuovo tipo di concettualizzazione introdotto alcuni anni prima da Aepinus. Date le affinità che esistono tra le forze elettrostatiche definite da Aepinus e quelle successivamente adottate da Coulomb, la posta in gioco è importante perché si afferma in pratica che Volta può essere collocato nella linea di sviluppo aepiniano-coulombiana dell'elettrostatica. Se si considera poi che questa linea rappresentò una deviazione radicale e per molti versi rivoluzionaria rispetto alle precedenti teorie elettriche, si finisce così per avvallare l'idea di un Volta incline a seguire linee teoriche sovversive rispetto a quelle tradizionali. Anche in questo caso, il contrasto con l'immagine che si ricava dalla chimica voltiana è molto marcato. Come chiaramente emerso, Volta mantenne un atteggiamento conservatore, costantemente incline allo sviluppo dei vecchi schemi teorici anziché alla conversione alle novità di Lavoisier. Pur riservandosi, come è altresì emerso, notevoli margini di autonomia sul piano teorico, egli non volle mai abbandonare le linee guida della chimica priestleyana e gli schemi della flogisticazione. Questi elementi offrono spunti stimolanti per riconsiderare sotto una nuova

luce la continuità teorica ininterrotta che Volta rivendicò esplicitamente e ripetutamente alla base delle proprie ricerche elettrostatiche.[143]

È infine un dato molto importante che il notevole lavoro compiuto da Volta nella direzione della quantificazione e della standardizzazione delle misure eudiometriche precede gli analoghi sforzi che egli attuò nel campo delle misure elettrostatiche. Questo fatto non potrà ovviamente non agire nel senso di un riequilibrio del giudizio sul programma scientifico di Volta che attribuisca la giusta importanza al suo lavoro chimico.[144]

Riassunto – In questo articolo si valutano numerosi studi recenti dedicati al lavoro chimico di Alessandro Volta. Vengono distinte quattro fasi diverse: due di tipo «flogistico» (1776-1784), una di difficile confronto con la nuova chimica lavoisieriana (1784-1801), e una costellata da vari interventi in campo elettrochimico (1802-1812). Particolarmente nitida e concorde appare l'immagine ottenuta per le prime due fasi. Seppure più a grandi linee, anche sulla terza c'è un sostanziale accordo su vari aspetti generali. Rimangono divergenze sulla quarta, ma il riconoscimento dato al lavoro elettrochimico di Volta è un risultato fondamentale. Tutti gli studi concordano sull'importanza delle componenti teoriche in tutte le fasi e sulla loro integrazione con quelle sperimentali e con la strumentazione chimica ideata da Volta. Si sottolinea il contrasto tra questa immagine unitaria e quella dicotomica della relazione teoria-esperimento che prevale nell'interpretazione dell'elettrostatica voltiana. Si considera anche la quantificazione chimica attuata da Volta, sottolineando come essa abbia preceduto quella elettrostatica, su cui solitamente si concentra l'attenzione degli studiosi.

[143] Ho proposto un'interpretazione che dà credito a queste rivendicazioni di Volta e che mostra le importanti linee di continuità che esistono realmente nel suo programma elettrico in L. FREGONESE, *Volta: Teorie ed esperimenti di un filosofo naturale*, Milano, Le Scienze, «I grandi della Scienza», 11, 1999 e in ID., *Volta's Electrical Programme*, Tesi di Ph.D., Cambridge University, 1999.

[144] Ferdinando Abbri si è in parte già mosso in questa direzione, proponendo una raccolta antologica che presenta cronologicamente i principali scritti voltiani di elettricità e di chimica pneumatica nel periodo 1775-1778: F. ABBRI (a cura di), *Alessandro Volta: Elettroforo, condensatore e pistole elettriche*, Roma, Teknos, 1995.

FRANCO GIUDICE*

La *chimie nouvelle* a Pavia: il caso di Carlo Barletti**

'Chimie nouvelle' in Pavia: the case of Carlo Barletti

Summary – The subject of the present paper is the way in which, during the eighties of XVIII century, Lavoisier's revolutionary chemical theory was received in Pavia, through Carlo Barletti's work. In particular, it will be shown that as of 1785, though in the context of a textbook written for didactic purposes, Barletti succeeded in introducing a complete picture of the *chimie nouvelle*, showing at the same time the main contradictions of the traditional flogistic doctrines.

Questo breve saggio si propone di aggiungere un piccolo tassello, non molto noto in verità, al variegato mosaico che venne a raffigurarsi in Italia a partire dagli anni Ottanta del XVIII secolo, quando cioè cominciarono a penetrare nella nostra penisola le novità rivoluzionarie della teoria chimica di Lavoisier. È quindi nel solco delle ampie ricognizioni effettuate, soprattutto, da Ferdinando Abbri,[1] ma anche da Marco Beretta,[2] che intendo inserire quanto verrò dicendo. Oggetto specifico del

* Università di Pavia.

** Relazione presentata al X Convegno Nazionale di «Storia e Fondamenti della Chimica» (Pavia, 22-25 ottobre 2003).

[1] Cfr. FERDINANDO ABBRI, *Le terre, l'acqua, le arie. La rivoluzione chimica del Settecento*, Bologna, Il Mulino, 1984; ID., *Spallanzani e la diffusione delle teorie chimiche di Lavoisier in Italia*, in *Spallanzani e la biologia del Settecento*, a cura di GIUSEPPE MONTALENTI e PAOLO ROSSI, Firenze, Olschki, 1982, pp. 121-135; ID., *La chimica in Italia dalle origini ad Avogadro*, in *La Storia delle scienze (Storia culturale e sociale d'Italia)*, a cura di PAOLO MACCAGNI e PAOLO FREGUGLIA, Busto Arsizio, Bramante Editrice, 1989, vol. V, t. II, pp. 377-410, in part., pp. 391-406.

[2] Cfr. MARCO BERETTA, *Luigi Valentino Brugnatelli e la chimica in Italia alla fine del Settecento*, «Storia in Lombardia», 2, 1988, pp. 3-31; ID., *Gli scienziati italiani e la rivoluzione chimica*, «Nuncius», IV, 2, 1989, pp. 119-146.

presente studio è il modo in cui fu recepito l'approccio antiflogistico a Pavia e, in maniera particolare, come la nuova concezione fu accolta dallo scolopio Carlo Barletti (1735-1800).[3] Marco Ciardi, a dire il vero, ha già tracciato un quadro complessivo, preciso e documentato delle modalità specifiche che caratterizzarono la chimica pavese nel confrontarsi con le novità prospettate dalle concezioni antiflogistiche di Lavoisier.[4] Lo studio di Ciardi, quindi, mi esime dal ripetere una serie di fatti e circostanze, da lui ben delineati e le cui conclusioni mi trovano concorde. Voglio, tuttavia, richiamare l'attenzione su due punti. È senz'altro vero che a Pavia, così come nel resto d'Italia, la penetrazione della *chimie nouvelle* avvenne con enormi difficoltà, innescando discussioni e contrasti, di tipo personale perfino, cui presero parte, oltre che i chimici in senso stretto, anche i medici, i fisici, i meteorologi, i filosofi e i mineralogisti. Altrettanto vero è però che la riflessione sui fondamenti della scienza chimica, imposta dalle novità provenienti dalla Francia, coinvolse diversi attori, non tutti purtroppo considerati con la medesima attenzione nella ricerca storica. Se, infatti, sono state sufficientemente scandagliate le diverse posizioni di autori quali Scopoli,[5] Volta,[6] Spallanzani,[7] Brugnatelli,[8] davvero ben poco è stato fatto per figure considerate, benché a torto, di secondo piano, come è appunto il caso di Barletti.[9]

[3] Per un primo orientamento sulla figura di Barletti, cfr. ALESSANDRO LAGUZZI, *Per una biografia di P. Carlo Barletti*, in *Rocca Grimalda: una storia millenaria*, Ovada, Accademia Urbense, 1990, pp. 142-225; FRANCO GIUDICE, *Carlo Barletti*, in *«… parlano un suon che attenta Europa ascolta». Poeti, scienziati, cittadini nell'Ateneo pavese tra riforme e rivoluzione*, Pavia, Tipografia commerciale pavese, 2000, pp. 172-178.

[4] Cfr. MARCO CIARDI, *La chimica pavese e la rivoluzione lavoisieriana*, in *Esortazioni alle storie*, a cura di ANGELO STELLA e GIANFRANCA LAVEZZI, Milano, Cisalpino, 2001, pp. 703-718.

[5] Cfr. F. ABBRI, *Tradizioni chimiche e meccanismi di difesa: G.A. Scopoli e la «chimie nouvelle»*, «Archivio di storia della cultura», IV, 1991, pp. 75-92.

[6] Cfr. i contributi pubblicati su *Nuova Voltiana. Studies on Volta and his Time*, ed. by FABIO BEVILACQUA and LUCIO FREGONESE, vol. 2, interamente dedicato alla chimica di Volta, cui mi permetto di aggiungere, F. GIUDICE, *Volta e la chimica pneumatica del Settecento*, «Nuova secondaria», XVI, 8, 1999, pp. 39-41.

[7] Cfr., oltre a F. ABBRI, *Spallanzani e la diffusione delle teorie chimiche di Lavoisier in Italia* cit., M. CIARDI, *Chimica e mineralogia in Lazzaro Spallanzani*, in *Atti del VI Convegno di Storia e fondamenti della chimica*, a cura di PAOLO AMAT DI SAN FILIPPO, Roma, Accademia Nazionale delle Scienze, 1995, pp. 315-326; M. BERETTA, *Dalla rigenerazione animale alla fisiologia della respirazione: il dialogo tra Lavoisier e Spallanzani*, in *La sfida della modernità. Atti del Convegno internazionale di studi sul bicentenario della morte di Lazzaro Spallanzani*, a cura di WALTER BERNARDI e MARTA STEFANI, Firenze, Olschki, 2000, pp. 277-291, e il saggio di ANGELA BANDINELLI, *Spallanzani chimico e la teoria della respirazione. Alle origini di una nuova riflessione «biologica»*, presente in questo volume.

[8] Cfr. M. BERETTA, *Luigi Valentino Brugnatelli e la chimica in Italia alla fine del Settecento* cit.; ID., *Nota sul carteggio di Luigi Valentino Brugnatelli (1761-1818)*, «Nuncius», III, 1, 1988, pp. 157-161.

[9] Costituisce un'eccezione A. LAGUZZI, *Saggio analitico del calore, ovvero principi di termologia. Carlo Barletti e la nuova chimica di Lavoisier*, «Ricerche», X, 1, 1990, pp. 53-88.

Barletti, e non solo in riferimento alla chimica, risulta sempre sovrastato dall'enorme mole di Volta, il geniale inventore di strumenti (l'elettroforo, la pila, ma anche un nuovo eudiometro che anziché usare l'aria nitrosa – *sc.* biossido d'azoto – impiegava l'idrogeno) lo scopritore dell'aria infiammabile nativa delle paludi (il metano), quasi che il suo nome debba essere richiamato giusto per ricordare chi fu il predecessore di Volta a Pavia sulla cattedra di Fisica sperimentale. Eppure, una lettura più attenta dei documenti e delle vicende della storia della scienza pavese nella seconda metà del XVIII secolo è in grado di far affiorare un quadro storico decisamente meno semplicistico, più complesso e, soprattutto, più prossimo alla realtà storica.

Non è questa la sede, comunque, per entrare nel dettaglio dei significativi contributi di Barletti alla fisica sperimentale, non soltanto pavese peraltro.[10] Basterà tener presente alcune circostanze particolarmente rilevanti. Barletti era stato nominato docente di Fisica sperimentale nella riformata Università di Pavia nell'autunno del 1772. Continui problemi di salute, legati all'«eccessivo uso di elettriche esperienze» (come scriverà egli stesso a Sebastiano Canterzani nel 1779),[11] lo avevano però costretto a lasciare la cattedra di Fisica sperimentale, e così nel 1778, in seguito alla «strana», e per certi aspetti enigmatica, vicenda di Francesco Luini, il titolare della cattedra di Fisica generale, che veniva trasferito a Como, gli subentrava appunto Barletti, lasciando l'insegnamento di Fisica sperimentale a Volta. Queste le circostanze apparenti, anche se altre ragioni, non soltanto di politica culturale, non furono di certo estranee a questo «balletto» di cattedre. I rapporti tra Barletti e Volta, però, sono precedenti all'arrivo di quest'ultimo a Pavia, e risalgono senz'altro al 1772,[12] quando lo scienziato comasco era soltanto un brillante *amateur* di filosofia naturale e di elettricità in particolare, noto soprattutto per l'aspra polemica con Beccaria sull'*elettricità vindice* e per l'invenzione dell'elettroforo perpetuo nel 1775.[13] È comunque in relazione alla chimica delle arie che intendo ora mostrare il ruolo di Barletti.

L'interesse attivo di Barletti per la chimica delle arie è documentabile a partire almeno dal 1776. E l'occasione è data proprio dalla scoperta da parte di Volta di una nuova aria, l'«aria infiammabile nativa delle paludi», di cui veniva data notizia, com'è noto, nelle sette lettere indirizzate, dal 14 novembre 1776 al 15 gennaio 1777, al padre Carlo Giuseppe Campi, poi raccolte in un volumetto uscito sempre nel 1777.[14] Così scriveva Barletti a Volta nel gennaio del 1777:

[10] In un mio lavoro che apparirà sul prossimo numero di «Studi settecenteschi» avrò infatti modo di approfondire la questione.

[11] Cfr. lettera di Barletti a Canterzani del 28 dicembre 1779, in A. LAGUZZI, *Il carteggio Barletti-Canterzani*, «Rivista di storia, arte e archeologia per le provincie di Alessandria e Asti», CII, 1993, pp. 173-207, p. 194.

[12] Cfr. A. LAGUZZI, *I primi anni di Carlo Barletti a Pavia e i suoi rapporti con il Volta*, «Ricerche», 1, 1989, p. 7.

[13] Cfr. GIULIANO PANCALDI, *Volta. Science and Culture in the Age of Enlightenment*, Princeton, Princeton University Press, 2003, pp. 73-109.

[14] *Lettere del Sig. don Alessandro Volta sull'aria infiammabile nativa delle paludi*, in *Le Opere di Alessandro Volta. Edizione Nazionale sotto gli auspici della Reale Accademia dei Lincei e del Reale*

> Mi sono di fatto procurato le vostre lettere sull'aria in prestito dal Sig. Borsieri[15] e mi sono piaciute per l'ordine e l'erudizione loro. Io sulle arie ho vari dubbi di più ne ho sul flogisto. Non ho per ora avuto campo di cimentarmi con l'esperienza, e per ciò taccio.[16]

A questa lettera ne faranno seguito altre, la più importante delle quali è la celebre lettera del 18 aprile 1777, con cui Volta rispondeva a quella inviatagli dallo scolopio il 2 aprile, e purtroppo andata perduta. Dal tono della replica di Volta, tuttavia, si evince facilmente che Barletti aveva avanzato non poche obiezioni al tipo di proprietà che lo scienziato comasco aveva attribuito all'aria infiammabile. Volta riconosce senza difficoltà di aver forse esagerato con «mere idee fantastiche» nell'attribuire all'aria infiammabile la capacità di originare le aurore boreali e i terremoti, nondimeno, nell'invitare lo Scolopio a leggere con maggiore attenzione quanto da lui scritto, conferma la propria convinzione che «l'infiammabilità è tutta e unicamente propria dell'aria infiammabile».[17] Nel prosieguo, comunque, Volta contesta il commento favorevole di Barletti alle *Recherches* di Felice Fontana sull'aria nitrosa pubblicate a Parigi nel 1776.[18] Nell'ultima parte della lettera, Volta si dilunga nella descrizione di una serie di esperienze, sempre con l'aria infiammabile, descrivendo anche un esperimento, di cui fornisce anche un disegno, per trasmettere un segnale elettrico a distanza (il segnale doveva essere generato a Como, mediante la scarica di una bottiglia di Leida e ricevuto a Milano attraverso l'esplosione di una pistola ad aria infiammabile, da Volta chiamata *pistola elettrico-aereo-infiammabile*).[19]

L'interesse di Barletti per la chimica delle arie, però, non è circoscritto esclusivamente al rapporto epistolare con Volta. Che si tratti anzi di passione duratura e non effimera è testimoniato da varie circostanze, non ultima l'essere lo Scolopio sempre informato sulla letteratura più recente al riguardo. Le lettere al matematico Anton Maria Lorgna, il fondatore della Società Italiana detta dei XL, sono a questo riguardo particolarmente significative.[20] Se infatti nella lettera del 14 aprile 1783

Istituto Lombardo di Scienze e Lettere [d'ora in avanti citate come VO, seguito dal numero del volume e delle pagine] Milano, Hoepli, 1918-1929, vol. VI, pp. 5-120. Sull'importanza di queste lettere, cfr. F. Abbri, *Le terre, l'acqua, le arie. La rivoluzione chimica del Settecento* cit., pp. 275-282.

15 Il riferimento è qui a Giambattista Borsieri, medico trentino, allievo di Iacopo Bartolomeo Beccari, cfr. Paolo Casini - Ugo Baldini, *Borsieri de Kanifeld*, in *Dizionario biografico degli italiani*, XIII, 1971, p. 130.

16 Lettera di Barletti a Volta del 21 gennaio 1777, in Alessandro Volta, *Epistolario. Edizione Nazionale sotto gli auspici del Reale Istituto Lombardo di Scienze e Lettere* [d'ora in avanti citato come VE, seguito dal numero del volume e delle pagine], Bologna, Zanichelli, 1949-1955, vol. I, p. 147.

17 Lettera di Volta a Barletti del 18 gennaio 1877, in VO, vol. III, pp. 185-197, p. 187.

18 Felice Fontana, *Recherches physique sur la nature de l'air nitreux et de l'air déphlogistiqué*, Paris 1776. Sulle ricerche pneumatiche di Fontana, cfr. F. Abbri, *Science de l'Air. Studi su Felice Fontana*, Cosenza, Brenner, 1991.

19 VE, vol. III, pp. 192-197.

20 Su Lorgna e la Società italiana detta dei XL, cfr. Calogero Farinella, *L'accademia repub-*

Barletti commentava con Lorgna le nuove esperienze del conte Carlo Lodovico Morozzo sulle arie,[21] in quella del 21 giugno 1784 lo Scolopio si riferiva già alle esperienze effettuate da Lavoisier e Meusnier nel marzo del 1784 sulla scomposizione dell'acqua:

> Ho per mano alcune sperienze relative alla trasformazione di acqua in aria secondo la nuova scoperta di Lavoisier, e le mie vanno assai più adagio di quelle del chimico francese. Vedremo.[22]

Nel frattempo, i risultati delle indagini sull'acqua di Lavoisier e Meusnier venivano pubblicati in due *Mémoires* nell'*Histoire* dell'Académie per il 1781 (ma in realtà nel 1784).[23] E Barletti, nella lettera a Lorgna del 19 luglio 1784, consapevole che si trattava di esperienze che revocavano inesorabilmente in dubbio tutte le teorie chimiche fino a quel momento sostenute, pur esibendo una comprensibile prudenza, non nascondeva tuttavia il suo apprezzamento per il nuovo approccio sperimentale ed epistemologico inaugurato da Lavoisier:

> A Lavoisier si deve rendere giustizia che è stato il primo ad introdurre la precisione di pesi e di misure nelle nuove indagini sui fluidi aeriformi. Convengo che le ultime sue esperienze sulla riduzione di aria in acqua e viceversa non anno ancora quel grado sommo di evidenza, che pur si vorrebbe in cosa tanto importante, e che cangierebbe realmente faccia a tutte le chimiche teorie. Anno però nel complesso un certo fondo di vero, e una cert'aria di esatto, e di rigoroso che merita di esaminarsi maturamente.[24]

E in una lettera successiva del 31 agosto 1784, sempre indirizzata a Lorgna, scriveva:

> Nel giornale di Rozier del maggio scorso vi è una bellissima relazione di una memoria di M. Meusnier sulla trasformazione di acqua in aria e viceversa. Questo fisico matematico, che è succeduto a Saleubent nella R. Accademia, vuole senza

blicana. La Società dei Quaranta e Anton Mario Lorgna, Milano, Franco Angeli, 1993; sui rapporti tra Barletti e Lorgna, cfr. A. LAGUZZI, *Carlo Barletti e la Società Italiana detta dei XL*, «Studi Settecenteschi», 21, 2001, pp. 171-215.

[21] Lettera di Barletti a Lorgna del 14 aprile 1783, in Biblioteca Civica di Verona (d'ora in avanti BCV), Fondo Lorgna, Lettere di C. Barletti.

[22] BCV, lettera di Barletti a Lorgna del 21 giugno 1784.

[23] Il primo s'intitola *Mémoire dans lequel on a pour objet de prouver que l'eau n'est point une substance simple, un élément proprement dit, mais qu'elle est susceptible de décomposition et récomposition*, in *Histoire de l'Académie Royale des Sciences, avec les Mémoires de mathématiques et de physique*, 1781 (1784), pp. 468-494; il secondo, redatto da Meusnier, ha per titolo *Mémoire où l'on prouve, par la décomposition de l'eau, que ce fluide n'est point une substance simple, et qu'il y a plusieurs moyens d'obtenir en grand l'air inflammable qui y entre comme principe constituant*, ivi, pp. 269-283. Un *Extrait* di questo secondo *Mémoire* fu pubblicato nelle *Observations* di Rozier, benché, in realtà, non si tratti di un vero estratto, essendo più esteso e completo di quello apparso nell'*Histoire* dell'Académie. Sull'intera questione, cfr. F. ABBRI, *Le terre, l'acqua, le arie. La rivoluzione chimica del Settecento* cit., pp. 307-311.

[24] BCV, lettera di Barletti a Lorgna del 19 luglio 1784.

> dubbio superarlo nell'applicazione della matematica ai più delicati punti di fisica particolare. Da alcune altre cose, che ho visto di lui ci riconosco una finezza e una sagacia d'investigazione che è assai rara.[25]

Fin dal 1782, Barletti aveva annunciato a Sebastiano Canterzani un saggio dedicato al calore.[26] Questo saggio si era nel tempo esteso fino a trasformarsi nel primo tomo di un trattato di Fisica pensato e scritto dallo Scolopio a scopi didattici: *Fisica particolare e generale in saggi, altri analitici altri elementari*. Il saggio sul calore, cui adesso mi richiamerò da vicino, usciva a Pavia nel 1785 e recava il seguente titolo: *Saggio analitico del calore ovvero principi di termologia*.[27] Barletti divide la propria trattazione in due parti, suddivise in articoli. La prima tratta del calore con un articolo dedicato alla combustione, che Barletti stende, per sua stessa esplicita ammissione, seguendo le «Elementari Lezioni di Storia naturale» di Fourcroy,[28] in quanto quest'ultimo, a differenza di altri, fa un quadro ben preciso da cui emerge «finalmente il confronto più completo che finora da altri sia fatto delle flogistiche e pneumatiche teorie».[29]

Nella versione di Barletti, la questione viene posta in questi termini:

> un corpo è combustibile secondo Stahl perché fra le sue parti componenti contiene il fuoco fisso, o flogisto, e perciò altro non è la combustione, che lo svolgimento di questo fuoco fisso in fuoco libero.[30]

Questa teoria, secondo Barletti, aveva di recente subito dei miglioramenti, grazie soprattutto alle ricerche di Bergman e Scheele, e Macquer aveva addirittura sostituito il flogisto con l'azione della luce.[31] A questo punto, lo Scolopio procede a una comparazione tra le tradizionali concezioni flogistiche e quelle nuove:

[25] *Ivi*. Per il riferimento al *Mémoire* di Meusnier, cfr. nota precedente.

[26] Cfr. lettera di Barletti a Canterzani del 9 giugno 1782, in A. LAGUZZI, *Il carteggio Barletti-Canterzani* cit., p. 197.

[27] C. BARLETTI, *Fisica particolare e generale in saggi, altri analitici, altri elementari, I, Saggio analitico del calore ovvero principi di termologia*, Pavia, nella Stamperia del R. I. Monastero di San Salvatore [1785]. Sebbene l'obiettivo di Barletti fosse quello di realizzare un'opera comprendente otto volumi, egli riuscì a pubblicarne, tra il 1785 e il 1788, soltanto quattro (*II, Saggi analitici di alcune meteore, e dei principi di meteorologia*, ivi [1785]; *III, Dell'aria, e dei fluidi simili, ossia principi di Aerologia. Della luce e della visione ossia principi di ottica*, ivi [1786]; l'ultimo tomo – *Prelezioni e lezioni di Fisica generale*, ivi [1786], *Lezioni di fisica generale*, ivi [1786]; *Fine delle prelezioni di fisica generale*, ivi [1786], *Lezioni di fisica generale*, ivi [1786] – apparve in latino, e poi tradotto da un suo allievo in due volumi: *Le prime nuove prelezioni di fisica generale. Tradotte dalla lingua latina nell'italiana da Pier Antonio Pugazzi*, ivi [1786], tomo ultimo, parte seconda; *L'ultima prelezione, e tre lezioni di fisica generale trasportate dalla lingua latina nell'italiana da Pier Antonio Pugazzi*, ivi [1788]).

[28] Il riferimento è qui ad ANTOINE-FRANÇOIS DE FOURCROY, *Leçons élémentaires d'Histoire Naturelle et de Chymie*, Paris, 1782, 2 voll.

[29] C. BARLETTI, *Saggio analitico del calore ovvero principi di termologia* cit., p. 6.

[30] *Ivi*, pp. 6-7.

[31] *Ivi*, p. 7. Sulle concezioni di Bergman e Scheele, e Macquer, cfr. F. ABBRI, *Le terre, l'acqua, le arie. La rivoluzione chimica del Settecento* cit., *ad indicem*.

> secondo le nuove teorie un corpo non è combustibile se non perché tende a combinarsi coll'aria pura o vitale; la combustione non è se non l'atto stesso di tale combinazione. Fondasi questa opinione su quattro fatti seguenti, che sembrano conformi alle più luminose sperienze. 1) Niun corpo arde senza il contatto dell'aria. 2) Quanto l'aria è più pura, e vitale, tanto è più rapida e piena la combustione. 3) Vi è nella combustione assorbimento d'aria, e aumento di peso nel corpo abbruciato. 4) Si trova finalmente nel corpo abbruciato la parte di aria vitale, che è stata assorbita, e che può per sin estrarsi nella stessa specie.[32]

Di questa nuova prospettiva fa parte anche la teoria di Lavoisier, secondo il quale l'aria vitale o deflogisticata è prodotta da una base «oxiginia» più la materia del fuoco. Per Barletti, però, questo modo di spiegare la combustione non si rivela, da ultimo, più perspicuo e convincente di

> quello di Stahl; non essendovi altra differenza se non di luogo del flogisto, o fuoco fisso che Lavoisier costituisce nel corpo ambiente, mentre Stahl lo ammette nel combustibile.[33]

Ciò che porta Barletti a preferire la teoria di Fourcroy sulla combustione a quella di Lavoisier è la convinzione che quest'ultima, a suo dire, si configura, a differenza di quella di Fourcroy, come un'ipotesi non ancora sufficientemente verificabile empiricamente.

Dopo l'esame del calore che ovviamente, salvo quanto ho fin qui riferito in merito alla combustione, esula dall'interesse del presente saggio, Barletti si occupa delle «arie». Il resoconto analitico delineato dallo Scolopio è di notevole rilievo sotto diversi riguardi, non ultimo il fatto, per nulla trascurabile, che egli risulta decisamente informato sulle diverse esperienze che proprio in quegli anni si accingevano a trasformare, in maniera significativa, l'immagine e i fondamenti medesimi della chimica.

Emerge così un continuo e laborioso impegno di Barletti nella ricerca sperimentale, e il suo cimentarsi con diverse esperienze tratte perlopiù da Lavoisier. Va comunque precisato che lo Scolopio non si limita semplicemente a confermare i risultati delle indagini di Lavoisier, ma fa anche osservazioni originali, apportando talvolta delle significative variazioni. È questo il caso, per esempio, della decisiva esperienza lavoisieriana di calcinazione della limatura di ferro con acqua e conseguente liberazione di aria infiammabile,[34] che Barletti rifaceva scrupolosamente:

> aria infiammabile prodotta da poca acqua mista con limatura d'acciaio confinata col mercurio entro tubi chiusi senz'altro calore, che l'ordinario della stagione, e corrispondente calcinazione dell'acciaio.

[32] C. Barletti, *Saggio analitico del calore ovvero principi di termologia* cit., pp. 7-8.

[33] *Ivi*, pp. 8-9.

[34] Cfr. *Extrait d'un Mémoire lu par M. Lavoisier a la Séance pubblique de l'Académie des Sciences du 12 novembre, sur la nature de l'Eau*, in *Observations sur la physique, sur l'histoire naturelle et sur les arts*, par l'abbé Rozier, Paris, 1783, XXII, pp. 453-454. Sull'importanza di questa esperienza, cfr. F. Abbri, *Le terre, l'acqua, le arie. La rivoluzione chimica del Settecento* cit., pp. 300-302.

Replicando l'esperienza, Barletti osservava che la produzione di aria infiammabile

> si mantenne il tutto immobile dagli 8 di aprile al 17 di agosto del 1784. Indi cominciò a comparire un velo d'aria prodotta che nei successivi giorni fino agli 8 di settembre crebbe fino ai tre doppj del volume di tutta la limatura.

E aggiungendo qualche variante, rilevava che

> simile produzione d'aria infiammabile si fa pronta nei primi giorni, purché il mercurio non sia puro, ma infetto di tenuissima lavatura di spirito vitriolico.[35]

A questo punto, Barletti descriveva e rifaceva le rivoluzionarie esperienze di Lavoisier che dimostravano che l'acqua era un composto di due gas (l'idrogeno e l'ossigeno) e che, oltre ad aprire un nuovo campo di ricerca, costituivano la base della *chimie nouvelle*. Sulla questione della priorità della scoperta, peraltro, Barletti appariva affatto risoluto ed esplicito nell'attribuirla a Lavoisier, sgomberando il campo a quanti intendevano sostenere il contrario. E in tal senso, infatti, affermava: «sono pur faceti alcuni, che s'affannano a cercare [...] in altri prima di Lavoisier l'origine di quella singolare scoperta [la sintesi dell'acqua appunto]. Ma le scoperte non sono del primo che le dice, ma di chi le dimostra con precisione».[36]

Dopo aver riportato le esperienze sugli ossidi e sulle reazioni chimiche che, in quegli anni, erano oggetto di molteplici e contrastanti interpretazioni,[37] Barletti concludeva questa parte del saggio dedicata alle arie con «le generali conclusioni di Lavoisier lette alla Reale Accademia delle Scienze di Parigi l'anno 1778» e pubblicate nel 1781.[38] In questo modo, lo Scolopio riferiva, pressoché interamente, tutte le esperienze alla base della *chimie nouvelle* enunciata da Lavoisier, schierandosi chiaramente, senza poi tanti indugi, dalla parte dei *novatores*.

L'atteggiamento di Barletti, va detto, è sempre improntato a una cautela sovente dissimulata da imparzialità, esprimendo, come nel caso della combustione, alcune riserve soprattutto in merito alla possibilità di interpretare diversamente i dati sperimentali. Non si può, tuttavia, negare che la frequenza e l'innegabile chiarezza con cui riferisce delle nuove teorie, in un periodo in cui non godevano di certo di ampia diffusione in Italia, la particolare attenzione dedicata alla replicazione delle esperienze più significative, come pure le precise riserve che talvolta esprime, stanno senz'altro a dimostrare la consapevolezza di Barletti per gli straordinari e rivoluzionari mutamenti di cui si faceva portatrice la *chimie nouvelle*.

[35] C. Barletti, *Saggio analitico del calore ovvero principi di termologia* cit., p. 84.

[36] *Ivi*, p. 87.

[37] *Ivi*, pp. 87-90.

[38] *Ivi*, pp. 98-99. Barletti si sta ovviamente riferendo alle *Considérations générales sur la nature des acides et sur les principes dont ils sont composés*, in *Oeuvres de Lavoisier publiées par les soins de son excellence le ministre de l'instruction publique et des cultes*, Paris, 1862-1893, vol. II, pp. 248-260, su cui si veda F. Abbri, *Le terre, l'acqua, le arie. La rivoluzione chimica del Settecento* cit., pp. 260-262.

L'opera di Barletti suscitò da subito polemiche e considerazioni non sempre soltanto di natura scientifica. Alessandro Volta, per esempio, in una lettera a Landriani del 16 aprile del 1785 si esprimeva, infatti, in termini tutt'altro che lusinghieri:

> cosa dite delle nuove opere del Barletti? A me pare che quei saggi, massime quello sopra il calore, sian ricchi di discorso, e poveri di cose, almeno di cose sue; e che neppure le cose degli altri siano presentate nel vero lume. L'autore che vorrebbe comparire un nuovo Bacone si perde per vie intralciate in una fisica sublime, o per meglio dire astrusa, che si forma a modo suo. Mostra poi di non essere troppo al fatto delle esperienze, su cui pretende di ragionare, e ch'ei non si è preso la briga di fare. Ha pescato qua e là memorie di Lavoisier e di Fourcroy le notizie delle vecchie teorie; e tanto basta per lui, per richiamarle tutte, e vecchie e nuove, a sindacato. Ma qual è poi il risultato di un esame intimato con tanta pretensione? Lo domando a voi, lo domando a tutti quelli che amano veder promosse e promuovono essi stessi le scienze fisico-chimiche; di quali o esperienze nuove o cognizioni si arricchisce egli? E non vi sembra che anziché dilucidare involga e offuschi quelle che avevamo abbastanza chiare e nette?[39]

Il giudizio di Volta, però, è senz'altro eccessivo, visto il carattere volutamente pedagogico dell'opera, e per di più non riconosce a Barletti il merito di individuare in quest'opera le aporie delle vecchie concezioni di Sthal, così come quello di svolgere una funzione divulgativa delle nuove teorie pneumatiche. È sicuramente falso comunque, nonostante le malevole allusioni di Volta, che Barletti non avesse eseguito nuove esperienze basandosi soltanto su resoconti già noti. A ogni modo, non si può negare che l'opera di Barletti a questa data, 1785, è forse quella che, in Italia, presenta in maniera più completa le teorie della *chimie nouvelle* di Lavoisier. La riluttanza peraltro per parte di Volta ad abbandonare le teorie flogistiche non potè che giocare un ruolo decisivo nel respingere con tale acredine l'opera di Barletti, anche in relazione alla crepe che questi individuava nelle vecchie teorie flogistiche. Tanto più poi che negli anni successivi, l'adesione di Barletti alla teoria di Lavoisier si verrà delineando sempre più nettamente. In una ormai celebre lettera del primo settembre 1791, Spallanzani scriveva, infatti, a Lavoisier che

> a riserva di don Alessandro Volta, quegli che ha scritto sull'aria infiammabile delle paludi, le dirò che la di lei nuova nomenclatura in chimica e fisica è universalmente abbracciata dalla nostra Università.

E concludeva:

> Il padre Barletti e il signor Carminati, due miei celebri colleghi in questa nostra Università, si prenderebbero volentieri l'ardire di presentarle le loro opere, quando Ella non ricusasse di riceverle, essendo ambidue troppo pieni di stima per lei. In esse opere, potrà vedere l'uso grande che fanno della nuova nomenclatura.[40]

[39] VO, vol. VI, pp. 413-414.

[40] LAZZARO SPALLANZANI, *Edizione Nazionale delle Opere. Parte Prima: Carteggi*, a cura di PERICLE DI PIETRO, Modena, Mucchi, 1984-1990, vol. V, p. 290.

Il resoconto di Spallanzani, come è stato osservato da Beretta e ribadito da Ciardi, falsificava forse non poco la realtà storica.[41] È innegabile tuttavia che nel caso di Barletti la testimonianza fosse aderente ai fatti, come dimostra da ultimo, l'esperienza effettuata dallo Scolopio il 20 giugno 1794, alla presenza, oltre che di Spallanzani, dello stesso Volta e di altri colleghi pavesi, sulla scintillazione dell'acciarino all'aria e nel vuoto, i cui risultati se non dimostravano definitivamente la validità della teoria di Lavoisier, che poneva il principio della combustione nell'aria vitale, ossia nell'ossigeno, quanto meno fornivano un'ulteriore solida base alla sua affermazione.[42]

Riassunto – Oggetto dell'articolo è il modo in cui furono recepite a Pavia, negli anni Ottanta del XVIII secolo, le novità rivoluzionarie della teoria chimica di Lavoisier attraverso l'opera del padre scolopio Carlo Barletti. In particolare, si mostrerà come già nel 1785, pur entro un saggio scritto a fini essenzialmente didattici, Barletti riusciva a presentare un quadro completo della *chimie nouvelle*, mostrando nel contempo le principali aporie delle tradizionali dottrine flogistiche.

[41] Cfr. M. BERETTA, *Gli scienziati italiani e la rivoluzione chimica* cit., p. 132; M. CIARDI, *La chimica pavese e la rivoluzione lavoisieriana* cit. p. 712.

[42] Cfr. C. BARLETTI, *Della percossa dell'acciarino nell'aria rarefatta*, in *Opuscoli Scelti*, XVII, 1794, pp. 214-216 e in «Annali di Chimica e di Storia naturale», VI, 1794, pp. 33-35. Su questa esperienza di Barletti, cfr. A. LAGUZZI, *Saggio analitico del calore, ovvero principi di termologia. Carlo Barletti e la nuova chimica di Lavoisier* cit., pp. 85-88. Sul dibattito intorno a essa in area veneta, cfr. V. GIORMANI, *Il contributo veneto nella disputa sulla scintillazione dell'acciarino all'aria e nel vuoto (1792-1795)*, «Atti e Memorie dell'Accademia Patavina di Scienze, Lettere ed Arti», Parte II, Classe di scienze matematiche e naturali, 1987-1988, pp. 93-120, che fa anche un rapido accenno a Barletti (*ivi*, p. 110).

ALESSANDRA FERRARESI*

Valentino Brusati all'Università di Pavia: un caso della politica della scienza asburgica**

Valentino Brusati at the University of Pavia: a case of Habsburg politics in science

Summary – This paper deals with Valentino Brusati from Gorizia. After receiving a medicine degree in Vienna (1766), he specialised in chemistry, probably with Nicolas Joseph Jacquin. In the years 1773-1777 and 1789-1796 he taught chemistry and botany at the University of Pavia. His teaching was imposed by the Habsburg government without any negotiation with the local administrators. Provided with good know-how, but affected by a borderline personality, Brusati did not publish anything on chemistry. The official documents dealing with his teaching and contacts with the local and central authorities show that, like many other Lombard natural philosophers, he made a compromise with the so-called chemical revolution. Despite being professor in one of the most prestigious universities of Europe, he was not able to develop an autonomous research programme and did not play a role in the local debates on Lavoisier's new chemistry.

1. Poiché mi occupo della storia delle discipline scientifiche all'Università di Pavia tra Sette e Ottocento, questo convegno è stata l'occasione per tentare di dare una risposta a una domanda che mi ponevo da tempo: perché un'Università come quella di Pavia che, grazie alla politica riformatrice asburgica, diventa effettivamente dagli anni Settanta del secolo XVIII uno dei centri della ricerca internazionale, sembra arrivare in ritardo all'appuntamento con la rivoluzione chimica?

Perché in altri settori le scelte da parte del governo dei docenti si rivelano lungimiranti, mentre nella chimica la figura ufficiale di riferimento – Valentino Brusati

* Università degli studi di Pavia, Dipartimento di scienze storiche e geografiche «Carlo Maria Cipolla»

** Relazione presentata al X Convegno Nazionale di «Storia e Fondamenti della Chimica» (Pavia, 22-25 ottobre 2003).

– negli anni Novanta è effettivamente una figura di basso profilo, almeno se dobbiamo giudicare dalla sua fama storiografica?

Perché a Pavia insegnava un docente che – nonostante il *Piano disciplinare* del 1773 esortasse i professori a pubblicare e nonostante uno dei criteri per la loro scelta fosse appunto la «celebrità» ottenuta con le opere a stampa – non risulta aver pubblicato nulla di chimica? La domanda è anche più 'intrigante' se si tiene conto che Brusati fu professore a Pavia in due periodi distinti: dal 1773 al 1777 e dal 1789 al 1796.

La ricerca bibliografica su Brusati si esaurisce rapidamente: nei repertori bibliografici specialistici ci sono stringatissime schede in Pritzel e in Saccardo; la principale fonte a stampa per la storia dell'Università di Pavia, vale a dire la raccolta di *Memorie e documenti*, fornisce una biografia di appena otto righe; alcune notizie non banali ci vengono invece da una storia dell'ateneo scritta negli anni Venti dell'Ottocento da Paolo Sangiorgio che, egli stesso chimico, sicuramente conobbe Brusati e ne testimonia le competenze professionali annoverandolo tra i primi seguaci di Lavoisier.[1]

Ma la scarsa visibilità del Nostro risalta per la sua assenza nel recentissimo volume di Raffaella Seligardi dedicato a «Lavoisier in Italia»: nonostante ci sia un capitolo dedicato all'Università pavese, l'analisi si sofferma sui 'soliti' Brugnatelli, Volta, Spallanzani, mentre Brusati non è neppure citato come professore di chimica.[2]

Sulla base delle poche notizie biografiche acquisite, e grazie a un primo scavo archivistico, cercherò sia di rendere meno sfuggente la figura di Brusati, sia di individuare alcune coordinate della politica asburgica nei confronti dell'Università pavese e, più specificamente, nei confronti dello sviluppo della chimica come disciplina autonoma.

Brusati nasce a Gorizia, non sappiamo quando, ma sappiamo che studia a Vienna medicina o, per lo meno, a Vienna si laurea nel 1766 con una tesi, *De*

[1] GEORG AUGUST PRITZEL, *Thesaurus literaturae botanicae […],* Lipsiae, Brockhaus, 1850, p. 38: «Brusati, Catalogus plantarum horti regi botanici Ticinensis, Papie 1793»; PIER ANDREA SACCARDO, *La botanica in Italia. Materiali per la storia di questa scienza […],* Venezia, Ferrari, 1895, p. 39, fornisce una scarna scheda biografica sulla base di PRITZEL, cit. e di ALFONSO CORRADI (a cura di), *Memorie e documenti per la storia dell'università di Pavia e degli uomini più illustri che vi insegnarono*, 3 voll., I, p. 221; PAOLO SANGIORGIO, *Cenni storici sulle due università di Pavia e Milano e Notizie intorno ai più celebri medici, chirurghi e speziali di Milano dal ritorno delle scienze fino all'anno 1816, Opera postuma […] a cura di Francesco Longhena*, Milano, Visai, 1831, scrive a p. 499: «mostrassi il Brusati profondo conoscitore della scienza cui professava ed avvegnaché esatto e scrupoloso nell'adottare le rinnovazioni che alla chimica si arrecavano, fu tuttavia uno de' primi che nella istruzione di questa scienza seguisse la teoria di Lavoisier e la conseguente nomenclatura francese». Di Brusati esistono su *Google* 8 voci rispetto alle 16.800 di Alessandro Volta, alle 3.830 di Lazzaro Spallanzani, alle 1530 di Antonio Scarpa, alle 118 di Giovanni Antonio Scopoli, alle 56 di Luigi Valentino Brugnatelli e si tratta di riferimenti tutti indiretti, citazioni relative al suo ruolo istituzionale di direttore dell'Orto botanico pavese.

[2] RAFFAELLA SELIGARDI, *Lavoisier in Italia. La comunità scientifica italiana e la rivoluzione chimica*, Firenze, Olschki, 2001, cap. II.

morbis foeminarum, che riguarda gli stati morbosi e le malattie tipicamente femminili, dalla comparsa delle mestruazioni al puerperio: una tesi di approccio strettamente fisio-patologico.[3]

Dalla capitale dell'Impero, dove, come egli stesso afferma, esercita la professione medica, si trasferisce a Pavia nel 1773, chiamato a coprire la cattedra di botanica e chimica, materie che «per risparmio» erano state accorpate in un solo insegnamento come si faceva nell'Università viennese, anzi la dicitura esatta della cattedra era: «botanica, chimica e materia medica», intendendosi per 'materia medica' la farmacologia applicata alla terapeutica. In effetti Brusati prende il posto di Giambattista Borsieri, che insegnava precedentemente chimica e materia medica e che 'passa' sulla cattedra di clinica medica, e del monaco vallombrosiano Fulgenzio Wittman che insegnava botanica e che verrà trasferito a Milano, all'Orto botanico di Brera.[4]

È evidente, da quanto detto, che l'indirizzo dato all'insegnamento della chimica è medico-farmaceutico: Brusati è lui stesso un medico e viene raccomandato per la cattedra pavese dal protomedico barone Storck, illustre rappresentante della scuola di farmacologia di Vienna.

Appena giunto a Pavia, il goriziano si rivela però un soggetto dal carattere difficile e litigioso. A sua giustificazione si può certamente addurre la delusione nel constatare che l'orto botanico è praticamente da impiantare e che l'università non ha ancora un proprio laboratorio di chimica, ma è costretta ad utilizzare quello dell'Ospedale San Matteo; ma anche l'organizzazione del corso di laurea in medicina, sia riguardo alla didattica sia riguardo alle procedure degli esami di laurea, lo lasciano molto insoddisfatto.

Fatto sta che inizia subito a litigare con i colleghi, non si adegua ai regolamenti, tiene un comportamento scorretto nelle sedute di laurea. Nonostante le autorità accademiche e governative cerchino di tenere con lui un atteggiamento conciliante e lo abbiano soltanto «con dolcezza ammonito», anche perché «[sa] la propria professione»,[5] dopo neppure un anno la misura sembra già colma. Il ministro plenipotenziario Carlo di Firmian scrive al cancelliere Kaunitz nell'estate del 1774 che se, inizialmente, era stata tollerata la sua «mancanza di mondo», ora è evidente che non ha perso né «il fervore della fantasia, né la troppo palese presunzione di cui era gonfio», né ha abbandonato le sue richieste di «pretensioni troppo

[3] VALENTINO BRUSATI, *Dissertatio inauguralis medica De morbis faeminarum, quas […] pro gradu doctoratus publicae disquisizioni submittit. Disputabitur in Palatio Universitatis die seconda Septembris MDCCLXVI*, Vindobonaae, J: TH. De Trattnern, [1776]. Una copia della dissertazione si trova nella Biblioteca universitaria di Pavia.

[4] Cfr. MARCO CIARDI, *La chimica pavese e la rivoluzione lavoiseriana*, in ANGELO STELLA e GIANFRANCA LAVEZZI (a cura di), *Esortazioni alle storie*, Milano-Bologna, Cisalpino-Monduzzi, 2001, pp. 703-719, part. pp. 703-705.

[5] Così il cancelliere Kaunitz al ministro Firmian da Vienna il 13 giugno 1774, commentando il comportamento di Brusati (già criticato in una precedente lettera di marzo) che ora accusava il collega Wittman di averlo insultato: ARCHIVIO DI STATO DI MILANO (ASM), *Studi*, p.a. cart. 381.

avanzate». Inoltre non rispetta gli orari delle lezioni, non segue un metodo, ma procede «a salti e a capriccio», per cui gli studenti non lo capiscono; sembra, infine, ancora legato a tradizioni alchemiche: infatti ha trascurato

> le operazioni chimico-farmaceutiche e [ha fatto] pompa delle arcane, onde i deputati dello Spedale si dolsero della spesa forte ed inutile e gli scolari si allontanarono dall'assistere ad operazioni che conducono alli sogni di Lullo non alla farmaceutica medica.[6]

D'altro canto, tornato a Vienna per le vacanze, anche Brusati presenta alla corte le proprie lamentele e osservazioni: chiede un aumento di stipendio per poter pagare le spese sostenute per il suo trasferimento a Pavia, oltre che per l'acquisto di libri e minerali; chiede di poter far lezione l'ora «più tarda della mattina, come qui in Vienna, per aver comodo di fare tutte le operazioni, che sovvente richiedono molto tempo», e di poterle accompagnare ogni giorno da esperienze, «seguendo il metodo della chimica di Boerhave, come appunto si fa qui in Vienna» e non come a Pavia, dove vige il «pernicioso costume di far scuola sperimentale il solo giovedì, non servendo se non che al professore di far pompa del suo sapere ed alli scolari d'una leggier tintura scientifica»; denuncia varie irregolarità nello svolgimento degli esami di laurea e lamenta di essere stato posposto – evidentemente nelle pubbliche funzioni – dal rettore Borsieri al professore di anatomia, che era stato nominato dopo di lui, e al professore di chirurgia,

> il quale in ben regolata Università non viene mischiato con li altri professori di medicina […] in tal guisa mi ha diminuito quella dignità, la quale avrebbe potuto contribuir molto alla stima che dovrebbero avere li discepoli d'un professore che in un paese forestiero insegna cose utili per avanti non conosciute e che per la loro novità da non pochi vengono sprezate.[7]

Rientrato a Pavia, continua a litigare con i colleghi,[8] è pieno di «capricci», come afferma testualmente Kaunitz, commentando i resoconti del suo comporta-

[6] ASM, *Studi*, p.a., cart. 381, Firmian a Kaunitz, 2 luglio 1774.

[7] Haus-Hof-und- Staatsarchiv, Wien (HHStAW), *Lombardei collectanea*, fasc. 84, *Promemoria di Valentino Brusati, professore di chimica e botanica all'Università di Pavia*, 30 ottobre 1774, e supplica per un aumento di stipendio da 900 a 1200 fiorini annui; Ivi, *Vorträge der Zentralbehörden*, fasz. 203, parere e assenso del cancelliere Kaunitz per un aumento di 100 fiorini, 6 novembre 1774; Archivio di Stato di Pavia (ASPV), Antico archivio dell'Università, *Rettorato,* cart. 177, *Dimande del dr. Brusati relative alla sua cattedra, fatte alla R. Corte e trasmesse da S.A. il sig.r principe di Kaunitz nella P.S. de' 14 novembre 1774*. Nel *Promemoria* la notizia sull'esercizio della professione medica a Vienna, nel parere di Kaunitz le altre notizie.

[8] Si veda quanto scriveva al professore pavese Giacomo Rezia, nel febbraio 1775, Pietro Moscati, professore di anatomia, chirurgia e ostetricia a Pavia dal 1764 al 1772 e attualmente professore di chirurgia all'Ospedale maggiore di Milano, ma anche chimico riconosciuto, tanto che – come vedremo tra poco – gli verrà offerta la cattedra di chimica a Pavia: «Mi dispiace ancora l'alterco con Brusati, sia perché egli non mi ha fatto nulla di male o perché ne sento dir male da tutti: ho per lui della inclinazione e mi spiace sentirlo pessundato. Egli è irregolare, ma il mestiere lo sa fare più di chi lo condanna», Corradi (a cura di), *Memorie e documenti* cit., III, p. 201.

mento che gli arrivano da Milano. Nel febbraio 1775 il rettore Angelo Villa nel febbraio 1775 si lamenta con il ministro Firmian che «il prof. Brusati non è mai comparso o non fa nulla o fa le cose a rovescio secondo il piano capriccioso che s'è formato con prove di disturbo di alcuni professori e con poco profitto de' suoi scolari», tanto che Kaunitz arriva a dire: «Se quest'uomo di carattere singolare non vorrà piegarsi a quanto si prescrive, sarà certamente necessario di liberarcene».[9]

Finalmente, nell'estate del 1776, Brusati torna nuovamente a Vienna, ben deciso a trovare un nuovo impiego «analogo ai suoi studi e alla sua professione in questi paesi» dal momento che è convinto che «l'umido cielo di Pavia non gli è confacente», come dimostrano i continui «incommodi di salute» che dice di aver sofferto. La possibilità che gli si prospetta è la cattedra di chimica nella nuova Università che il governo ha intenzione di fondare in Transilvania, a Klausenberg (l'odierna Cluj, in Romania). Poiché la cattedra verrà data per concorso – che si terrà nel maggio successivo – Brusati non vuol più tornare a Pavia, ma chiede un incarico interinale in attesa della prova: favore che Sua Maestà, vista anche la potente raccomandazione del protomedico Storck, gli concede.[10]

Per Kaunitz è l'occasione di riprendere un progetto già ventilato qualche anno prima, quando si trattava di coprire la cattedra di storia naturale, poi data a Spallanzani; portare a Pavia Giovanni Antonio Scopoli:

> Sono venuto in cognizione che il professore di mineralogia e metallurgia a Schemnitz nell'Ungheria, ch'è il dott. Scopoli pensa a lasciare quell'impiego nel caso che possa averne altro meno incomodo e meno insalubre, quale deve essere il suo attuale fra continue esalazioni arsenicati e sulfuree che accompagnano i processi sui metalli e le loro matrici. Questo medico è tirolese e possiede la lingua italiana, ch'è la sua naturale. È botanico celebre per belle opere pubblicate in questo genere. Ha maneggiato valorosamente tutte le parti della storia naturale; è buono chimico e rinomato mineralogista. Insomma è uomo d'una riputazione stabilita con opere eccellenti ed applaudite da conoscitori, non solo in questi paesi, ma anche né stranieri, particolarmente in Francia e in Inghilterra. Se a me riesce di tirarlo a Pavia, lo considero come un vero acquisto e contribuirà di molto non solo all'utile, ma alla celebrità e lustro dell'Università. Aggiungo che le di lui pratiche cognizioni nella metallurgia e mineralogia potranno mettersi a profitto nelle direzioni che avrà campo di dare agl'intraprenditori del lavoro delle miniere in codesto Stato, e così

[9] Tutta la documentazione in ASM, *Studi*, p.a., cart. 181. L'affermazione di Kaunitz nel suo P.S. del 6 marzo 1775; altra documentazione in ASPV, Antico archivio dell'Università, *Rettorato*, cart. 20, *Concistoro* del 29 gennaio 1775, nel quale viene stabilito che «il dottor professore Brusati, attesa la longa durata delle sue lezioni chimiche debba leggere alla prim'ora della mattina», quindi contrariamente ai *desiderata* di Brusati e *Ivi*, cart. 177, carteggio tra Firmian e il rettore Villa sull'accordo finalmente trovato per l'orario delle lezioni di chimica.

[10] ASM, *Studi*, p.a., cart. 181, P.S. di Kaunitz del 23 dicembre 1776; HHStAW, *Lombardei collectanea*, fasc. 84, varie suppliche di Brusati alla Corte e al referendario Sperges, novembre-dicembre 1776, *Decreto a favore del dottore signore Valentino Brusati*, Vienna 29 marzo 1777, per l'assegnazione «di un'assistenza interinale di fiorini quattrocento annui, fino a che esso sarà provveduto di un'altra cattedra, o in altra maniera d'uno stabile stipendio maggiore della suddetta pensione».

> coll'opera d'un solo uomo otterremo molti vantaggi. Avvezzato com'egli è ai viaggi botanici, e mineralogici, de' quali ha pubblicati alcuni saggi, saprà tirare miglior partito, che non lo sapeva il dr. Brusati, delle assistenze che gli verranno accordate per questo, e probabilmente farà conoscere delle produzioni forse utili, forse ignorate in un paese, dove la storia naturale è finora poco coltivata.[11]

Così si concludeva l'esperienza pavese di Brusati, conclusione che veniva salutata con un respiro di sollievo da Firmian, ma che lasciava al governo milanese ancora lo strascico dei suoi debiti da pagare.[12]

2. Di lì a poco, nel 1777, giungeva a Pavia Giovanni Antonio Scopoli e l'arrivo del nuovo professore coincideva anche con significativa ristrutturazione della cattedra che si 'liberava' del segmento relativo alla materia medica, opportunamente inserito nell'insegnamento di terapia generale e farmacia. La sua poco più che decennale docenza sarebbe anche coincisa con il definitivo impianto dell'Orto botanico e con lo sviluppo di un nuovo laboratorio di chimica, ambedue situati nell'area (edificio e ortaglia) già occupata dal soppresso convento di S. Epifanio.[13]

A noi comunque ora interessa la posizione di Scopoli di fronte alla 'nuova chimica', anche se potè partecipare solo alle fasi iniziali del dibattito. Abbri ha dimostrato che il naturalista trentino, sostenitore di teorie chimiche di matrice rinascimentale-alchemica, rimase legato alla concezione del flogisto, mantenendosi in linea con le idee sostenute dai chimici mineralogisti tedeschi e in particolare da J.F. Gmelin, professore a Gottinga.[14] È vero, d'altro canto, che a Pavia, dove dal 1778 operava Alessandro Volta, uno dei fondatori della chimica pneumatica, l'interesse per la «nouvelle chimie» era ampio, tanto che il primo aprile del 1784 Luigi Valentino Brugnatelli presentava tra le sue tesi a stampa per conseguire la laurea in medicina anche la seguente: «Aerem in aquam resolvi Lavoisierii et nostra opinio est».[15] Ci si può chiedere, naturalmente, se si tratti per il giovane pavese di un'opinione teoreticamente fondata o solo della conferma dei risultati sperimentali del chimico francese.[16] Nondimeno, se si riflette che Lavoisier aveva ottenuto la sintesi dell'ac-

[11] *Ibidem*. Sul progetto di Kaunitz volto a portare Scopoli a Pavia sin dal 1769, cfr. A. Ferraresi, *Spallanzani docente di storia naturale all'Università di Pavia. Gli esordi*, in W. Bernardi - P. Manzini (a cura di), *Il cerchio della vita*, Firenze, Olschki, 1999, pp. 377-405.

[12] ASM, *Studi*, p.m., cart. 382.

[13] Cfr. Alessandra Ferraresi, *I luoghi della scienza: l'Università di Pavia tra Sette e Ottocento*, in Società pavese di storia patria (a cura di), *Storia di Pavia*, V, *L'età moderna e contemporanea*, MilanoPavia, Banca regionale europea, 2000, pp. 323-365, part. pp. 344-346.

[14] Ferdinando Abbri, *Tradizioni chimiche e meccanismi di difesa: G.A. Scopoli e la «Chimie Nouvelle»*, «Archivio di storia della cultura», IV, 1991, pp. 75-92.

[15] ASPV, Antico archivio dell'Università, Facoltà di medicina, cart. 692, *Propositiones quas […] ad assequendam philosophiae et medicinae lauream in Regio-Caesareo Archigymnasio Ticinensi Aloysius Brugnatelli […] Calend. Aprilis MDCCLXXXIV p.p.*

[16] Sul rapporto tra Brugnatelli e la chimica lavoiseriana, si veda, anche per la bibliografia risalente, da ultimo Seligardi, *Lavoisier in Italia* cit., pp. 73-81.

qua nel giugno dell'anno precedente e aveva pubblicato in dicembre i propri risultati,[17] si tratta per lo meno di una testimonianza della conoscenza 'in tempo reale' che si aveva a Pavia del lavoro di Lavoisier.

3. Con la morte di Scopoli nel 1788 si poneva il problema della sua successione. Una successione paventata già nel 1784 da Kaunitz, il quale si chiedeva se in Lombardia, dove parevano «così pochi gli amatori delle scienze sperimentali», ci fossero soggetti adatti in caso di necessità a sostituire il professore di chimica o di storia naturale e pareva già rassegnato a cercarli «con molta fatica e con larghi stipendi altrove».[18]

E, in effetti, la ricerca di un successore a Scopoli fu tutt'altro che banale, anche perché la prima 'mossa' che si tentò di fare – con l'iniziale appoggio di Kaunitz – fu la divisione dell'unica cattedra di botanica e chimica in due insegnamenti distinti. Quanto ai nomi, se pareva esserci un sostanziale accordo tra Vienna e Milano sul nuovo professore di chimica, il medico Pietro Moscati, già professore di chimica presso l'Ospedale Maggiore di Milano e autore con Marsilio Landriani di importanti ricerche sulle 'arie',[19] per botanica Kaunitz proponeva, al posto del 'locale' Domenico Nocca, il nome prestigioso di Andreas Murray, docente dell'Università di Gottinga. Invece le cose andarono diversamente per l'intervento personale dell'imperatore Giuseppe II, al quale Kaunitz aveva chiesto l'autorizzazione per separare le cattedre e quindi creare un posto, e dunque uno stipendio, nuovo. Giuseppe II bocciava la proposta «né necessaria, né utile», e contraria a quello che si faceva nelle altre università austriache «dove uno stesso professore insegna[va] chimica d'inverno e botanica d'estate».

Come scriveva il cancelliere dando notizia alle autorità milanesi della «sovrana risoluzione»,

> non sarà difficile di trovare qui in Vienna qualche soggetto abile per le due cattedre, chiedendone informazioni a questo professore Jacquin, quando non si possa rinvenire costì un soggetto capace e provvedere al bisogno.[20]

La lunga e articolata risposta nel luglio successivo del consigliere Giovanni Bovara, membro della Commissione ecclesiastica e degli studi, in difesa del pro-

[17] ANTOINE-LAURENT LAVOISIER, *Extrait d'un Mémoire lu par M. Lavoisier a la Séance pubblique de l'Académie des sciences du 12 novembre, sur la nature de l'eau*, «Observations sur la physique, sur l'histoire naturelle et sur les arts», XXII, 1783, pp. 452-455.

[18] Kaunitz al ministro plenipotenziario Wilczeck, 19 aprile 1784, in CORRADI (a cura di), *Memorie e documenti* cit., II, pp. 29-30.

[19] MARSILO LANDRIANI e PIETRO MOSCATI, *Sperienze ed osservazioni sulle diverse specie d'arie fattizie*, «Opuscoli scelti sulle scienze e sulle arti», III, 1780, pp. 122-133. Sulla chimica di Moscati, cfr. FERDINANDO ABBRI, *Le terre, l'acqua, le arie. La rivoluzine chimica del Settecento*, Bologna, Il Mulino, 1984, *passim*.

[20] ASM, *Studi*, p.a., cart. 453, P.S. di Kaunitz a Wilczeck, 19 giugno 1788.

getto e in modo particolare per l'acquisizione di Moscati quale professore di chimica, quell'insegnamento che Scopoli aveva sollevato dalla «molta decadenza in cui l'aveva lasciato il suo antecessore», non sortiva alcun risultato.[21]

Nello stesso mese arrivava da Vienna la decisione: consultato, Nicolas Joseph Jacquin, professore di chimica e botanica nell'Università viennese, non aveva «esitato a proporre Brusati», il quale evidentemente era poi rimasto nella capitale, a insegnare «con molta lode e plauso» nel Collegio Theresianum, fondato nel 1749 per la preparazione dei giovani nobili alle alte cariche amministrative di governo e da poco soppresso; ora Brusati non faceva più alcuna difficoltà a rientrare a Pavia, dove appunto iniziava l'anno scolastico 1788-89.[22]

Che un chimico della levatura di Jacquin – il quale tra l'altro aveva contestualmente espresso una propensione per la chimica francese nei suoi *Collectanea ad botanicam, chemiam et historiam naturalem spectanctia* (1786-1790)[23] – desse un giudizio positivo su Brusati, sembra deporre a favore del goriziano. Fatto sta che nel 1789 Bovara – nella sua annuale ispezione all'Università di Pavia – già espressosi, come abbiamo visto, in modo poco favorevole a Brusati – notava che gli studenti di chimica, così numerosi alle lezioni del defunto Scopoli, erano fortemente diminuiti, tanto da non superare le trenta presenze:[24] si noti che la media degli iscritti a medicina era in quegli anni di 250 studenti e che, secondo il nuovo piano di studi formulato dal professore di clinica medica Johan Peter Frank ed entrato in vigore dal 1786-87, era previsto un insegnamento biennale di chimica.[25]

[21] *Ibidem*, Bovara a Wilczeck, 8 luglio 1788. Bovara pensava in effetti di utilizzare le ampie competenze di Moscati affidandogli pure la direzione dell'erigenda Clinica ostetrica.

[22] *Ibidem*, P.S. di Kaunitz a Wilczeck, 17 luglio 1788. Come scriveva il cancelliere, Brusati si era già «insinuato per riavere la cattedra a Pavia», da lui «rinunziata per motivo di salute». Si veda, per il clima di incertezza che regnava a Pavia su una scelta su cui evidentemente dal basso' poco si poteva influire, la lettera di Brugnatelli a Volta del 17 agosto 1788: «Del successore di Scopoli si sa nulla di certo. Si nominano tanti soggetti che fa credere che l'elezione cadrà su nissuno dei medesimi. Sostengono presentemente che possa essere in vista favorevole del Governo il sig. Brusati, quel Brusati che presentemente trovasi in Vienna, ma anche questa nuova non è confermata da veruna persona di autorità in questo genere»; A. VOLTA, *Epistolario. Edizione nazionale sotto gli auspici dell'Istituto di scienze e lettere e della Società italiana di fisica* (d'ora innanzi VE), III, Bologna, Zanichelli, 1952, pp. 2-3.

[23] Sull'importanza dell'opera di Jacquin nella formazione chimica di Lavoisier e sul suo contributo alla diffusione della «nouvelle chimie» nei domini austriaci si veda ABBRI, *Le terre, l'acqua* cit.; ID., *La diffusione della «chimie nouvelle» in Europa*, in PAOLO GALLUZZI (a cura di), *Storia delle scienze*, III: FERDINANDO ABBRI e RENATO G. MAZZOLINI (a cura di), *Natura e vita dall'antichità all'Illuminismo*, Torino, Einaudi, 1993, pp. 526-549, part. pp. 544-545.

[24] ASM, *Studi,* p.a., cart. 385, *Relazione di Giovanni Bovara sull'Università di Pavia*, 9 maggio 1789.

[25] Sulla riforma del corso di studi medici ad opera di Frank si rinvia a ELENA BRAMBILLA, *La medicina del Settecento: dal monopolio dogmatico alla professione scientifica*, in *Storia d'Italia*, Annali, 7: FRANCO DELLA PERUTA (a cura di), *Malattia e medicina*, Torino, Einaudi, 1984, pp. 127-133; A. FERRARESI, *La storia naturale insegnata: problemi di contenuti, metodi, testi per Spallanzani*, in WALTER BERNARDI e MARTA STEFANI (a cura di), *La sfida della modernità*, Firenze, Olschki, 2000, pp. 122-124.

Bovara conduce con discrezione un'inchiesta, da cui risulta che Brusati «non osserva un esatto ordine metodico nelle sue lezioni e tratta oggetti disparati l'uno dall'altro», «non dà le necessarie nozioni delle nuove scoperte chimiche, che sono molte» e fa le sue lezioni «con qualche confusione … in un molteplice dialetto che non è quello che conviene alla cattedra e che è spesso argomento di critica e distrazione agli scolari». Interrogato, il goriziano dice di usare ancora Boerhave, «adattato ai tempi nostri dal sign. consigliere Jacquin», ma, sottolinea Bovara, «non essendo questo metodo conosciuto fra noi sembrerebbe necessario o che il professore lo facesse stampare in italiano o almeno frattanto presentasse l'elenco delle materie *per singula* che tratterà nel suo corso».[26]

Mancano alla mia ricostruzione alcuni 'passaggi', ma – da quanto sinora ho potuto documentare – risulta che l''operazione Moscati' non venne abbandonata – probabilmente con l'intento di arrivare alla separazione delle due cattedre e di lasciare a Brusati la sola botanica; sarà lo stesso Moscati però, nel luglio del '91, a declinare l'offerta della cattedra di chimica, adducendo motivi di salute, ma anche concreti interessi economici.[27]

A questo punto la ricerca si allarga fuori Lombardia ed è Frank ad essere consultato nell'autunno dello stesso anno: sembra la persona adatta per fornire un parere attendibile, per aver dato, come si è detto, un notevole spazio alla chimica nel piano degli studi medici, oltre ad essere straniero, e quindi ad avere un panorama più ampio della situazione internazionale.

Frank dimostra però una visione strettamente 'germanica' della chimica: dato per appurato, a suo giudizio, che non ci sono in Italia chimici all'altezza della situazione (che si siano «distinti pubblicamente e con opere maestre») egli prende in considerazione solo chimici tedeschi: Gmelin, Hermbstaedt, Gren, Goettling, Hagen, Westrumb. Il problema della lingua – a Pavia si era ormai ampiamente diffuso l'uso dell'italiano per l'insegnamento delle materie scientifiche[28] – poteva risolversi facendo lezione in latino:[29] un'indicazione che, in effetti, se rispecchiava l'oscillazione linguistica che fino ad allora aveva caratterizzato la chimica – Jacquin, come si è visto usava nel 1789 il latino – aveva in sé i caratteri di una scelta con-

[26] ASM, *Studi,* p.a., cart. 385, *Relazione* cit.

[27] Moscati, che aveva allora 42 anni, scriveva che la vista, già indebolitasi, sarebbe peggiorata se si fosse esposto «giornalmente» al fuoco e ai vapori delle reazioni chimiche, ma altrettanto decisivi nel suo rifiuto appaiono il buono stipendio goduto a Milano come direttore dell'ospizio di Santa Caterina alla Ruota, l'alloggio gratuito e i proventi della libera professione (Moscati a Wilczeck, 22 luglio 1791, edita in CORRADI (a cura di), *Memorie e documenti* cit., III, pp. 205-206.

[28] Cfr. ALESSANDRA FERRARESI, *Diffusione, uso e insegnamento delle «lingue straniere» a Pavia dopo l'*Encyclopédie, in STELLA e LAVEZZI (a cura di), *Esortazioni alle storie* cit., pp. 497-527, part. pp. 504-508, da cui risulta che Scopoli faceva lezione in italiano; si noti come una delle critiche avanzate nei confronti di Brusati sia l'uso di un «molteplice dialetto», dunque una scarsa padronanza dell'italiano.

[29] ASM, *Studi*, p.a. cart. 389, Frank all'I.R. Conferenza di governo, Pavia 3 novembre 1791.

servatrice. E vale la pena di sottolineare come tra i nomi proposti solo Hermbstaedt avesse già assunto una tendenza più favorevole alla chimica antiflogistica.[30]

A questo punto tutto sembra nuovamente arenarsi sullo *status quo*: Brusati continua a insegnare chimica e botanica, confermandosi, anche negli anni successivi del suo soggiorno pavese, un personaggio dai contorni anche scientifici sfuggenti e certamente – come tanti altri scienziati del suo tempo, compresi i colleghi pavesi – con atteggiamenti ambivalenti nei confronti della 'rivoluzione chimica', come ci dimostra il fatto che, decisosi a cambiare il suo autore di riferimento, indichi – nei calendari accademici dal 1790 al 1794. – Gmelin, convinto sostenitore del flogisto. Ma è anche un fatto che la traduzione italiana uscita a Pavia nel 1793 della *Filosofia chimica* di Fourcroy sia stata dal traduttore (anonimo) dedicata proprio a Brusati,

> contenendosi tutte quelle …scoperte e verità che voi con sì grande profitto degli studiosi dimostrate né vostri corsi di chimica e botanica e che non lasciate altresì d'illustrare vieppiù colle vostre particolari e interessanti osservazioni, le quali meriterebbero d'esser pubblicate se per un istante vinceste la vostra naturale modestia.[31]

E, in effetti, l'anno successivo – il 1794-95 – compariva sul calendario accademico l'indicazione di Fourcroy.[32] Il passaggio repentino da Gmelin a Fourcroy lascia effettivamente stupiti e forse lasciò stupiti anche i suoi studenti.

Erano peraltro anni abbastanza tranquilli dal punto di vista dei suoi rapporti «di mondo»: non ci sono noti scontri con altri colleghi, anzi Brusati instaura un rapporto di amicizia con Alessandro Volta, amicizia che diventerà anche collaborazione scientifica.[33] A giudicare da una lettera di Frank a Volta del 1795 (Frank era stato richiamato a Vienna l'anno precedente), anche con quest'ultimo i rapporti erano cordiali.[34]

Nel 1793, l'ispezione del consigliere Signorini all'Università aveva dato, in rapporto all'insegnamento di Brusati, risultati più soddisfacenti della precedente visita di Bovara. L'Orto era «ottimamente» fornito di piante officinali, e anche il laboratorio di chimica funzionava a dovere. E se è vero che ufficialmente l'autore di riferimento era ancora Gmelin, d'altro canto:

[30] ABBRI, *La diffusione della «chimie nouvelle»* cit., pp. 544-547.

[31] ANTOINE-FRANCOIS FOURCROY, *Filosofia chimica, o verità fondamentali della chimica moderna disposte in un nuovo ordine*, Pavia, B. Comini, 1793.

[32] ASPV, Antico Archivio dell'Università, *Registri*, 805, calendari scolastici. Nel 1793-94 compare sul calendario accademico sotto il nome di Brusati: «Elementa Chemiae et Pharmaceuticae experimentis confirmata tradet, praeunte Gmelino»; l'anno successivo: «Elementa Chemiae experimentis confirmata tradet praeeunte Fourcroij».

[33] Si vedano in VE, III, le richieste rivolte al Consiglio di Governo per l'assunzione del barometraio Cetti e firmate congiuntamente da Volta, Brusati, Spallanzani, Barletti nel 1790, pp. 71-72 e nel 1791, dai soli Volta e Brusati, pp. 103-104. Brusati e Volta furono anche vittime di una rapina, mentre andavano a Milano con altri amici per passarvi le ferie pasquali, anzi col preciso intento di «svagare» il […] professor Brusati» (*Ibidem*, Appendice, pp. 493-494, [denuncia] di Francesco Saverio Lorenzo Orlando, 27 aprile 1794).

[34] VE, III, pp. 247-248, Frank a Volta, 10 febbraio 1795.

> rapporto a questa Scuola di chimica mi fece il professor Brusati osservare un gran tabella che aveva appesa nel teatro chimico, e nella quale per facilitare l'intelligenza agli scolari erano scritti i termini antichi, ed i recentemente inventati per indicare i corpi che si separano o si uniscono per mezzo della chimica.[35]

E positiva era stata anche la relazione del rettore Antonio Mussi nel novembre 1793:

> finalmente il laboratorio chimico si pel giornaliero miglioramento de principali stromenti, secondo le leggi delle più recenti teorie, che per la diligente compatibile custodia di tutta la chimica suppellettile ritrovasi nel più lodevole stato.[36]

D'altro canto l'anno successivo la nuova ispezione del consigliere Bovara risollevava dubbi e sulla gestione del laboratorio – avanzando il sospetto che ci fossero in gioco anche interessi privati[37] – e sulla didattica di Brusati:

> Sembra che alcuni più abili scolari siano di sentimento che si possa migliorare il metodo di queste lezioni. L'uso di un testo stampato altre volte insinuato al Professore sarebbe assai opportuno per regolare l'istruzione, l'ordine e l'importanza delle materie.

La relazione di Bovara convince anche il consigliere Signorini: «il metodo del professore Brusati nella relativa istruzione dubito io pure che non sia il migliore».[38]

L'attenzione delle autorità superiori è ormai allertata e il nodo cruciale diventa quello del libro di testo: uno strumento, sulla cui importanza per la sistematizzazione del sapere e per la didattica il governo asburgico non insisterà mai abbastanza. Il manuale deve contenere gli 'elementi' di ciascuna disciplina, e avere caratteri anche formali ben definiti: deve essere chiaro, sistematico, maneggevole, di un prezzo accessibile per gli studenti. Deve essere un testo 'classico' e nello stesso tempo aggiornato: la sua adozione e il suo uso permettono il controllo delle competenze di un docente da parte non solo del governo, ma soprattutto da parte della sua 'opinione pubblica': gli studenti e la comunità scientifica cui appartiene. Il che ovviamente diventa un'operazione particolarmente complessa e delicata nel caso delle discipline in via di definizione e sistematizzazione anche epistemologica, le discipline scientifiche – con la significativa eccezione, o, almeno, minore 'drammaticità, per la matematica. E non è un caso che tutti i professori di 'filosofia naturale' all'Università di Pavia abbiano avuto problemi col governo proprio sull'adozione del manuale.[39]

[35] ASM, *Studi*, p.a., cart. 386, *Relazione della visita fatta all'Università dal consigliere Signorini* [1793].

[36] *Ivi.*

[37] «Mi pare che non siano limitate le esperienze ai bisogni delle scuole; alcune preparazioni esitabili si fanno in quantità maggiore del bisogno; e queste non si consegnano, né si impiegano ad uso pubblico: dubito che rimangano a privato benefizio di chi vi travaglia (*Ivi*).

[38] *Ivi*. La relazione di Bovara è presentata al Magistrato politico camerale il 6 agosto 1794; il parere di Signorini è datato 11 febbraio 1795.

[39] Cfr. FERRARESI, *La storia naturale insegnata* cit.

Nel marzo del '95 la Conferenza governativa invia al Magistrato politico camerale una serie di rilievi intorno al funzionamento dell'Università e, per quanto riguarda la chimica, si rileva che

> In punto delle esperienze è noto che le medesime non sono connesse in forma istruttiva ed elementare; che se ne scelgono diverse, le quali sono le più dispendiose, di maggior lusso e di mera curiosità, lasciando le più utili, o almeno interrompendo il corso delle elementari. Quanto al metodo dell'istruzione teorica seguito dal professore Brusati, è similmente noto, che egli trattiene gli scolari per i primi tre mesi di ciascun anno in calcoli astratti sulle affinità, sulle combinazioni e sui rapporti delle varie sostanze chimiche, e che invece di servirsi di un testo stampato, come prescrivono gli ordini, suole dettare le sue lezioni agli scolari.[40]

Brusati sembra dunque inserirsi nella tradizione della chimica delle affinità che, da Geoffroy a Bergman, restava tuttora un referente essenziale per la cultura chimica europea. Tuttavia, come appariva da un parere, anonimo, inviato alla Corte, pur essendo «il quadro dettagliato di queste attrazioni elettive […] il codice vero di tutta la scienza e la guida unica di chimico in ogni suo travaglio», se Brusati si rifaceva agli *Elémens de chymie* editi a Digione nel 1777 da Guyton de Morveu, Maret e Durande, avrebbe dovuto impiegare non tre mesi ma tutto l'anno; se invece teneva come riferimento il metodo di Bergman dell'«analisi dei corpi secondo la divisione dei tre regni della natura, che è l'ordine generalmente seguito», dovevano bastargli «per dare un'idea generale […] due o tre lezioni, e cinque o sei al più quando uno volesse molto estendersi».[41]

Ora era Vienna a intervenire direttamente. Convinta che il parere sopra citato non era così circostanziato da far «rigettare addirittura il metodo del professore Brusati» e osservando che, «se le affinità chimiche e le cosi dette attrazioni elettive sono la chiave delle operazioni tutte della chimica odierna» (come sosteneva appunto l'anonimo giudice del Nostro), non doveva stupire che Brusati impieg[asse] tre mesi su questa materia, la Corte si domandava

> le ragioni per le quali non faccia uso di un autore elementare stampato nell'abbondanza che vi è di buone opere uscite in Francia e in Germania in questi ultimi anni, dacché si è introdotta una nuova teoria e nomenclatura dietro le importanti scoperte fatte sulle diverse arie ossia gaz e colla decomposizione dell'acqua.[42]

Come si vede l'atteggiamento di Vienna è decisamente possibilista, quanto alla scelta di un autore di riferimento: non si manifesta alcuna forma di «paranoia poli-

[40] ASM, *Studi,* p.a., cart. 411, la Conferenza governativa al Magistrato politico camerale (Signorini relatore, 17 marzo 1795).

[41] *Ivi*, «Riflessioni occorse sul metodo seguito dal r. professore Brusati nell'insegnare la chimica».

[42] *Ivi*, Osservazioni della Corte del 27 maggio 1795 trasmesse dal Magistrato politico camerale al rettore dell'Università di Pavia il 10 giugno 1795.

tica», per citare un recente saggio di Abbri,[43] ma un'apertura alla chimica francese che rispecchiava appunto l'atteggiamento complessivo della scienza austriaca.

Brusati presenta – come gli era richiesto dal Magistrato politico camerale – una memoria al Concistoro dell'Università: nel suo corso, dà tutti gli anni «i fondamenti generali della chimica, la teoria degli antiflogistici e la loro nomenclatura», divide «le operazioni spettanti ai tre regni» in due corsi, fa lezione cinque o anche sei giorni alla settimana per otto mesi e «passa la maggior parte del giorno nell'elaboratorio per assistere alle operazioni e per osservare». Al «trattato delle affinità» dedica il tempo «che esige la loro importanza»[44] e fa «talvolta uso opportuno del calcolo matematico». Quanto al libro di testo, introduce un nuovo autore di riferimento, Gren, – il Gren della «chimica universale» –: il riferimento è dunque al *Systematisches Handbuch der gesammten Chemie* (1787).

E Fourcroy? In effetti Brusati afferma di averlo proposto nell'anno appena trascorso «per norma delle sue lezioni»,[45] ma, non avendo avuto un riscontro ufficiale, ha

> seguito a prevalersi del libro di Gren. Essendosi corretto questo autore nella ultima edizione in riguardo ai principi stahaliani del flogisto, potrebbe questo libro servire anche per uso degli scolari quando sia tradotto in italiano.

E, mostrando di aver anticipato un desiderio della Corte,[46] sottolinea come il metodo sperimentale adottato si rifaccia direttamente al manuale del chimico tedesco,

> distinto da quello della fisica dell'istesso autore che si prelege dal signor professore Volta: onde non vi è pericolo che si facino delle spese superflue, molto più che vi è sempre stata buona armonia e intelligenza tra questi due professori.[47]

Il governo – quello milanese – non è però soddisfatto della risposta di Brusati che non appare del tutto esauriente e prende – come si suol dire – «il toro per le corna»: manda al professore due manuali da esaminare, quello di Gren nella nuova

[43] ABBRI, *La diffusione della «chimie nouvelle»* cit., p. 533 ss.

[44] «Non è il professore, ma sono i delatori, che lo hanno esteso a tre mesi, volendo essi riferire a questo trattato quello dell'aderenza, dell'aggregazione, delle soluzioni e delle precipitazioni, e calcolando le ferie intercorrenti del Natale e del Carnovale per scuole effettive».

[45] Naturalmente non è chiaro se si tratti della *Filosofia chimica* o degli *Elemens d'histoire naturelle et de chimie*, 4 voll, 1786, ai quali invece si riferisce Bovara in un altro documento, come il testo appunto cui faceva «cenno» Brusati, sottolineando che «l'ultima edizione, fatta prima della rivoluzione francese, non contiene le scoperte di questi anni».

[46] «Dopo la scoperta dei gaz questa parte è per così dire di controversa giurisdizione fra la cattedra di fisica esperimentale e quella della Chimica: né si vede ancora stabilito il confine rispettivo nelle opere uscite alla luce. Sarebbe forse opportuno che i due professori Volta e Brusati si concertassero sopra un piano da rassegnarsi alla superiore approvazione […]». (Osservazioni della Corte del 27 maggio 1795, cit.).

[47] Memoria di Brusati al Concistoro, 29 giugno 1795, trasmessa nello stesso giorno al Magistrato politico camerale. Sull'adozione da parte di Volta dei *Gundriss der Naturlehere* di Friedrich Albrecht Carl Gren (Halle 1793, III ed.), cfr. CIARDI, *La chimica pavese* cit., p. 713.

edizione – di cui erano usciti sinora tre tomi – a cui Brusati alludeva nella sua memoria, ma che non aveva materialmente visto, e il manuale di Nicolas Jacquin, pubblicato in due volumi in tedesco nel 1792 ed in latino l'anno successivo.[48] A questo punto Brusati deve uscire da ogni ambiguità e la sua risposta al Magistrato politico camerale ne è la prova.

Il goriziano non aveva certamente torto nel far osservare la difficoltà di scegliere un libro di testo «in questi tempi della chimica rivoluzione», dal momento che nessuno scrittore era immune da «arbitrarie ipotesi ed errori che naturalmente scaturivano dai principi dei rispettivi sistemi». Ma

> frattanto, essendomi con diretti esperimenti assicurato dei fondamentali principi di Lavoisier e restando dall'altra parte persuaso fino ad un certo segno anche della verità delle teorie di Stahl, andavo a conciliare nelle mie lezioni i due partiti opposti, servendomi del dovizioso, preciso e ben ordinato testo di Gren, corredando e raddrizzando il medesimo coi lumi della moderna teoria dei francesi. Finalmente in quest'anno, informato per via di lettere e di giornali, che Gren, convinto dai fatti, aveva anch'egli accettato i più essenziali dogmi de' suoi avversari e che nella seconda edizione della sua chimica li era riuscito di combinare il più vero del sistema flogistico ed antiflogistico con separarne l'insussistente non sanzionato dall'osservazione, ho capito chiaramente che quella edizione doveva essere tutt'affatto conforme al sistema, che io avevo già da parecchi anni adottato nella scuola chimica di Pavia, come comparisce da alcune tesi stampate dai miei scolari e dalle mie dissertazioni recitate in pubblico all'occasione delle lauree.[49]

Quanto al testo di Jacquin, da lui definito di «pretta teoria lavoiseriana», era però ristretto «nei limiti del piano che gli fu prescritto», non copriva, in altre parole, tutta la chimica che si doveva insegnare a Pavia. Se il motivo era proprio questo, più didattico che scientifico, o se invece lo spaventasse la «pretta teoria lavoiseriana» è un dubbio ragionevole alla luce di quello che dirò tra breve.[50]

A questo punto i giochi sembrano fatti: bisognerà ovviamente provvedere alla traduzione da non affidare però a Brusati, a giudizio di Bovara non sufficientemente padrone dell'italiano.

Da Vienna arriva però a fine dicembre una nuova controproposta ancora una volta del tutto 'spregiudicata'. La Corte non mette in dubbio la bontà delle scelte fatte a Pavia, ma si chiede se Brusati non possa prendere in considerazione gli *Elémens de chimie* di Jean-Antoine Chaptal (1790), di cui esiste, oltre alla traduzione tedesca, anche una traduzione italiana, di Nicolò della Porta, edita nel 1792 in 5 tomi.[51]

[48] Il Magistrato politico camerale [Bovara] a Brusati, 29 agosto 1795, ASM, *Studi*, p.a., cart. 411; NICOLAS JOSEPH JACQUIN, *Elementa chemiae universae et medicae*, Viennae Austriae, Apud Christianum Fridericum Wappler, 1793, 2 voll.

[49] ASM, *Studi*, p.a., cart. 411, Brusati al Magistrato politico camerale, s.d., ma discussa nella riunione del Magistrato del 21 ottobre 1795.

[50] Anche Bovara però aveva espresso il dubbio che quel manuale «forse [fosse] troppo breve».

[51] Bovara al rettore e Concistoro dell'Università di Pavia, 24 dicembre 1795, in ASPV, Antico archivio dell'Università, *Rettorato*, cart. 177.

La risposta di Brusati, al quale viene inviata copia dell'opera, alla Conferenza governativa nel marzo successivo è negativa. Mancano «utilissime nuove scoperte», mentre Gren «ha saputo riunire le più utili scoperte e combinare la chiarezza delle sue idee» colla brevità e la precisione. Tutte cose probabilmente vere, ma il nocciolo della questione è un altro: «Chaptal è troppo attaccato al sistema degli antiflogistici, che non potrebbe seguire ne' suoi insegnamenti».

Il governo accetta il punto di vista di Brusati: almeno dal punto di vista didattico Gren è ormai un libro «classico», utile agli studenti ma anche ai medici e ai farmacisti nella loro professione, del quale bisogna curare in tempi brevi una traduzione accurata e ben stampata.[52]

Ovviamente tutto si bloccherà di lì a un mese e Brusati, abbandonata Pavia all'arrivo dei francesi, non vi tornerà mai più. Morirà a Gorizia nel 1825.

Brusati è dunque in linea con una larga parte della comunità scientifica pavese che non accetta ancora in via definitiva la chimica lavoiseriana,[53] anche se è proprio all'interno della stessa comunità che viene prodotto, proprio nel 1796, il *Chimico esame* di Spallanzani.[54]

Come si è visto, da parte del governo asburgico non ci furono veti di sorta alla diffusione della chimica francese. Si trattò, insomma, di un dibattito interno alla comunità degli scienziati. Ma è d'altro canto vero che l'intervento dall'alto ci fu comunque 'a monte', nell'intervento 'assolutistico' che 'impose' un certo indirizzo istituzionale, non favorendo l'autonomia della disciplina – e 'impose' inoltre, per ragioni che non ci sono in fondo ancora del tutto chiare, una persona – Brusati – che aveva sicuramente buone competenze tecniche,[55] ma non possedeva né la statura scientifica, né l'adatta personalità per porsi, lui il docente di chimica, come arbitro autorevole nella controversia.

Riassunto – La comunicazione prende in esame la presenza all'Università di Pavia, quale docente di chimica e botanica, del goriziano Valentino Brusati, laureatosi a Vienna in medicina, e formatosi come chimico probabilmente alla scuola di Jacquin. I suoi due periodi di insegnamento a Pavia (1773-1777; 1789-1796) sono 'imposti' direttamente da Vienna più

[52] ASM, *Studi*, p.a., cart. 411, Sessione della Conferenza governativa del 2 marzo 1796.

[53] Si ricordi, ad esempio, la speranza nutrita da Volta che la teoria di Göttling potesse conciliare lavoiseriani e antilavoiseriani e come nella lettera a Carlo Amoretti del 27 marzo 1795 contasse «di travagliarvi quanto prima», proprio insieme a Brusati (*Aggiunte alle Opere e all'Epistolario di Alessandro Volta*, Bologna, Zanichelli, 1966, pp. 65-69).

[54] Si vedano a questo proposito anche le osservazioni di SELIGARDI, *Lavoisier in Italia* cit., pp. 93-96.

[55] Per esempio, nel 1792 Giuseppe Mangili, che seguiva le sue lezioni, annotava nel suo diario che «il professor Brusati ha trovato che unendo l'olio di trementina coll'aria pura ne risulta un'ottima resina» (Biblioteca civica «Angelo Mai», *Miscellanea Mangili*, 79. R. 1-16).

che ‘negoziati’ tra il centro e la periferia. Dotato di capacità tecniche, ma personaggio difficile sotto il profilo psicologico, Brusati non lascia traccia scritta delle sue ricerche e interessi chimici, ma, attraverso l’analisi dei documenti che riguardano la sua attività didattica, si profila una posizione di compromesso verso la rivoluzione chimica, che rispecchia quella di altri ‘filosofi naturali’ lombardi. Brusati non ha, in altre parole, l’autorevolezza né scientifica, né morale per portare avanti una proprio programma di ricerca e assumere un ruolo-guida.

ANGELA BANDINELLI*

Spallanzani chimico e la teoria della respirazione. Alle origini di una nuova riflessione 'biologica'**

The chemist Spallanzani and his theory of respiration. The beginning of a new 'biological' reflection

Summary – This paper analyses the works of the Italian naturalist Lazzaro Spallanzani who was original in both philosophy and experimentation. This is particularly evident in his investigation on living beings, where the traditional hypothesis of the material metamorphosis in the passage from the inorganic world to the organic one was abandoned to accept the Lavoisierian theory of transformation according to identifiable physical-chemical laws. Perfectly in line with the French *nouvelle chimie*, he considered respiration as a combustive process of material composition/decomposition and the living body as a physical-chemical system[1] which could be analyzed by means of its capacity for change. Organic matter was herewith defined by its ability to absorb oxygen; the movement between life and death could now be explained without resorting to extra-natural principles.

Negli *Opuscoli* del 1776[2] Lazzaro Spallanzani (1729-1799) continua un'accesa *querelle* con John Turberville Needham (1713-1781) intorno alla generazione animale.

* Istituto e Museo di Storia della Scienza, Firenze.

** Relazione presentata al X Convegno Nazionale di «Storia e Fondamenti della Chimica» (Pavia, 22-25 ottobre 2003).

[1] ANTOINE-LAURENT LAVOISIER, PIERRE SIMON LAPLACE, *Mémoire sur la chaleur*, in *Œuvres de Lavoisier publiées par les soins de S.E. le ministre de l'Instruction publique et des cultes,* Paris Imprimerie Impériale et Nationale, 1862-1893, 6 voll.; vol. 2, pp. 283-333.

[2] LAZZARO SPALLANZANI, *Opuscoli di Fisica animale, e vegetabile*, Modena, 1776, 2 voll. L'opera risponde perlopiù alle teorie di Needham esposte nelle note aggiunte all'edizione francese (Parigi, 1769) del *Saggio di osservazioni microscopiche concernenti il sistema della generazione de' Signori di Needham e Buffon* (Modena, 1765) dello stesso Spallanzani. Per un'attenta ricostruzione della teoria needhamiana, vedi MARTA STEFANI, *Corruzione e Generazione. John T. Needham e l'origine del vivente,* Firenze, Olschki, 2002.

Per l'abate scandianese, professore di Storia Naturale all'Università di Pavia dal novembre del 1769,[3] l'ipotesi di una forza vegetante procreatrice,[4] responsabile della generazione spontanea è «un puro pretto lavoro di fantasia». Ripetendo infatti le prove presentate dal naturalista inglese, Spallanzani conferma l'impossibilità che la vita possa risvegliarsi in forma di animaletti infusori dalla materia inanimata rinchiusa in vasetti sottoposti all'azione del fuoco: «l'esito fu che aperti avendoli, e microscopicamente visitati al dovuto tempo, di diciannove che erano, neppure uno mostrò la minima apparenza di Animaletti».[5] La verifica empirica legittima Spallanzani a definire «ripugnante e chimerica» la teoria del collega la quale, di conseguenza, viene rigettata a favore di quella dei germi «come autori degli Animali infusori». L'origine di questi animali deve essere imputata più ragionevolmente all'esistenza di «corpicciuoli preorganizzati» (semi, ovetti) capaci di resistere per un certo tempo all'azione distruttiva del fuoco nella convinzione che «tutto succede secondo le leggi ordinarie, e già note alla Natura, senza che vi sia il minimo ricorso a forze ideali».[6] Recuperando una tradizione corpuscolare che sperimentava nei *principi seminali* la causa di tutti i fenomeni naturali,[7] Spallanzani chiarisce in tal modo la sua intenzione d'indagare la varietà dei fenomeni viventi alla luce delle leggi ordinarie: la teoria dei germi risulta preferibile a quella vegetativa perché garantisce la possibilità di un confronto altrimenti improbabile a partire dall'ipotesi di una forza fantastica.

Se è vero, come sostiene Spallanzani, che «la natura di un oggetto si ricava dalle proprietà del medesimo oggetto, che è quanto dire dai rapporti, ch'egli ha con gli altri esseri», segue di necessità che la conoscenza aumenta colla quantità dei confronti.[8] Sulla base di questa logica che prescrive un procedere obbligato dal noto all'ignoto, Spallanzani intende verificare la sua ipotesi secondo cui il mondo della vita è retto da un'unità suscettibile d'indagine conoscitiva.

[3] Vedi ALESSANDRA FERRARESI, *Spallanzani docente di storia naturale all'Università di Pavia: gli esordi*, in PAOLA MANZINI, WALTER BERNARDI (a cura di), *Il cerchio della vita*, Firenze, Olschki, 1999, pp. 263-99.

[4] «Il n'est pas difficile de concevoir, suivant les principes que j'établis, comment un composé physique qui paroît mort et inactif peut s'animer et devenir vital», JOHN T. NEEDHAM, *Nouvelles observations microscopiques, avec des découvertes intéressantes sur la composition et la décomposition des corps organisés,* Paris, Ganeau, 1750, p. 370.

[5] SPALLANZANI, *Opuscoli* cit., vol. 1, p. 12.

[6] *Ivi*, p. 62.

[7] «Prima di me si era assai parlato de' Germi. Se ne trova fatta menzione in tutti i buoni Libri di Storia Naturale, e di Fisiologia, che sono usciti nel finire dell'ultimo secolo, ed in questo», CHARLES BONNET, *Lettere due dissertatorie scritte dall'illustre Sig. Bonnet di Ginevra all'autore relative al soggetto degli Animali infusori*, in SPALLANZANI, *Opuscoli* cit., vol. 1, pp. 284-85. Vedi in proposito, ANTONIO CLERICUZIO, *Elements, Principles and Corpuscles. A Study of Atomism and Chemistry in the Seventeenth Century*, Dordrecht, Boston, London, Kluwer Academic Publishers, 2000; CHRISTOPH MEINEL, *Early Seventeenth-Century Atomism. Theory, Epistemology and the Insufficiency of Experiments*, «Isis», 1988, pp. 68-103.

[8] SPALLANZANI, *Opuscoli* cit., vol. 1, p. 63.

In conclusione, la *querelle* sulla generazione spontanea si risolse in uno scontro fra due diverse immagini della natura vivente: all'idea needhamiana di una realtà segmentata sulla base di una diversità di natura fra gli infusori e gli altri animali,[9] Spallanzani oppone il rifiuto delle eccezioni alle «idee generali, che ci siam formati del mondo vivente».[10]

Nella sezione dedicata alle «osservazioni e sperienze intorno ad alcuni prodigiosi Animali, che è in balìa dell'Osservatore il farli tornare da morte a vita», Spallanzani tratta proprio del tema delle eccezioni naturali: esistono infatti esseri sorprendenti che paiono isolati dal resto vivente. Queste besticciuole se lasciate seccare nella rena una volta che questa è rinumidita, anche dopo anni, ripigliano comunque vigore risorgendo. Esse sembrano condividere con gli altri animali letargici soltanto l'immobilità: mentre infatti nel letargo l'armonia fra solidi e liquidi è mantenuta e così anche il principio vitale, nelle specie infusorie le parti svaporano totalmente e con esse la vita. La causa del risorgere risiede in una forza irritante che svanendo esaurisce la vitalità e rinnovandosi la riattiva.

Questa sezione, dunque, sembrerebbe contraddire l'autore stesso portando argomenti a favore dell'ipotesi needhamiana circa l'esistenza di eccezioni nel mondo vivente; eppure, il ricorso spallanzaniano al principio irritabile conferma un'unità indiscutibile: il principio vitale risiede nell'irritabilità, proprietà comune a tutti i fenomeni vitali.

La disputa Spallanzani/Needham rimane pertanto sospesa su due diverse ed inverificabili convinzioni naturalistiche: da una parte, la credenza che gli infusori siano esseri semplicemenți vitali, dall'altra la certezza che essi siano verissimi animali generati da semi preorganizzati, secondo i principi del maestro Bonnet. Secondo Charles Bonnet (1720-1793), l'idea di una forza animalizzante non fa che perpetuare una tradizione oscurante i reali processi naturali. Al vitalismo naturalistico di Needham che pare «tratti la Storia Naturale, come gli Alchimisti trattano la Chimica»,[11] Bonnet oppone il tentativo materialistico di una preorganizzazione del seme di cui, peraltro, si ignorano natura e funzionamento:

> Ignoriamo, e verosimilmente, ignoreremo sempre su questa terra gli *ultimi termini* della divisione della materia organizzata.[12]

> Non conosciamo il *germe*, o l'*embrione*, che per alcuni tratti i più vistosi, o a dir meglio più grossolani, e ignoriamo il maggior numero dei *rapporti*, che ha con le diverse parti, da cui è circondato dentro all'uovo.[13]

[9] «…la virtù vegetatrice del Needham agisce su le piante quando son morte, coll'obbligarle a risorgere in novelli esseri, e questi sono gli Animaluzzi infusori, che per essere gli ultimi sforzi di lei chiamar non si possono rigorosamente *Animali*, ma esseri semplicemenți *vitali*». *Ivi*, p. 10.

[10] *Ivi*, vol. 2, p. 245.

[11] BONNET, *Lettere due dissertatorie scritte dall'illustre Sig. Bonnet di Ginevra* cit., in SPALLANZANI, *Opuscoli* cit., vol. 1, p. 294.

[12] *Ivi*, p. 250.

[13] *Ivi*, p. 243.

Ed è forse in questo pessimismo investigativo che si trova il distacco spallanzaniano dallo scienziato ginevrino. Bonnet stesso si accorge dei dubbi che assillano il collega italiano e lo esorta a continuare le sue ricerche perché «fra tutti i Naturalisti voi siete quello, da cui aspetto maggiori istruzioni su questa ricca materia, e saranno le vostre dotte Ricerche, che confermeranno, modificheranno o distruggeranno le mie piccole *Ipotesi*. Voi non darete ascolto al linguaggio dell'amicizia, quando la Natura deciderà contra di me, ed io sarò il primo a sottomettermi alle sue decisioni».[14] Un distacco dunque caratterizzato da parole proprie soltanto dei maestri che per amor di verità son disposti ad accettare posizioni diverse dalle proprie: mentre per Bonnet il mondo animale differisce molto dal vegetale,[15] Spallanzani sostiene viceversa che la strada per la comprensione dell'organizzazione passa attraverso l'analisi delle analogie fra i viventi.

> Le Piante sono un genere di Viventi sì analoghi agli Animali, che sembra degno di scusa colui, che le definì *Animali radicati.* Si possono vedere nel Vallisneri, nel Buffon, nel Bonnet, e ultimamente nell'abbate Corti i moltissimi, e diversi tratti di analogia, che passano tra queste due Classi di esseri organizzati.[16]

Gli *Opuscoli* lasciano già intravedere un naturalismo spallanzaniano distinto sia da quello letterario-fantastico di Buffon e Needham, sia da quello non operativo di Bonnet e risulta caratterizzato da una tensione analitica[17] che lo pone sulla stessa linea investigativa dei nuovi chimici francesi.[18]

Nel 1776, dunque, Spallanzani aveva delineato un nuovo naturalismo che pare originalissimo nel panorama dei contemporanei dibattiti in seno alla riforma della Storia naturale. Si trattava di una nuova riflessione sulla natura vivente caratterizzata contemporaneamente da una fiducia nella conoscenza graduale ma anche dall'inquietudine dovuta all'impossibilità effettiva di sortire dai labirinti delle dispute filosofiche: «anche Spallanzani avrebbe tralasciato per il momento questo genere di ricerche. In mancanza di una metodologia corretta, la questione delle "arie" gli sembrava infatti ancora lontana dall'esser risolta, e quindi scarsamente utilizzabile

[14] *Ivi,* p. 285.

[15] «Il Sistema organico dell'*Animale* differisce di molto da quello del *Vegetabile*. Le leggi dell'uno non sono quelle dell'altro. Il principio del moto de' liquidi non è il medesimo in tutti e due». *Ivi*, p. 258.

[16] SPALLANZANI, *Opuscoli* cit., vol. 2, p. 237.

[17] È noto che la logica condillachiana svilupperà definitivamente l'imperativo analitico (secondo il quale occorre procedere dal «connu à l'inconnu») in un vero e proprio metodo di riforma della conoscenza e del linguaggio. Sull'argomento cfr., MARCO BERETTA, *The Enlightenment of Matter: the Definition of Chemistry from Agricola to Lavoisier*, Canton, Science History Publications, 1993; MAURICE CROSLAND, *Historical Studies in the Language of Chemistry*, London, Heinemann, 1962.

[18] Si veda, in relazione alla chimica francese, M. BERETTA, *A New Course in Chemistry. Lavoisier's First Chemical Paper*, Firenze, Olschki, 1994.

per gli studi di storia naturale. […] Soltanto dopo la rivoluzione lavoisieriana, lo scienziato reggiano trovò "nuovi elementi" per affrontare la questione».[19]

Se per Bonnet l'organizzazione materiale si manifestava nel suo aspetto di complicazione progressiva,[20] Antoine-Laurent Lavoisier (1743-1794) preferì definirla dal punto di vista fisico-chimico come una naturale composizione rispondente a precise ed identificabili leggi.

Se Bonnet aveva criticato il ricorso needhamiano alle forze ideali, il suo stesso naturalismo non aveva comunque sortito soluzioni ottimistiche sulla natura e sul meccanismo dell'organizzazione.

Per questo Spallanzani aveva sollevato qualche perplessità e, guidato da un'intuizione analitica chiarissima, non esitò successivamente a riconoscersi nella nuova teoria antiflogistica di una materia che cambia[21] per continue composizioni/scomposizioni naturali: «Spallanzani aveva ormai dimestichezza con i "chimici strumenti", quando nel 1795 intuì che era tempo di accingersi allo studio della *respirazione*. Preferì, fra i vari tipi, l'*eudiometro* del Giobert, col quale ottiene con precisione la quantità del gaz ossigeno, del gaz azotico, del gaz acido carbonico dell'atmosfera».[22]

Nei vent'anni successivi alla pubblicazione degli *Opuscoli*, Spallanzani non venne mai meno al suo originale progetto di ricerca naturalistica: fatti propri i procedimenti metodologici lavoisieriani ebbe modo di sortire da ogni imbarazzo filosofico grazie ad una rinnovata indagine sperimentale garante di risultati confrontabili. In tal modo l'ipotesi originaria di un'unità di leggi regolanti tutto il mondo vivente fu testata quantitativamente e gli studi d'economia animale conobbero un nuovo corso nel quale la materia organica era analizzata indipendentemente dallo stato di vita o morte per ciò che la legava al resto dell'universo fisico. Com'è noto, i risultati di questa intensissima stagione di ricerche chimico-fisiologiche furono pubblicati postumi nel 1803 da Jean Senebier (1742-1809) che organizzò l'opera su alcuni manoscritti spallanzaniani e la intitolò *Mémoires sur la respiration*. Gli esperimenti furono condotti con l'eudiometro lievemente modificato[23] del chimico pie-

[19] MARCO CIARDI, *Dialoghi fra filosofi naturali. Spallanzani, L'Accademia delle scienze di Torino e la scienza sabauda*, in PAOLA MANZINI, WALTER BERNARDI (a cura di), *Il cerchio della vita*, cit., pp. 209-10.

[20] «Quanto più il Vegetabile s'innalza nella scala dell'*Organizzazione*, tanto più la sua *vita* è complicata». BONNET, in SPALLANZANI, *Opuscoli* cit., vol. 1, p. 256.

[21] Vedi il mio saggio, *A.-L. Lavoisier and P.S. Laplace (1783). A New Course in Physics,* comunicazione letta in occasione del convegno a cura di MARCO BERETTA, *Lavoisier in Perspective*, International Symposium-100 Jahre Deutsches Museum (12-13 settembre 2003) i cui atti sono in corso di stampa.

[22] PAOLA MANZINI, *Il manoscritto ritrovato*, in MANZINI, BERNARDI (a cura di), *Il cerchio* cit., p. 61.

[23] Vedi in particolare, FABRIZIA CAPUANO, PAOLA MANZINI (a cura di), *La Mal'aria di Lazzaro. Spallanzani e la respirabilità dell'aria nel Settecento*, Firenze, Olschki, 1996.

montese Giovanni Antonio Giobert (1761-1834), «per aver trovato questo strumento, quanto comodo e favorevole ai miei bisogni, altrettanto per esperimenti di confronto».[24]

Grazie a questi confronti sperimentali, Spallanzani dimostra l'inesistenza di una forza vegetante responsabile della vita e conferma la teoria lavoisieriana secondo cui l'organizzazione dei viventi poteva essere analizzata nel suo essere una sostanza composta:[25]

> …le gaz acide carbonique qui se manifeste dans la respiration et dans ces expériences sur les limaçons, semble plûtot un produit de l'acide carbonique préexistant dans la masse des humeurs animales, suivant l'opinion de Lavoisier, que je confirmerai par des preuves nouvelles.[26]

Per arrivare a queste importanti conclusioni Spallanzani escogita un numero impressionante di esperimenti mai pensati prima di allora e centrati perlopiù sulle relazioni fra vitalità e ambiente circostante. L'evoluzione di questa incredibile stagione sperimentale è ripercorribile soltanto attraverso una lettura diretta dei manoscritti: veniamo così a conoscenza che dal 1795 al 1797 lo scandianese intraprese una fruttuosa serie di esperienze sulle arie (confluite nel *Chimico esame* del 1796) le quali si svilupparono in esperienze chimico-fisiologiche (confluite nelle memorie del 1803). Una volta collocatosi fra «i più avanzati ricercatori italiani della scienza chimica»[27] Spallanzani estende quel metodo «esatto e sicuro» all'analisi delle funzioni organiche dimodoché risulta evidente considerare queste ricerche fisiologiche come dipendenti da quelle chimiche:

> Pavia 14 Febbraio 1796. […] Ieri in due eudiometri misi l'aria in cui morto era il ghiro, ed in altri due quella in cui era morta la natatrice. […] Ecco adunque a notarne i risultati.[28]

Il metodo quantitativo della nuova chimica francese è applicato per via eudiometrica allo studio dell'economia animale concretizzando le idee spallanzaniane in un nuovo naturalismo analitico-sperimentale nel quale il vivente è compreso nei suoi aspetti fisico-chimici.

[24] SPALLANZANI, *Studi sulla respirazione*, Mss. Regg. B 152 8v-9r, Biblioteca Municipale «A. Panizzi», Reggio Emilia. Vedi MANZINI, *Catalogo dei manoscritti di Lazzaro Spallanzani*, Reggio Emilia, Tecnostampa, 1981.

[25] Vedi BERNARDINO FANTINI, *L'organismo come laboratorio chimico: la chimica organica e i sistemi medici all'inizio dell'Ottocento*, «Medicina nei Secoli», VI, 1994, pp. 543-80.

[26] SPALLANZANI, *Mémoires sur la respiration par Lazare Spallanzani traduits en français d'après son manuscrit inédit, par Jean Senebier*, Gèneve, Paschoud, 1803, pp. 216-17. Vedi anche CARLO CASTELLANI (a cura di), *I giornali delle sperienze e osservazioni di Lazzaro Spallanzani*, Firenze, Giunti, 1994, 2 voll.

[27] FABRIZIA CAPUANO, *Le esperienze del «Ristretto»*, in CAPUANO, MANZINI, *La «Mal'aria»* cit., p. 73.

[28] SPALLANZANI, *Giornale di esperienze sulle arie e minute di lettere*, Mss. Regg. B 43 32r (63), Biblioteca Municipale «A. Panizzi», Reggio Emilia.

Se negli *Opuscoli* del 1776 l'organismo è un tutto irritabile il cui principio vitale risulta dall'armonia fra parti solide e liquide, nelle ultime ricerche è chiaro il passaggio alla concezione lavoisieriana secondo cui il corpo vivente è un'unità analizzabile nel suo essere sistema animale in continua trasformazione. Contrariamente alla tesi di Duchesneau[29] mirante a svilire il rapporto di dipendenza informativa Lavoisier/Spallanzani, l'eredità francese è chiara nell'adozione di un nuovo metodo sperimentale grazie al quale in Storia naturale si passò dalle molte immagini del corpo-macchina al moderno concetto di sistema naturale aperto agli scambi di calore e materia coll'ambiente esterno. L'unica critica che Spallanzani muove ai colleghi francesi è quella d'aver esteso il loro modello senza averlo prima verificato lungo la scala della differenziazione animale. Da buon naturalista,[30] Spallanzani intese colmare quella deficienza sperimentando le regolarità della materia organica in tutte le sfumature della «catena animale». Su queste idee nascono le numerosissime e ultime ricerche che confermarono la teoria lavoisieriana come regola generale di tutto il mondo vivente: la materia organica integra o mutilata, viva o morta ha la proprietà di un qualsiasi corpo combustibile e presenta affinità coll'ossigeno.

Alla fine del Settecento, grazie a risultati comparabili, si arrivò alla certezza che la materia (organica ed inorganica) è dotata di una forza assorbente-trasformatrice di natura chimica,[31] non fantastica. Nelle *Nouvelles Littéraires* del *Journal de Physique* per l'anno 1803, l'antilavoisieriano Jean-Claude Delamétherie (1743-1817) definì ben fatte quelle esperienze italiane sulla respirazione dal momento che «tout ce qui sort de la plume de Spallanzani, est fait pour intéresser les savans». Le esperienze spallanzaniane avevano davvero compiuto l'impossibile nel riunire in accordo le parti (flogistica e antiflogistica) che per oltre un ventennio si erano combattute ferocemente.[32] I risultati dell'italiano entrano così a pieno titolo come dati di scienza acquisita nelle pagine della prestigiosa rivista parigina[33] ufficializzando una

[29] FRANÇOIS DUCHESNEAU, *Spallanzani et la physiologie de la respiration: révision critique,* in GIUSEPPE MONTALENTI, PAOLO ROSSI (a cura di), *Lazzaro Spallanzani e la biologia del Settecento. Teorie, esperimenti, istituzioni scientifiche*, Firenze, Olschki, 1982, pp. 45-66.

[30] FERDINANDO ABBRI, *Per una biografia di Spallanzani,* in MANZINI, BERNARDI (a cura di), *Il cerchio* cit., pp. 69-73.

[31] «Il résulte de là que cette force chimique d'absorber l'oxygène de l'atmosphère appartient à ces animaux à sang chaud, quand ils sont morts, et que c'est la même force qu'ils déploient, lorsqu'ils sont vivans, qui se prolonge encore en eux dans la décomposition de leur corps». SPALLANZANI, *Lettre de Spallanzani au citoyen Senebier relative à la respiration*, «Journal de Physique», t. LVII, 1803, pp. 204-217:211.

[32] Si vedano gli studi di Ferdinando Abbri, in particolare, *Le terre, l'acqua, le arie: la rivoluzione chimica del Settecento*, Bologna, Il Mulino, 1984. Cfr. anche la mia tesi di dottorato, *Dal soffio vitale all'ossigeno. Contributi della chimica antiflogistica all'indagine sul vivente fra Sette e Ottocento*, Università di Firenze, 2001.

[33] «Spallanzani avoit fait, sur la respiration, des expériences intéressantes qui ont été imprimées après sa mort, et dont nous avons donné un extrait. 1° il plaça des vers de terre dans des masses d'air connus, il essaya ensuite cet air avec l'eudiomètre de Giobert à phosphore, il

nuova riflessione sul vivente basata su una concezione *trasformazionale* e non più *trasmutazionale* della materia: alle arie, al fuoco, all'acqua e alla terra creduti reali nella tradizione dell'*histoire naturelle*, la rivoluzione metodologica lavoisieriana aveva comportato il passaggio ad altre immagini quali quelle suggerite dal calore e da una materia scissa in sostanze semplici o composte.

La nuova immagine del vivente troverà di lì a poco la sua collocazione definitiva nella sintesi lamarckiana di una nuova scienza biologica,[34] una nuova disciplina comune a tutti i corpi organizzati.

> On ne sauroit donc douter maintenat que dans tout concours de circonstances favorables, des portions de matières inorganiques appropriées, ne puissent par l'influence des agens de la nature, dont la chaleur et l'humidité sont les principaux, recevoir dans leurs parties cette disposition qui ébauche l'organisation, délà conséquemment passer à l'état organique le plus simple, et dès-lors jouir des premiers mouvemens de la vie.[35]

Sin dalle *Recherches* del 1802 Lamarck sostiene che il fenomeno vitale, lungi dall'esser giustificato metafisicamente, è invero un fenomeno naturale che trae la sua origine da una materia sufficientemente riscaldata e inumidita, vale a dire da un processo fisico-chimico ridefinito nei termini della nuova teoria combustiva.

È mia ipotesi che Lamarck, lungi dall'aver elaborato un percorso isolato,[36] mutuò dalla nuova dottrina quelle informazioni scientifiche che, trascritte in un linguaggio naturalistico, servirono alla realizzazione del suo generale e originale progetto di riforma della storia naturale. Senza nulla togliere al genio lamarckiano capace di intuizioni ben aldilà del suo tempo, è mia personale ipotesi che la biologia si costituì principalmente su due diversi ordini di informazioni: 1) quelle sulle regolarità dell'organizzazione materiale comprese dall'analisi chimica e 2) le riflessioni sulla natura organizzata che procede inesorabilmente in complicazioni degradative secondo i principi della logico-fisica lamarckiana.

Il paradosso che vede Lamarck un antilavoisieriano convinto e, insieme, fonda-

trouva que tout l'oxygène avoit été absorbé; mais ce qu'il y eut de surprenant, c'est que les animaux qui n'avoient point d'organes pour la respiration, absorboient l'oxygène comme les autres: d'où il conclut que cette absorption se faisoit par la surface de la peau». JEAN-CLAUDE DELAMÉTHERIE, *Discours préliminaire,* in «Journal de Physique», t. LVIII, 1804, pp. 5-104:39.

[34] «Ainsi toutes ces considérations partagent naturellement la physique terrestre en trois parties essentielles, dont la première doit comprendre la théorie de l'atmosphère, la Météreologie; la seconde, celle de la croûte externe du globe, l'Hydrogéologie; la troisième, enfin, celle des corps vivans, la Biologie». JEAN BAPTISTE DE LAMARCK, *Hydrogéologie*, Paris, Agasse, chez l'Auteur, 1801-02, p. 8.

[35] JEAN BAPTISTE DE LAMARCK, *Recherches sur l'organisation des corps vivans*, Paris, Maillard, 1802, p. 104.

[36] Vedi a questo proposito l'opera di PIETRO CORSI, *The Age of Lamarck. Evolutionary Theories in France 1790-1830*, Berkeley, University of California Press, 1988 e sempre curato da Corsi il sito su Lamarck, http://www.lamarck.net

tore d'una disciplina che attingeva i risultati dalla nuova scienza chimica, si scioglie probabilmente nell'ipotesi secondo la quale il naturalista, pur rimanendo sinceramente convinto che il modo osservativo fosse il migliore, sapesse che il sistema imposto da Lavoisier[37] aveva permesso risultati eccezionali, non raggiungibili altrimenti:

> Un savant célébre (Lavoisier, Chimie, T 1°, p. 202) a dit avec raison que Dieu, en apportant la lumière, avoit répandu sur la terre le principe de l'organisation, du sentiment et de la pensée.[38]

Riassunto – Questo saggio analizza l'opera del naturalista scandianese confermando la portata innovativa del suo progetto a livello filosofico e sperimentale: ciò risulta particolarmente chiaro nell'indagine sul vivente dove l'ipotesi tradizionale di una capacità 'metamorfica' della materia (nel passaggio dall'inorganico all'organico) viene rifiutata a favore della teoria lavoisieriana sulla trasformazione materiale secondo precise ed identificabili leggi fisico-chimiche. Perfettamente in linea con la nuova chimica francese, Spallanzani considerò la respirazione come un processo combustivo di composizione/scomposizione materiale e il corpo vivente come un sistema fisico-chimico analizzabile nella sua unità capace di cambiamento: la materia organica trovava così la sua specialità organizzativa anche a motivo di questa abilità «assorbente» ossigeno; un movimento, quello tra la vita e la morte, che si spiegava senza più far ricorso a principi extra-naturali.

[37] Sempre nelle *Recherches* del 1802 Lamarck definì la teoria lavoisieriana come un'eccezionale trovata immaginativa: «s'il n'est pas vrai, c'est du moins fort bien imaginé», LAMARCK, *Recherches* cit., pp. 267-68.

[38] *Ivi*, p. 102.

VIRGILIO GIORMANI*

Anton Maria Lorgna e la disinfezione delle stalle durante la peste bovina del 1783-84**

Anton Maria Lorgna and the disinfection of cow-sheds during the cattle plague of 1783-84

Summary – In the summer of the 1783, the cattle plague hit some provinces of Venetia. It persisted until March, 1784 and caused the loss of about a thousand and five hundred cattle. When the cattle plague reached Verona, Anton Maria Lorgna suggested to the Health authority a project for the disinfection of the infected cow-sheds. He propose to make quick-lime react with water in the cow-sheds: in this way, a thick, visible cloud develops. This cloud, according to Lorgna, reacts with the foul air, pulls up the acid miasma from the air with which it could have been combined and neutralizes the acid miasma.

Per rifornire di carne bovina Venezia, che consuma più di trecento buoi alla settimana,[1] arrivano regolarmente via mare al Lido di Venezia i buoi della Dalmazia, imbarcati a Zara. Nel luglio del 1783, dieci di questi buoi del Lido sono venduti dall'appaltatore delle carni a un macellaio di Cavarzere. «Sbarcati a Brondolo ed incaminati lungo la riva del Gorzone», vengono spaventati «dall'improviso assalto di un cane» e così «si dispergono in varie parti», tra il Clodiense e il Cavarzerano.

* Venezia.

** Relazione presentata al X Convegno Nazionale di «Storia e Fondamenti della Chimica» (Pavia, 22-25 ottobre 2003).

[1] Archivio di stato di Venezia (ASV), *Senato Terra*, filza 2788: 6 settembre 1783, in Pregadi (e carte annesse, tra le quali la scrittura al Senato dei Provveditori ed Aggiunto alle beccarie, del 5 settembre 1783). Da una statistica del 1774, sui dati degli ultimi tredici anni, risultano arrivati ogni anno, in media, per la via di mare, 7.096 buoi e 26.912 castrati. Gli arrivi via mare aumentano nel tempo fino al 1787, allorché sbarcheranno al Lido, tra la pasqua del 1786 e quella del 1787, ben 13.880 buoi e 34.436 castrati; cfr. V. GIORMANI, *Giovanni Arduino, la questione del salnitro e il progetto di una nitriera artificiale al Lido di Venezia*, in ETTORE CURI (a cura di), *Scienza Tecnica e 'Pubblico Bene' nell'opera di Giovanni Arduino (1714-1775). Atti del Convegno tenuto a Verona il 9-10 febbraio 1996,* Verona, Accademia di agricoltura scienze e lettere di Verona, 1999, pp. 88-89.

Si verificano delle morti per malattia, tra questi buoi e tra il resto della partita rimasta al Lido. Quest'ultima viene venduta a macellai del Padovano e del Feltrino, ma gli animali si ammalano per strada e non potendo più camminare, vengono caricati su carri: così, si ammalano anche i buoi usati per il trasporto.[2]

Questa malattia (una «dissenteria maligna e contagiosa», causata da «soverchia copia di bile acre»), viene attribuita alla «scarsezza dei foraggi»[3] per «l'antecedente siccità»: i contadini, durante l'inverno 1782-83, sono stati costretti – in mancanza di fieno – a dare agli animali foglie di alberi, specialmente di noci. A questo inverno, succede una primavera umida e nebbiosa, che produce erbe succulente e «morbide oltre modo»,[4] sulle quali si avventano gli affamati animali, riprendendo «in pochissimo tempo» il loro peso. «Questo passaggio immediato da cibi cattivi ad alimenti buoni e succulenti», si ritiene possa aver «facilmente» portato ad «una depravazione degli umori e quindi un'alterazione acrimoniosa, la quale può esser atta a fermentare la corrente maligna dissenterica infezione».[5]

Questa è l'opinione di Giuseppe Orus, che, a 22 anni, è stato il fondatore a Padova nel 1773, del secondo Collegio di Veterinaria in Italia, dopo quello di Torino, del 1769. Il Collegio è sotto l'egida della magistratura dei Deputati all'Agricoltura: gli alunni seguono un corso quadriennale e, oltre le lezioni di veterinaria dell'Orus, frequentano anche quelle di anatomia, medicina teorica, botanica e chimica, impartite all'università.

Alla conclusione del primo quadriennio, il Collegio di Veterinaria, viene «congiunto alle altre arti dell'Università», passando così dalla magistratura dei Deputati all'Agricoltura a quella dei Riformatori allo Studio di Padova.[6]

[2] ASV, *Sanità*, busta 715: relazione di Zan Giacomo Zambelli, provveditor straordinario alla Sanità in Terraferma, alla Sanità, Venezia, marzo 1784 (senza indicazione del giorno).

[3] ASV, *Senato, Provveditori di terra e di mar (Senato, P.T.M.)*, b. 713: 1783, 4 settembre, in Pregadi (e carte annesse, tra le quali la lettera alla Sanità di Venezia, del pubblico professore di veterinaria, Giuseppe Orus, Padova, 28 agosto 1783).

[4] Giuseppe Gennari, *Notizie giornaliere di quanto avvenne specialmente in Padova dall'anno 1739 all'anno 1800*, introduzione, note ed appunti di Loredana Olivato, Cittadella (PD), Rebellato, 1982, I, p. 307 (alla data settembre 1783).

[5] ASV, *Senato P.T.M.*, b. 713: Orus alla Sanità di Venezia, Padova, 28 agosto 1783.

[6] Decreto del Senato, 1° maggio 1779; cfr. Alba Veggetti, *La Scuola di Veterinaria*, in *Istituzioni culturali, scienza, insegnamenti nel Veneto dall'età delle riforme alla restaurazione (1761-1818)*, *Atti del Convegno di Studi, Padova 28-29 maggio 1998*, a cura di Luciana Sitran Rea, Trieste, Lint, 2000, p. 184 (Contributi alla storia dell'Università di Padova, 32); Piero Del Negro, *Giovanni Arduino e i Deputati all'agricoltura*, in E. Curi (a cura di), *Scienza Tecnica e 'Pubblico Bene' nell'opera di Giovanni Arduino* cit., pp. 179-180, 186. Sull'Orus (Parma, 26 febbraio 1751, Padova, 27 settembre 1792), Alba Veggetti e Bruno Cozzi, *La Scuola di medicina veterinaria dell'Università di Padova*, Trieste, Lint, 1996 (Contributi alla storia dell'Università di Padova, 29); E. Curi, *Due veronesi alla scuola di Orus*, «Studi storici Luigi Simeoni», vol. XLIV, Verona, Istituto per gli studi storici veronesi, 1994, pp. 23-36; Emilio Pastore, *Origine, vicende ed attualità della Scuola di veterinaria padovana*, in Pier Giovanni Zanetti (a cura di), *L'agricoltura veneta dalla tradizione alla spe-*

Nell'estate del 1783, l'Orus viene mandato a studiare la malattia insorta tra i bovini: in settembre egli «positivamente assicura che questa infezione abbia ad estinguersi nel breve giro di quindici giorni, mercè l'uso de' remedj suggeriti dalla di lui esperienza».[7] Raccomanda inoltre la separazione degli animali sani da quelli malati e la disinfezione delle stalle con «profumi fatti con l'aceto sopra una pietra infocata, a cui si può aggiungere qualche poco di zolfo».[8]

Di parere contrario è il Lorgna: i «profumi», i «suffumigi» praticati nelle stalle infette, non fanno altro che introdurre «una nuova sostanza aeriforme nell'ambiente, che rende tollerabile la respirazione e non ingrata la sensazione all'odorato». Non servono però ad «estinguere radicalmente quella sostanza, che che ella sia, aeriforme, morbifera, che s'attacca alle soffitte, a' legni, alle suppelletili, ed ad altre parte de' luoghi, ove è vissuto e morto l'animale».

Per questo bisogna usare la calce viva, che «è la sostanza alcalina, più adattata per assorbire l'acido mefitico, per precipitarlo, e per attenuare ogni sorta di materie viscose». Al proposito, cita le esperienze che sono state fatte a Parigi nel 1778, ove, per consentire agli addetti lo svuotamento di fosse sotterranee, si è provveduto a spargere calce «sulle materie fetenti sepolte». Così, «sull'istante», l'aria di quelle «fosse sotterranee […] da pestilenziale e mortifera […] diveniva pura, e respirabile».[9]

Ricorda anche il suo lavoro «intorno a' nitri», che ha inviato nel 1780 all'Accademia delle Scienze di Parigi e che – con grave suo disappunto – ha ottenuto soltanto un secondo premio, a pari merito, l'11 novembre 1782.[10]

In questo lavoro, vi è un esperimento, nel quale, dopo aver ricoperto di calce viva «le carni di diversi animali», le lascia in vasi aperti, per il tempo di 18 mesi. Di tanto in tanto le esamina e non osserva «odore alcuno fetente». Le carni si riducono di volume, si seccano, acquistano un aspetto legnoso: non hanno «né sapore,

rimentazione attraverso le scuole e le istituzioni agrarie padovane, Cluep, 1996, pp. 247-286; V. GIORMANI e A. VEGGETTI, *La travagliata riforma del corso di medicina veterinaria nell'Università di Padova (1779-1787)*, «Annali di storia delle università italiane», VII, 2003, pp. 307-324.

[7] ASV, *Senato P.T.M.*, b. 713: 1783, 4 settembre, in Pregadi (e carte annesse, tra le quali la scrittura della Sanità al Senato, del 3 settembre precedente).

[8] *Ivi*, Orus alla Sanità di Venezia, Padova, 28 agosto 1783.

[9] *Ivi*, *Sanità*, b. 715: relazione Zambelli alla Sanità, Venezia, marzo 1784 [e carte annesse, tra le quali la «Dissertazione» inviata da Anton Maria Lorgna allo Zambelli (a Verona), con la data di Verona, 6 febbraio 1784]. Il Lorgna cita le esperienze parigine di Laborie, Cadet e Parmentier «nel Tomo III de' Supplementi del Giornale di Rozier». I 10 volumi del «Journal de Physique» dell'abate Rozier compaiono nel Catalogo-Inventario della biblioteca del Lorgna, redatto nei giorni successivi alla sua morte (Verona, 28 giugno 1796); cfr. FRANCO PIVA, *Anton Maria Lorgna europeo*, in *Anton Maria Lorgna nel 250° anniversario della nascita. Atti del Convegno* (Verona, Palazzo Erbisti, 28 settembre 1985), Verona, Accademia di agricoltura scienze e lettere di Verona, s.d. (ma 1986), pp. 29-32.

[10] ASV, *Sanità*, b. 715: Lorgna allo Zambelli, Verona, 6 febbraio 1784. Sul concorso si veda F. PIVA, *Anton Maria Lorgna e la Francia*, Verona, Accademia di agricoltura scienze e lettere di Verona, 1985, pp. 37-61.

né odore»: non avviene quindi «la fermentazione necessaria per incamminarsi alla putrefazione completa».[11] Così, «la calce assorbe, non solamente, ma si combina, si sazia, e si neutralizza […] colle emanazioni mefitiche. Quindi apparisce ottimo consiglio esser quello tenuto da' tempi remotissimi di sepelire nella calce i cadaveri infetti». Nei lazzaretti – ove si praticano gli espurghi delle «suppellettili, vestiti e tanti utensilj», lavandoli «con acqua semplice» – sarà un «più efficace metodo, introdurre i lavacri, con acqua passata per la calce».

Per «purgar poi l'aria de' luoghi infetti», per «strappare» il miasma dall'aria «con cui fosse combinato e ricercarlo nelle intime porosità de' corpi, ove fosse appiattato», basterà trattare la calce viva con dell'acqua: si otterrà così «una nube carica della parte più fine e volatile della calce medesima, densa, visibile, diseccante e la più anti-mefitica che possa immaginarsi». Bisogna che la reazione avvenga «a porte e finestre chiuse, e lasciando per lunga pezza operare il profumo calcareo volatilissimo […] che s'impadronirà d'ogni mefitismo e vagante, e aderente, e si combinerà con lui». «Aprendo poi, e dando aria, e uscita al vapore, potrà allora volendo col suffumigio odoroso compiersi l'opera, ed aver certezza di vero espurgo».

«Al profumo di calce viva da estinguersi sul fatto, possono esporsi carte, utensili, e tutto ciò che vuolsi purgare da sospetti di miasma aderente. Questo è pure metodo utile per gli Ospitali, per le Infermerie, pe' luoghi tutti soggetti a riempirsi di mefitismo, a' quali può in momenti con questo, che diremo col vocabolo oggi usitato, gas della calce viva, ridonarsi l'aria respirabile perfettamente, e defecata».

A questo punto il Lorgna riporta due esperimenti in proposito. L'infermeria del Collegio militare di Verona da lui diretto era «infettata da cinque mesi […] per lunga e sospetta malattia di petto» di un subalterno. Nonostante i suffumigi e la ventilazione, l'atmosfera rimaneva «molesta e soffocante la respirazione». Bastò riempirla «col gas della calce viva» e chiudere porte e finestre per un giorno ed una notte: «la calce stessa servì poi ad imbiancare le pareti» dell'infermeria.

Nel secondo esperimento, fece bruciare «de' carboni forti […], ten*endo* chiusi tutti i fori […] in una piccola stanza. Divenne ella sì pestilenziale, che in un'istante bisognava uscire per capogiro e vertigine e prurito al vomito». Venne allora fatto il trattamento col «fumo, o gas di calce […] e un'ora dopo – continua il Lorgna – potei io stesso entrarvi, e trattenermivi senza che fossero aperte le finestre».[12]

[11] ASV, *Sanità*, b. 715: Lorgna allo Zambelli, Verona, 6 febbraio 1784. Anche nel lavoro del Lorgna sulla formazione e moltiplicazione dei nitri, egli «sconsiglia l'uso della calce, che nuoce più che servire alla putrefazione […]: si potrà usarla solo verso la fine del processo di nitrificazione o almeno, dopo che la putrefazione è avvenuta»; cfr. Remo Borghi, *Gli interessi per la chimica di Anton Maria Lorgna*, in *Anton Maria Lorgna*, p. 166; A.M. Lorgna, *Recherches sur la formation et la multiplication des nitres*, «Mémoires de Marhématique et de Physique présentés à l'Académie Royale des Sciences, et lus dans ses Assemblées». T. XI Contenant le Recueil des Mémoires sur la Formation et la Fabrication du Salpêtre. Paris, Moutard […], 1786, pp. 167-267.

[12] ASV, *Sanità*, b. 715: Lorgna allo Zambelli, Verona, 6 febbraio 1784. Nel 1783, vengono effettuate «in un campielo aperto vicino al Canal Grande» delle prove di combustione del carbon

Il Lorgna, che dà questi suggerimenti all'autorità sanitaria, il 6 febbraio 1784, ha visto arrivare l'epidemia nell'autunno precedente e infierire nella destra Adige. In tutto il territorio veronese vi sono all'incirca 52.000 bovini: la malattia colpisce «più di 50 stalle, con morti in un mese di più di cento, e settanta bovini».[13] Quando, nel marzo del 1784, il morbo si attenua, nel Veronese si redige il bilancio complessivo: attaccati 340 animali, dei quali solo 26 sono sopravvissuti.[14]

Noi ora sappiamo che, prima della scoperta di un vaccino specifico nel 1932, solo le misure profilattiche raccomandate dal Lancisi nel 1715 per la peste bovina, si dimostravano efficaci: isolamento dei capi malati o abbattimento, ma con precise norme. L'abbattimento doveva avvenire senza spargere sangue e l'animale abbattuto doveva essere seppellito in fosse profonde e cosparso di calce viva.[15]

Pertanto, sono lodevoli, anche se inutili gli sforzi dell'Orus per trovare un farmaco specifico: un cronista padovano osserva – il 31 ottobre 1783 – che «l'epidemia va a poco a poco estinguendosi, quantunque la massima parte degli animali sia morto e nessuno sia guarito di quelli che medicò il signor Orus professore di veterinaria».[16]

Se a Verona si piange, con una mortalità del 92%, a Padova non si ride, con

fossile di Arzignano, sia come proviene dalla miniera, sia dopo un riscaldamento controllato in recipiente chiuso. In questa operazione eseguita da due farmacisti alla presenza di quattro medici, si osserva che il fumo proveniente dal fossile di Arzignano come viene dalla miniera, offende «la testa, la gola e il petto». Di parere contrario è il professore di chimica Marco Carburi, secondo il quale «l'uso di esso carbone […] abbruciato come egli sorte dalla miniera», non può «riuscire insalubre alla popolazione» ed è usabile per il riscaldamento e per la cucina delle case. *Ivi*, b. 591: relazione del Carburi al capitano e vice-podestà di Padova [Alvise Mocenigo], Padova, 5 ottobre 1782, in risposta alla commissione della Sanità del 27 settembre, comunicatagli il 2 ottobre. V. GIORMANI, *Il carbon fossile a Venezia nel '700*, in F. ABBRI e M. CIARDI (a cura di), *Atti dell'VIII Convegno nazionale di storia e fondamenti della chimica* (Arezzo, 28-30 ottobre 1999), Roma, Accademia Nazionale delle Scienze detta dei XL, 1999, p. 80. Vale la pena di riportare l'osservazione del titolare di fisica sperimentale a Padova, Simone Stratico, che «è dannosa alla respirazione l'aria in cui si sia diffusa la polvere sottile che s'alza dalla calce allorché essa si estingue coll'acqua […] perché le particelle […] nuotanti [nell'aria] offendono direttamente la salute». Biblioteca Nazionale Marciana di Venezia, Ms. It. Cl. IV, 290 (= 5288), cc. 290r-334r. Il manoscritto, la cui stesura si aggira tra la fine del 1783 e gli inizi del 1784 (e quindi coevo alla scrittura del Lorgna), è stato pubblicato in S. STRATICO, *De' fluidi elastici permanenti. Storia di un manoscritto attribuito ad Alessandro Volta*, a cura di Marco Ciardi e Franco Giudice, Milano, Hoepli, 2001, pp. 15-102. Il passo citato è a p. 93.

[13] ASV, *Sanità*, b. 715: Zambelli al Senato, Padova, 3 marzo 1784.

[14] *Ivi,* Zambelli alla Sanità di Venezia, Venezia, marzo 1784.

[15] *Ibidem.* Cfr. ADRIANO MANTOVANI e RICCARDO ZANETTI, *Giovanni Maria Lancisi.* De bovilla peste *and Stamping out*, «Historia medicinae veterinariae», 18 (4), 1993, pp. 97-111; A. VEGGETTI, *Interventi terapeutici e misure preventive sul bestiame nel Settecento. Atti del III Convegno nazionale di storia della medicina veterinaria, Lastra a Signa (FI), 23-24 settembre 2000*, a cura di A. Veggetti, Brescia, Fondazione Iniziative Zooprofilattiche e Zootecniche, 2001, p. 71; JEAN BLANCOU, *Principes généraux de la transmission des agents pathogènes entre animaux et des animaux à l'homme, aux temps passés et de nos jours*, «Historia medicinae veterinariae», 27 (5-6), 2002, p. 370.

[16] G. GENNARI, *Notizie giornaliere*, I, p. 314, alla data.

una mortalità del 95%, sempre dei colpiti dal morbo. Si tratta delle percentuali più alte del Veneto, ove – dall'aprile 1783 al marzo 1784 – sono attaccati dalla peste 1613 buoi e ne muoiono 1460, ossia il 90,5%.[17]

Riassunto – Nell'estate del 1783, la peste bovina colpisce alcune provincie del Veneto. Essa dura fino al marzo 1784 e causa la perdita di circa millecinquecento buoi. Quando la malattia arriva a Verona, Anton Maria Lorgna espone all'autorità sanitaria un progetto per la disinfezione delle stalle infette, entro le quali fa reagire la calceviva con l'acqua: in tal modo si sviluppa una «nube densa, visibile». Questa nube, secondo Lorgna, reagisce con l'aria viziata, allontana il miasma acido dell'aria con la quale si fosse combinato e lo neutralizza.

[17] ASV, *Sanità*, b. 715: relazione Zambelli alla Sanità, Venezia, marzo 1784 [e carte annesse, tra le quali il «Piedilista Generale degli animali Bovini morti, o risanati dal Contagioso Morbo nelle infrascritte Provincie e Territorj della Terra Ferma, dal dì primo agosto (1783) sino a marzo 1784].

DAVIDE ARECCO*

Lavoisier e le macchine aerostatiche: un dibattito chimico tra Francia e Piemonte (1783-1815)**

Lavoisier and ballooning; a chemical debate between France and Piedmont (1783-1815)

Summary – The practice of aerostation was born in the Old Regime France, in the kingdom of Louis XVI, strictly related with the developments of chemistry in the age of the late Enlightenment. Lavoisier and other French scientists of the Académie Royale des Sciences of Paris all had deep interests in ballooning. After France, the first flights were performed with great enthusiasm in Piedmont, under the new king Vittorio Amedeo III.

1. *Il secolo dei Lumi e la conquista dell'aria*

Nell'ultimo scorcio del Settecento, una delle imprese tecnico-scientifiche di maggiore successo e risonanza si rivelò senz'altro la costruzione e l'ascensione dei globi aerostatici, iniziativa realizzata la prima volta dai fratelli Montgolfier e promossa da Lavoisier e dalla Académie des Sciences a partire dal 1783, l'anno stesso dei primi storici ed entusiasmanti voli. Il sogno antichissimo di mettere a punto mezzi che potessero permettere agli uomini di volare, risalente almeno al pitagorico Archita di Taranto, venne reso possibile nella Francia di antico regime dalle più recenti acquisizioni nel campo della chimica pneumatica, o «fisica delle arie», come allora la si chiamava in Italia. I fratelli Montgolfier, dopo avere osservato che l'idrogeno era più leggero dell'aria atmosferica, si convinsero di provare a sfruttarne le proprietà ascensionali al crescere della temperatura, iniziando sin dai tardi anni Settanta ad accumulare esperienze – più che esperimenti – con palloni di carta dalle piccole dimensioni, riempiti di «air inflammable». A seguito dello straordina-

* Università degli Studi di Genova.

** Relazione presentata al X Convegno Nazionale di «Storia e Fondamenti della Chimica» (Pavia, 22-25 ottobre 2003).

rio successo di pubblico delle prime prove, l'Académie parigina, con Lavoisier in prima fila, cominciò a interessarsi della cosa e si decise a finanziare ulteriori ricerche, anche attraverso l'istituzione di appositi laboratori per la produzione industriale di idrogeno in grandi quantitativi.[1]

Un matrimonio di empirismo e politica della scienza, un incontro di pratiche che prese avvio quando, il 4 giugno 1783, avvenne il primo lancio aerostatico, senza persone a bordo, nella piazza del mercato di Annonay. Nei mesi immediatamente successivi poi, scienziati e uomini di lettere, aristocratici e militari fecero letteralmente a gara per salire a bordo delle nuove macchine, la cui meraviglia ispirava a Condorcet le più commosse riflessioni circa un progresso inarrestabile delle tecniche e della società. Tra il 1783 e il 1784 furono centinaia le ascensioni aerostatiche realizzate in tutta Europa, segnando in tal modo l'avvio di una nuova era nella storia dell'aviazione.[2] Tra i moltissimi aerostati del 1785, il più notevole fu invece il *Comte d'Artois*, munito d'un sistema di eliche che facevano pensare nella struttura ad un mulino a vento. Esso venne progettato e costruito nell'officina di Parigi che produceva, tra le altre sostanze chimiche, l'idrogeno richiesto dagli accademici per le ascensioni.

2. *Priestley in Francia*

I Montgolfier non erano degli empirici puri. Michel aveva fatto studi di matematica, di meccanica e di fisica. Etienne, da parte sua, aveva studiato architettura con Soufflot, uno dei padri del classicismo settecentesco, esercitando anche la professione, prima di entrare con il fratello nella direzione della manifattura di carta di proprietà del padre Pierre, dove i due introdussero il nuovo metodo, così detto «all'olandese», per la produzione del *papier vélin*, ancora sconosciuto nella Francia del tempo.[3]

Ma, in particolare, Etienne ha anche letto e meditato, tra il 1776 ed il 1781, i primi due volumi degli *Experiments and observations on different kinds of Air* del chimico e teologo unitario Joseph Priestley, nella traduzione francese di Gibelin.[4]

[1] MARCO BERETTA, *Lavoisier, la rivoluzione chimica*, Milano, Le Scienze, «I grandi della scienza», n. 3, 1998, pp. 70-71.

[2] CHARLES C. GILLISPIE, *The Montgolfier Brothers and the Invention of Aviation*, Princeton, Princeton University Press, 1984.

[3] LEONARD N. ROSENBAND, *Hiring and Firing at the Montgolfier Paper Mill*, in *The Workplace before the Factory*, Ithaca, Cornell, 1994, pp. 225-240.

[4] JOSEPH PRIESTLEY, *Observations sur différentes espèces d'air traduites de l'anglais par Monsieur Gibelin*, Paris, Saillant et Nyon, 1775-1776. L'edizione napoletana del 1784, stampata dallo Stasi ed intitolata *Sperienze e osservazioni sopra diverse specie di aria*, presentava nel volume terzo un bel «saggio di nautica aerea». Si vedano HENRY GUERLAC, *Priestley first papers on gases*, «Journal of the history of medicine», XII, 1957, pp. 1-12; FERDINANDO ABBRI, *La chimica nel Settecento*, Torino, Loescher, 1978, pp. 83-87; MAURICE P. CROSLAND, *A practical perspective on Joseph Priestley as a pneumatic chemist*, «The British journal for the history of science», XVI, 1983, pp.

Una conoscenza sì mediata quella di quest'ultimo, indiretta, ma non certo da trascurare, una delle poche di cui siamo realmente certi. Caratteristica figura di *natural philosopher* di chiara ascendenza baconiana, particolarmente diffusa in Inghilterra, negli Stati Uniti e in Olanda nella seconda metà del XVIII secolo, Priestley fu tra l'altro un grande rivale e oppositore di Lavoisier.[5]

In dilettanti come Priestley e i Montgolfier e in un professionista come Lavoisier si rispecchiano quelli che Vincenzo Ferrone ha definito due universi culturali, istituzionali e politici assai distanti tra di loro, se non irriducibili l'uno all'altro. Il secondo appartiene per intero ad una società chiusa e corporativa, gerarchizzata e sorretta dalla logica dello stato assolutista, mentre il primo rispecchia il prevalere di una realtà civile assai più dinamica ed aperta, in cui il ruolo dello Stato è molto più circoscritto e limitato. Se l'identità politica e culturale dell'accademico francese era emersa tramite l'acquisizione del prestigioso rango dei *corps d'Etat*, il filosofo naturale britannico aveva invece alle spalle il mito repubblicano delle intelligenze tratteggiato nella *New Atlantis* e le newtoniane *Boyle Lectures*. La carriera di Priestley, come quella dei fratelli Montgolfier, è quella di un autodidatta piuttosto scettico verso l'idea di un sapere sempre più specialistico e professionalizzante, che rischiava solo di perdere di vista i più fecondi intrecci con la sfera politica e gli altri rami del sapere.[6]

Alla luce di queste considerazioni ferroniane, non appare più un caso che Priestley sia giunto solo tardivamente alle ricerche sui fenomeni elettrici e sulle arie, sino a formulare la moderna chimica dei gas che ispirò i due Montgolfier e che lo ha consegnato alla storia della scienza. I suoi primi scritti avevano infatti riguardato esposizioni e commenti del pensiero politico radicale, secondo gli orientamenti di una tradizione sociniana molto sentita, oggetto di riflessione nelle *Lettres anglaises* di Voltaire e comune anche al liberalismo di Blake e di Godwin, anzi perfettamente in linea con le idee sostenute dall'autore dell'*Enquirer* e della *Political Justice*.[7]

Una volta che decise di dedicarsi a tempo pieno all'attività scientifica, Priestley lo fece secondo il modello britannico del filosofo naturale, partecipando alle storiche sedute della Lunar Society di Birmingham, un'istituzione privata provinciale, cresciuta all'ombra di ben più famosi circoli culturali nell'Inghilterra dell'epoca, dove all'insegna di un'impostazione utilitarista e proto-industriale si ritrovavano a discutere galantuomini e ricercatori, uomini di scienza e pratici di genio, come Galton e Watt.

223-228; F. Abbri, *Origini e sviluppi della chimica*, in Evandro Agazzi (diretta da), *Storia delle scienze*, I, Roma, Città Nuova, 1984, pp. 357-361.

[5] Stephen E. Toulmin, *Esperimenti cruciali: Priestley e Lavoisier*, in Philip Paul Wiener, Aaron Noland (a cura di), *Le radici del pensiero scientifico*, Milano, Feltrinelli, 1971, pp. 498-517.

[6] Vincenzo Ferrone, *L'età dei Lumi*, in *Lo scienziato nell'età moderna*, Roma-Bari, Laterza, 1994, pp. 102-104.

[7] Calogero Farinella, *William Godwin e il suo* Journal *all'epoca della Rivoluzione Francese (1788-1793)*, «Miscelanea storica ligure», XV, 1985, p. 182, 189.

Nelle pagine di Priestley, i fratelli Mongolfier trovarono la felice conferma delle loro osservazioni. Fu leggendo Priestley che Etienne si convinse di potere sfruttare la proprietà che rende i gas più leggeri al crescere della loro temperatura al fine di sollevare in aria corpi pesanti e carichi utili. Artigiani superiori, secondo alcuni. Ma forse neanche, trattandosi di due industriali della carta, di due dei primi tecnici a farsi tecnologi, a convertire il singolo fatto tecnico entro un più vasto e generalizzato sistema economico di produzione in serie.

Appena arrivato il rapporto delle esperienze di volo dei due Montgolfier, l'Académie des Sciences s'impegno perché fossero fisici di formazione a mettere a punto, in un arco di tempo il più breve possibile, un modello di aerostato che avrebbe dovuto rappresentare una risposta «scientifica» al globo realizzato dai «meccanici», allora sinonimo di «empirici»,[8] rendendo evidente come il mondo degli accademici di formazione faticasse ad accettare che dei dilettanti dessero dei punti alla scienza ufficiale. Un fitto dialogo a più voci che vive nei maggiori carteggi di questi anni. Il 14 dicembre 1783, Priestley scrisse a Sir Joseph Banks, presidente della Royal Society di Londra, per ringraziarlo del suo «account of the air balloons which though at present they only amuse the idle, may in time answer some important purposes in philosophy, enabling us to explore the upper regions of the athmosphere».[9]

Accanto all'accademia francese, la Royal Society svolse anch'essa un ruolo di primo piano nel tradurre in parole e in termini rigorosamente scientifici quello che era il linguaggio della pratica aerea, esprimendo la sentita esigenza di riproducibilità modellistica dei fatti sperimentali quale sola garanzia di condivisibilità, formalizzando con ciò una consapevole rielaborazione dotta di questioni, quando non nate, comunque sviluppatesi in seno al mondo dell'empiria. Un vero e proprio trasferimento scientifico di conoscenze tecniche.

Nelle pagine del «Journal de Paris», il primo quotidiano francese, le testimonianze in merito all'aerostatica convivono con la circostanziata cronaca del dibattito scientifico nella capitale e delle più recenti migliorie tecniche, con il calendario dei lavori dell'Académie des Sciences e con i frequenti conflitti tra chimici che ne contraddistinsero l'esistenza. Anzi, proprio le mongolfiere stimolarono e accrebbero ulteriori discussioni. Tra i bagliori della dilagante cultura scientifica, che vedevano tra i protagonisti in prima fila intellettuali e dame dell'aristocrazia, re e regine di tutta Europa, conquistati dagli strabilianti fenomeni delle macchine elettriche o sofferenti per la terribile tragedia di Pilâtre de Rozier, lo sfortunato Icaro morto sul

[8] CHARLES C. GILLISPIE, *Scienza e potere in Francia alla fine dell'Ancien Régime* (1980), Bologna, Il Mulino, 1983; LEONARD N. ROSENBAND, *Jean-Baptiste Réveillon. A Man on the Make in Old Regime France*, «French Historical Studies», XX, 1997, pp. 481-510; LEONARD N. ROSENBAND, *Perils of petty production*, «Science in Context», XI, 1998, pp. 3-21.

[9] WILLIAM E.K. MIDDLETON, *The Invention of the Meteorological Instruments*, Baltimore, Hopkins, 1969, p. 288.

suo aerostato nel giugno 1785, durante un tentativo di attraversamento della Manica, si andava configurando un cambiamento assai profondo nei tradizionali quadri di riferimento culturale dell'Europa occidentale. Attraverso le continue scoperte chimiche e i voli in aerostato la cultura scientifica e tecnica era entrata ormai pienamente a far parte della formazione intellettuale delle moderne *élites* colte.[10]

3. *Lavoisier e le mongolfiere*

Tra l'estate e l'autunno del 1783, mentre Lavoisier e Laplace erano impegnati nello studio della combustione di idrogeno e ossigeno, le ascensioni dei primi palloni aerostatici richiamavano l'attenzione crescente del pubblico come degli scienziati. Come ha osservato Ferdinando Abbri, per avere solo un'idea dell'enorme eco avuta da questi lanci è sufficiente sfogliare i più importanti periodici francesi del tempo, su tutti l'«Année littéraire», dove si possono ritrovare riferimenti continui alle esperienze dei Montgolfier e dei loro epigoni.[11]

Il «Journal Encyclopédique» dedicò in ogni numero, tra il 1783 e il 1785, uno spazio sempre più vasto a lettere e notizie, comunicazioni di esperimenti e discorsi, recensioni ed elegie, rapporti e resoconti sulle macchine aerostatiche. Ai primi lanci dei due Montgolfier seguirono quelli del marchese d'Arlandes e di Pilâtre de Rozier, protagonisti dei primi voli umani in pallone. Si presentò tuttavia quasi subito un problema tecnico di difficile soluzione, vale a dire l'individuazione di un combustibile più efficace della semplice aria riscaldata.

Una prima proposta di soluzione venne da Jacques-Alexandre Charles, professore alla Sorbona e membro dell'Académie des Sciences, il quale fece gonfiare dai fratelli Robert dei palloni di «air inflammable», ossia idrogeno. Un matrimonio di scienza e tecnica, quello tra Charles e i Robert, che, con i lanci aerostatici e le ascensioni umane, impressionò molto i chimici e i fisici francesi, Lavoisier su tutti. Quest'ultimo, il 2 luglio 1783, venne nominato membro di una commissione per l'esame della macchina aerostatica dei fratelli Montgolfier, insieme tra gli altri con Le Roy, Monge e Desmarets.[12]

Il rapporto dettagliato messo a punto dalla commissione fu presentato all'accademia francese il 23 dicembre.[13] Appena tre mesi prima, il 7 settembre, se n'era

[10] V. Ferrone, *Scienza*, in *L'Illuminismo*, Roma-Bari, Laterza, 1997, pp. 333-341.

[11] F. Abbri, *Le terre, l'acqua, le arie. La rivoluzione chimica del Settecento*, Bologna, Il Mulino, 1984, pp. 297 e segg.

[12] Leonard N. Rosenband, *Nicolas Desmaret and the Transfer of Technology in Old Regime France*, in *The Modern Worlds of Business and Industry*, Princeton, Princeton University Press, 2000, pp. 104-120.

[13] Antoine-Laurent Lavoisier, *Oeuvres*, III, Paris, Imprimérie Impériale, 1862, pp. 710-739; James R. Partington, *Chemistry through Eighteeenth century*, in *Natural Philosophy through the XVIIIth century*, London, Mac Millan, 1972, pp. 47-66; Andrew Scott, *Il pallone aerostatico e la nascita della chimica moderna*, «Le Scienze», marzo 1984.

andato il vecchio Eulero, uno dei più grandi matematici di tutto il Settecento, il quale a San Pietroburgo aveva calcolato su una lavagna la legge matematica che governa l'ascensione delle mongolfiere. In seguito, l'Académie des Sciences creò un apposito comitato, nel quale, oltre a Lavoisier, era presente anche Jean-Baptiste-Marie Meusnier, per studiare a tavolino lo sviluppo dei globi costruiti ed utilizzati secondo il metodo Charles-Robert.[14]

La produzione, in grandi quantitativi, di aria infiammabile divenne così un problema tecnico essenziale e stimolò direttamente i celebri studi lavoisieriani sulla scomposizione dell'acqua. L'interesse di Lavoisier per la produzione di idrogeno è testimoniato da una sua lettera al Duca de la Rochefoucauld risalente al 25 settembre 1783, contenente dettagliate istruzioni circa il modo di produrre l'«air infiammable en grand», circa la sua conservazione e soprattutto circa il sistema da usarsi per riempirne gli involucri degli aerostati.[15]

Il 6 agosto 1783, il Vandermonde lesse ai soci dell'Académie una lettera sui risultati conseguiti da Monge e Mézière, indipendentemente da Lavoisier e Laplace, lavorando alla combustione dell'aria infiammabile e di quella deflogisticata in un apparecchio voltiano, lo stesso con il quale aveva operato in Inghilterra il fisico napoletano Tiberio Cavallo, studioso di elettricità e primo storico dell'aeronautica.[16]

Nel novembre di quello stesso anno, Lavoisier fece la sua prima relazione ufficiale in merito alle esperienze di sintesi dell'acqua effettuate nel precedente mese di giugno insieme a Laplace, annunciando che l'acqua è un composto di due gas, in altre parole un elemento costitutivo di due arie. L'annuncio della scoperta venne dato da vari giornali ed incontrò immediatamente una vasta risonanza. Se ne trova traccia nella lettera scritta a Lavoisier il 16 novembre 1783 da De Pio, allora segretario dell'ambasciata napoletana a Parigi.[17]

La memoria relativa a queste esperienze venne pubblicata nel 1784 nei «Mémoires de l'Académie des Sciences de Paris» per l'anno 1781, ma in essa si possono leggere diverse aggiunte frutto di ricerche più vicine nel tempo. Pertanto, il contenuto reale delle scoperte lavoisierane del 1783 si trova nell'*Extrait d'un Mémoire lu par Monsieur Lavoisier à la Séance pubblique de l'Académie des Sciences du 12 novembre sur la nature de l'eau*, edito nel numero di dicembre 1783 delle «Observations» dell'abate Rozier.[18]

[14] James E. McClellan, *The Académie Royale des Sciences*, «Isis», LXXII, 1981, pp. 541-567.

[15] Lavoisier, *Correspondance*, III, Paris, Michel, 1964, pp. 744-746.

[16] Tiberio Cavallo, *The History and Practice of Aerostation*, London, printed for the Author, 1785.

[17] Lavoisier, *Correspondance* cit., pp. 751-753.

[18] «Observations sur la physique», III, 1783, pp. 451-456. Si vedano in proposito Edward W. Neave, *The Chemistry in the Rozier's* Journal, «Annals of Science», VI, 1948, pp. 416-421; James E. McClellan, *The Scientific Press in Transition. The Rozier's* Journal *and the Scientific Societies in the 1770s*, «Annals of Science», XXXVI, 1979, pp. 36-79.

A proposito del dibattito seguito all'annuncio della scoperta lavoisieriana è importante ricordare anche il *paper* di Cavendish sull'acqua, reso noto alla Royal Society nella pubblica adunanza del 15 gennaio 1784 e pubblicato sulle «Philosophical Transactions» nel 1784 con il titolo di *Experiments on Air*.[19] Nella sua memoria il chimico inglese rammentava anche le coeve esperienze di Watt, autore di alcuni *Thoughts on the constituent Parts of Water and of Dephlogisticated Air*, un seguito dei quali venne letto ai soci dell'accademia londinese il 6 maggio 1784.[20]

La memoria di Cavendish era destinata a sollevare infinite discussioni in Francia, dove l'opposizione di Lavoisier all'interpretazione avanzata dallo scienziato inglese fu totale. Il *paper* si poneva infatti sulla scia delle indicazioni di Priestley e di Volta, trovando il proprio referente teorico primario nella teoria di Kirwan sull'aria fissa come prodotto di ogni tipo di flogisticazione. Il punto di partenza delle esperienze di Cavendish erano le osservazioni di Warltire a proposito della combustione di una «mixture of common and inflammable air by electricity». La sua ipotesi circa la formazione dell'acqua si presentava in realtà come una teoria sulla composizione di idrogeno e ossigeno, a partire dalle conclusioni lavoisieriane desunte dalle prime esperienze aerostatiche.

Per Cavendish l'acqua «consists of dephlogisticated air united to phlogiston».[21] Nelle pagine conclusive del suo scritto il chimico britannico mostra di volere accettare vari punti della lettura lavoisieriana, ma ritiene ancora che molti fenomeni possano venire spiegati con il ricorso al flogisto stahliano. Egli riscrisse pertanto le affermazioni di Lavoisier nei termini della sua teoria, accettando la presenza flogistica al fine di mantenere «a commonly received principle». In questo quadro di contrasti va ricordato anche che i lavori di Priestley in merito alla conversione dell'acqua in aria avevano rappresentato il motivo d'avvio per le ricerche di Watt, il quale ne aveva scritto al chimico di Birmingham in una lettera del 26 aprile 1783, a loro volta legate da vicino agli studi di Crawford sul calore.[22]

Le contrastanti interpretazioni dei chimici inglesi e francesi, in una circolazione di uomini e idee che lo storico sa caratteristica del secondo Settecento, trova significativa eco nel contenuto di una lettera scritta l'11 maggio 1784 dal Magellan al conte Lodovico Carlo Morozzo, membro dell'Accademia delle Scienze di Torino e nome di punta tra gli scienziati subalpini. Nella missiva, Magellan comunicava al mondo scientifico piemontese e italiano i risultati degli studi chimici di Watt, in accordo con le concezioni di Priestley e di Kirwan e senza menzionare le indagini di Cavendish, rimasto ormai in minoranza.[23]

La scienza sabauda conobbe pertanto le più recenti acquisizioni della nuova

[19] «Philosophical Transactions», LXXIV, 1784, pp. 119-153.
[20] *Ivi*, pp. 329-357.
[21] *Ivi*, pp. 137-138.
[22] Adair Crawford, *Experiments and Observations*, London, Murray, 1779.
[23] «Opuscoli scelti sulle scienze e sulle arti», VII, 1784, pp. 210-212.

chimica volgendosi non senza ambiguità e oscillazioni ora all'Inghilterra di Watt ora alla Francia di Lavoisier. Quest'ultimo, lungo tutto il 1784, proseguì a fianco di Meusnier le verifiche della teoria formulata alla fine dell'anno precedente, volte a stabilire che l'acqua è un composto chimico. La necessità di produrre grandi quantitativi di idrogeno per riempire le mongolfiere non fu solo l'atto di nascita pressoché ufficiale dell'industria del volo, ma anche l'elemento principale che spinse i due chimici francesi a tentare di ottenere l'aria infiammabile tramite processi di scomposizione dell'acqua, in un intreccio assai fecondo di esigenze istituzionali e nascente tecnologia chimica.

La produzione di ingenti quantità di «air inflammable» avvenne nei laboratori annessi all'arsenale regio e tenne occupati Lavoisier e Meusnier nel marzo del 1784. Alla fine del mese i due chimici ripeterono le loro esperienze davanti alla commissione per gli aerostati nominata per l'occasione dall'Académie des Sciences. Le prove di scomposizione vennero ripetute ancora nella prima metà di aprile e il 21 del mese il Meusnier lesse ai membri della accademia un resoconto completo delle esperienze effettuate nel marzo precedente.

La memoria tradiva la sentita esigenza, per la chiarezza della nuova scienza chimica, di denominazioni precise che rispecchiassero a tutti gli effetti le proprietà degli oggetti. Il rifiuto radicale del concetto di flogisticazione si accompagnava all'immagine della chimica come scienza fisica, fondata su criteri di tipo essenzialmente quantitativo, senza rinunciare a descrivere le tecniche sperimentali utilizzate. Era questo il procedere analitico proposto da Lavoisier e Meusnier, sia per la chimica sia per l'aerostatica.

In quegli stessi anni, per interesse dell'Accademia delle Scienze di Digione, complessi sistemi meccanici di remi, vele e timoni di grandi dimensioni furono applicati agli aerostati per tentare di arrivare ad una soluzione pratica del problema della dirigibilità. La prima ascensione mediante l'uso di governali avvenne il 12 giugno 1784 grazie all'interessamento di un amico e collega di Lavoisier, il Guyton de Morveau, l'accademico responsabile della traduzione francese, tra il 1779 ed il 1790, dei celebri «Opuscula physica et chemica» dello svedese Torbern Bergmann, la cui prima stampa italiana vide la luce a Firenze nel 1787.[24]

La scienza non stava pertanto a guardare. Ricordiamo, in proposito, le analisi chimiche svolte da Cavendish sui campioni d'aria portatigli da Jean-Pierre Blanchard e John Jeffries nel 1784,[25] nonché i rilievi barometrici effettuati oltre i tremila metri dal grande Joseph-Louis Proust a bordo della *Marie Antoinette* di Pilâtre de

[24] Tra i fondatori della nuova nomenclatura chimica insieme a Lavoisier e Fourcroy, Morveau contribuì a separare dalle scuole settecentesche di storia naturale la stessa scienza chimica (PATRICE BRET, *Lavoisier et l'Encyclopédie méthodique*, Firenze, Olschki, 1997).

[25] HENRY CAVENDISH, *The Scientific Papers*, II, Cambridge, Cambridge University Press, 1921, pp. 77-80.

Rozier il 23 giugno di quello stesso anno, al cospetto del re di Francia Luigi XVI e di Gustavo III di Svezia.[26]

Oltre vent'anni dopo, il 20 agosto 1804, si sarebbe avuta la prima ascensione dedicata esclusivamente a ricerche scientifiche, grazie a due nomi di prima grandezza, quali Biot e Gay-Lussac, entrambi membri dell'Ecole polytéchnique. Il volo fu richiesto da Laplace per giungere in via definitiva a confermare o smentire le asserzioni di quanti, a seguito delle varie ascenzioni aerostatiche, sostenevano che ad alta quota si registra un affievolimento dell'azione dei fenomeni magnetici ed elettrici. Il corpo militare degli ingegneri della Scuola aerostatica di Meudon, fondata ufficialmente il 2 aprile 1794, fu incaricato di allestire una apposita mongolfiera in cui i due scienziati si imbarcarono muniti di un corredo completo di strumenti scientifici (bussola, gasometro, eudiometro e termometro).

Saliti sino all'altezza massima di quattromila metri, i due poterono lì rilevare che le oscillazioni dell'ago magnetico erano coincidenti per numero e ampiezza con quelle che si riscontrano sulla Terra e che i fenomeni elettrici erano anch'essi identici. L'osservazione dell'igrometro consentì loro di riscontrare il decrescere dell'umidità e della temperatura con la quota. Biot e Gay-Lussac presero un campione d'aria e studiarono il comportamento di diversi animali che avevano portato con sé sulla navicella aerea.

In sede di misurazione, i due scienziati francesi optarono sempre per misure calcolate anziché stimate, a salvaguardia della massima precisione possibile, tenendo anche conto di eventuali quanto non infrequenti errori strumentali, nonché della tolleranza degli strumenti stessi. Poco tempo dopo, il 16 settembre 1804, il Gay-Lussac ripeté da solo l'ascensione, questa volta spingendosi sino alla quota di settemila e cinquecento metri. Un vero primato mondiale, si direbbe oggi, dal momento che nessun uomo era mai giunto così in alto nel cielo.

A provvedere al calcolo della quota raggiunta nel corso dell'ascensione era stato il barometro, tenendo nel debito conto la pressione indicata dallo stesso strumento al momento della partenza. Fu pertanto Gay-Lussac, e non altri, il primo a compiere quella regolazione barometrica che si fa di solito sugli aerei e che oggi viene segnalata in codice con la sigla QNH. Inoltre, i campioni d'aria presi da Gay-Lussac a seimila metri confermarono che la composizione dell'atmosfera è indipendente dall'altezza e, in particolare, che alle grandi altezze non si registra presenza di idrogeno, ma solo di ossigeno e azoto, e nelle medesime proporzioni riscontrabili sul livello del mare. A variare era pertanto solo la densità dell'aria atmosferica.[27]

[26] MARCO MAIRANI, *Aerostati*, Milano, Edizioni dell'Ambrosino, 1999, pp. 64 e segg. Su questi temi si può consultare anche il mio *Mongolfiere, scienze e Lumi nel tardo Settecento*, Bari, Cacucci, 2003.

[27] AMEDEO AVOGADRO, *Saggi e memorie sulla teoria atomica (1811-1838)*, a cura di Marco Ciardi, Firenze, Giunti, 1995, pp. 27-28.

All'epoca delle due ascensioni, Gay-Lussac era il giovane assistente di laboratorio di Claude Berthollet, autore delle *Observations sur l'air* e dell'*Essai de statique chimique*.[28] In linea con i suggerimenti del maestro l'allievo si decise a indirizzare una parte notevole delle sue ricerche allo studio della neutralizzazione delle sostanze in una reazione, nonché alla complessa questione delle affinità chimiche, arrivando lungo questa via ad interessarsi dell'analisi di sostanze gassose e soprattutto della composizione dell'atmosfera terrestre. Le due ascensioni aerostatiche da lui effettuate vanno lette alla luce di questi non secondari interessi. Stesso discorso per le ricerche eudiometriche da lui portate a termine insieme ad Alexander von Humboldt, con le quali si giunse a stabilire che per formare due volumi di vapore acqueo sono necessari due eguali volumi di idrogeno e uno di ossigeno.[29]

I segnali di un interessamento dotto, scopertamente accademico, sempre e comunque dall'alto, il che presuppone una partecipazione diretta di quelle strutture istituzionali che si rivelarono di importanza irrinunciabile per il finanziamento dei lanci, sino a determinare un'autentica politica del volo, viva e presente in Francia negli anni cruciali che segnano il passaggio dall'età pre-rivoluzionaria a quella napoleonica, concludendo la propria parabola storica poco prima di Waterloo. Si pensi, anche e soprattutto, all'uso bellico degli aerostati nelle battaglie di Valmy (20 settembre 1792) e Fleurus (26 giugno 1794), in difesa dei valori giacobini, nonché al loro impiego nel corso della successiva campagna d'Italia.

I palloni frenati furono utilizzati come mezzo di osservazione strategica per scrutare le mosse e gli spostamenti del nemico sul campo di battaglia. Gli scienziati al servizio della Rivoluzione, un caso estremamente significativo di incontro tra produzione tecnica da un lato e applicazione militare dall'altro, un esempio istituzionalmente forte di politica della scienza, di impiego bellico dell'aerostato destinato a sempre più marcati e profondi sviluppi storici, segnatamente negli Stati Uniti del secondo Ottocento.[30]

Come noto, fu in nome dell'utilità del sapere scientifico e tecnico che in cambio del loro impegno in fasi di particolare difficoltà per la Rivoluzione i *savants* francesi riuscirono ad ottenere un riconoscimento della loro funzione di *élite* socio-culturale, nonché la facoltà di gestire la propria ricerca, senza doverla con ciò esporre ad eccessive ingerenze di natura politica.[31]

[28] MARCO CIARDI, *La chimica? Una teoria particolare: Berthollet e la rivoluzione lavoisieriana*, in GIANLORENZO MARINO (a cura di), *Atti del V Convegno nazionale di storia e fondamenti della chimica*, (Perugia, 27-30 ottobre 1993) Roma, Accademia Nazionale delle Scienze detta dei XL, 1993, pp. 91-99.

[29] EDOARDO TORTAROLO, *Wilhelm e Alexander von Humboldt e l'eredità controversa dell'Illuminismo*, in *Politica, scienze e cosmopolitismo*, Milano, Angeli, 1997, pp. 181-192.

[30] ANTONIO CLAVARINO, *Aerostati per uso di guerra*, «Annuario scientifico industriale», XVI, 1879, pp. 1264-1266.

[31] MARCO BERETTA, *Chemists in the Storm. Lavoisier, Priestley and the French Revolution*, «Nuncius», VIII, 1993, pp. 75-104; ID., *Monarchia o repubblica. Gli scienziati francesi e la Rivolu-*

La chiamata degli scienziati alla ribalta della scena politica, la loro utilizzazione per questioni richiedenti precise competenze di ordine professionale, la loro inclinazione all'uso concreto della ragione illuminista, costituiva una pratica sociale e culturale che si era venuta affermando nella Francia repubblicana dell'anno II, con buoni risultati proprio nel sostegno allo sforzo bellico che il nuovo regime doveva affrontare per resistere agli attacchi di nemici interni ed esterni, come l'avanzata delle truppe austro-russe.[32]

4. *Il Piemonte di Vittorio Amedeo III*

Attraverso Condorcet, giunse prontamente alla Accademia delle Scienze di Torino una relazione dell'impresa aerostatica dei fratelli Montgolfier, tanto precisa nei dettagli quanto matematicamente impeccabile.[33] Sulla scia di quel rapporto, il primo volo su Torino venne realizzato assai presto, l'11 dicembre 1783, con il lancio di una piccola mongolfiera priva di equipaggio, che, prima di scomparire tra le nuvole, restò in aria per quasi sei minuti alla vista del folto pubblico, composto dai membri della corte e dall'ambasciatore francese in Savoia. Autori della prova furono Carlo Antonio Galleani Napione, Giuseppe Amedeo Corte di Bonvicino e Roberto de Lamanon.[34]

La prima ascensione umana avvenne negli Stati sardi, per la precisione a Chambery, il 6 maggio 1784, promotore il cavaliere di Chevelu e autore Xavier de Maistre, e venne anch'essa debitamente registrata e discussa, a conferma ulteriore di un interesse accademico crescente e istituzionalmente attento alle verifiche fattuali. L'allora ventunenne de Maistre, celebrato scrittore e poeta attivamente impegnato anche nel campo della ricerca scientifica, realizzò l'impresa insieme a un amico, il matematico Louis Brun. La sua intenzione, come fu egli stesso a confessare, era quella di suscitare interesse per la scienza, in particolare per la chimica pneumatica e la fisica sperimentale, attraverso una prova che riuscisse a un tempo spettacolare e stimolante.[35]

zione, in Ferdinando Abbri e Marco Segala (a cura di), *Il ruolo sociale della scienza (1789-1830)*, Firenze, Olschki, 2000, pp. 57-74.

[32] Jean-Baptiste Biot, *Essai sur l'histoire générale des sciences pendant la révolution française*, Paris, Fuchs, 1803; Joseph Fayet, *La révolution française et la science (1789-1795)*, Paris, Rivière, 1960; Charles C. Gillispie, *Science and secret weapons development in Revolutionary France*, «Historical Studies in Physical Sciences», XXIII, 1992, pp. 35-151; Renato Pasta, *I matematici e la vita politica (1789-1848)*, «Nuncius», I, 1995, pp. 327-329.

[33] James E. McClellan, *Un manuscrit inédit de Condorcet sur l'utilité des académies*, «Revue d'histoire des sciences», XXIII, 1970, pp. 241-249; Id., *Science Reorganized. The Scientific Societies in the Eighteenth Century*, New York, Columbia University Press, 1984.

[34] Robert de Lamanon, *Détail de l'expérience Montgolfier faite pour la première fois a Turin*, Turin, Reycends, 1783; *Primati torinesi*, Torino, per la tipografia Accame, 1803.

[35] [Xavier de Maistre], *Lettre contenant une rélation de l'expérience aérostatique de Chambery*, Chambery, Gorrin et Puthod, 1784.

Il marchese di Brezé, al secolo Gioacchino Bonaventura Argentero di Bersezio, colonnello di cavalleria e studioso di storia militare, spirito scientifico apprezzato tanto nei *milieux* della Sampaolina e della Filopatria quanto da Gustavo III di Svezia, lesse ai soci dell'Accademia delle Scienze di Torino, nelle pubbliche adunanze del 4 e 11 gennaio 1784, due interessanti e aggiornate memorie, la prima sopra un «gazomètre» e la seconda su un «eudiomètre».[36] Nell'assemblea del 14 marzo di quello stesso anno comunicò e commentò quindi una terza memoria, dagli alti contenuti scientifici, «sur une machine aérostatique». I tre lavori furono esaminati con cura dal conte Angelo Saluzzo di Monesiglio, aristocratico appassionato di chimica e fondatore insieme a Cigna e Lagrange dell'accademia torinese, e giudicati degni di pubblicazione in un volume a parte, «sous son privilège».

Nacque così un piccolo opuscolo, intitolato *Description de trois machines physico-chimiques*, che i fratelli Reycends stamparono a Torino all'inizio del 1784 nella tipografia di Ignazio Soffietti e che i milanesi «Opuscoli scelti» dei padri Carlo Amoretti e Francesco Soave recarono in italiano quello stesso anno. La costruzione delle *trois machines* a cui fa riferimento il titolo è stata stimolata nel marchese proprio dalle recenti imprese aerostatiche e con esse si intende presentare una sorta di risposta da parte della scienza ufficiale ad una empiria che alla scienza ricorre spesso, se non quasi sempre, a posteriori. La prima memoria esamina uno strumento di misura per determinare il peso specifico delle sostanze aeriformi, mentre la seconda tratta un'apparecchiatura per la produzione di quel «fluide aériforme appellé par Msieur Priestley *air dephlogistiqué*, par Monsieur Scheele air du feu, et par autres, aprèe eux, air vital, air pur»,[37] e che più tardi avrebbe preso il nome di ossigeno. La terza macchina è invece un apparato per studiare meccanicamente i fenomeni aerostatici in riduzione di scala, attraverso un globo immerso in un fluido aeriforme collocato al di sotto di una campana di vetro. Un sistema che, non a torto, può ricordare allo storico certe prove sperimentali per la creazione artificiale del vuoto in laboratorio, risalenti a circa un secolo prima, quando i fisici inglesi e italiani si trovavano divisi in merito al problema dell'*horror vacui*. Scrive il Brezé che

> dans un tems où un si grand nombre de personnes paraît ne s'occuper que de ballons volans, que plusieurs autres étudient sérieusement à trouver les moyens de donner une direction à volonté à ces machines aérostatiques, que d'autres enfin, nouveaux Icares, se préparent aux plus long voyages, et vont se frayer des routes au dessus des nues, me serait-il permis, sans prétendre m'élever si haut, de présenter à mon tour à cette savante Assemblée une machine aérostatique, qui, si elle n'a pas l'éclat, et l'imposante majesté de ces immenses globes qui ont frappé d'étonnement tant de milliers de spectateurs, pourra peut-être avoir quelque mérite par l'application que l'on peut en faire à differentes expériences physiques. Peut-

[36] Accademia delle Scienze di Torino, Mss. 478, 482.

[37] CARL W. SCHEELE, *Traité chimique de l'air et du feu*, Paris, Couchet, 1781; F. ABBRI, *Carl Wilhelm Scheele e il pensiero chimico nel tardo Settecento*, «Archives Internationales d'Histoire des Sciences», XLIV, 1994, pp. 309-335; M. BERETTA, *The Starry Messenger and the Polar Star. Scientific relations between Italy and Sweden*, Firenze, Giunti, 1995.

être pourrat-elle aussi réveiller des idées plus heureuses dans l'esprit de quelques physiciens plus ingénieux que moi.[38]

La descrizione in sé scopertamente scientifica dell'evento, al di là degli aspetti più cronachistici o mondani, è caratterizzata da un preciso scandire di misure e osservazioni. Il Brezé scrive da scienziato, nelle sue pagine il fatto tecnico di partenza si trasforma in una ricerca rigorosa di leggi fisiche universali, geometricamente rappresentabili.

Né mancano particolari esaurienti, specialmente laddove l'ufficiale di artiglieria si diffonde a trattare di questioni chimiche, non senza rinviare alla nomenclatura lavoisieriana, nel secondo Settecento la nuova frontiera della scienza moderna, così come i teoremi e la cosmologia dei *Principia* newtoniani lo erano stati nella prima metà del secolo.[39] Quanto all'aerostato, del quale sono noti il volume e i piedi complessivi, il colonnello piemontese prosegue osservando che il globo «a été placé, plen de gaz inflammable, sous la cloche».[40]

Nelle pagine del Brezé, volte a una descrizione galileiana e antimetafisica della natura, conseguita attraverso il ricorso al solo *world of numbers*, si realizza così quel singolare e fecondo intreccio tra sapere scientifico, tecnologia chimica e interesse politico che fa grande il Piemonte amedeano, inserendone a pieno titolo i *savants* nella Repubblica delle Lettere.[41]

Inscritta a pieno titolo nel solco della migliore tradizione illuministica è in particolare l'intenzione, dall'Autore più volte apertamente manifestata, di volere incrementare lo studio sperimentale dell'aerostatica, prescindendo da tutti quegli aspetti che ancora potevano richiamare tentativi più meramente aprioristici e «romanzeschi», cercando di razionalizzare e matematizzare al massimo le conquiste della nuova scienza. Nello specifico, non stupisce il fatto che, con sempre maggiore serietà e costanza, alcuni accademici torinesi propongano strumenti fisici per lo studio delle sostanze aeriformi, senza peraltro potere ancora vantare quella che si è vista definire come «l'imposante majesté de ces immenses globes qui ont frappé d'étonnement tant de milliers de spectateurs»,[42] ma con l'unica pretesa di riuscire a realizzare

[38] MARQUIS DE BREZÉ, *Description de trois machines physico-chimiques présentées à l'Académie Royale des Sciences de Turin*, Turin, Reycends, 1784, p. 19.

[39] F. ABBRI, *Newtonianesimo e scienza chimica nella Francia del Settecento*, «Lezioni sull'Illuminismo», I, 1980, pp. 116-128; MAURIZIO MAMIANI, *La scienza moderna è solo opinione pubblica? A proposito di Lavoisier, Chambers e della riforma della nomenclatura chimica*, in ALBERTO POSTIGLIOLA (a cura di), *Opinione, lumi e rivoluzione*, Roma, La Goliardica, 1993, pp. 38-42.

[40] BREZÉ, *Description de trois machines physico-chimiques* cit., p. 22.

[41] GIUSEPPE BONINO, *Biografia medica piemontese*, II, Torino, Stamperia Bianco, 1825, pp. 414-422; GIUSEPPE PEDROCCO, *Scienziati piemontesi nell'evoluzione della chimica settecentesca*, in *Scienze e tecnologie in Europa nell'età moderna*, Bologna, Clueb, 1979, pp. 15-83; F. ABBRI, *La chimica italiana dalle origini ad Avogadro*, in CARLO MACCAGNI e PAOLO FREGUGLIA (a cura di), *La storia delle scienze*, Busto Arsizio, Bramante, 1989, pp. 377-410.

[42] BREZÉ, *Description de trois machines physico-chimiques* cit., p. 23.

«différentes expériences physiques». La mongolfiera diviene molto presto, per gli scienziati d'oltralpe come per quelli piemontesi, il segno tangibile di una scienza e di una tecnica nuove, capaci di aprire frontiere mai prima esplorate e comunque impensate. Le stesse prospettive di impiegare la nuova macchina per fini militari, sia in Francia sia negli antichi stati italiani, che hanno fatto assurgere il globo aerostatico a uno dei simboli della Rivoluzione, si fanno sempre più fattive e concrete.[43]

Il pallone frenato diviene assai presto un ottimo osservatorio per studi astronomici e meteorologici, mentre ancora piuttosto complesse risultano essere le operazioni necessarie alle manovre di direzione del mezzo aerostatico. Alla fine di giugno 1789, il conte Lodovico Morozzo, soldato, artigliere e presidente dell'Accademia delle Scienze di Torino, pronunciò uno storico discorso in occasione della solenne pubblica seduta alla presenza del sovrano, rendendo palesi e le modalità della nuova alleanza tra aristocratici illuminati e trono e le affascinanti utopie del tardo Illuminismo europeo, nonché gli echi stessi del progetto tutto francese mirante a risolvere i problemi pratici della società di antico regime attraverso la razionalizzazione del sistema statale e del progresso scientifico.[44]

Morozzo, che per anni aveva viaggiato in Europa ed era in contatto con d'Alembert e Frisi, con Franklin e Priestley, nell'importante orazione accademica alla presenza del re si richiamava agli ormai classici *loci communes* del *Discours préliminaire* all'*Encyclopédie* (1751), persino precorrendo negli accenti e nelle suggestive immagini usate il formulario illuminista del celebre *Esquisse* di Condorcet, il vero manifesto di pensiero dell'Illuminismo scientifico insieme con gli scritti filosofici di Turgot.[45]

Un ottimismo fideistico, per usare le parole di Ferrone, un contagioso entusiasmo sulle sorti di un'umanità ormai pienamente matura e arricchita da straordinari strumenti scientifici innervava, per renderla via via più appassionante, l'esposizione del conte piemontese, che trovava nel richiamo esplicito alle ascensioni aerostatiche il proprio culmine. La conquista dell'aria avvenuta nell'ultimo scorcio di un Settecento al tramonto non faceva altro che rappresentare, agli occhi dell'Autore, la profondità di un progresso ormai irreversibile. Nel discorso Morozzo rammentava che «depuis que la physique s'est si étroitement associée à la chimie, et qu'elles ne forment qu'une seule et même science, les découvertes que l'on a faites et que l'on a fait chaque jour, ne peuvent plus se compter. La science des gas, que Priestley a crée, nous a fait connaître plus particulièrement les propriétés du fluide que nous respirons. C'est d'après la connaissance des propriétés de ces fluides qu'on a entre-

[43] VITTORIO MARCHIS, *La scienza aerostatica. Quattro memorie*, Firenze, Giunti, 1998, pp. 12-14.

[44] V. FERRONE, *Tecnocrati militari e scienziati nel Piemonte dell'antico regime alle origini della Reale Accademia delle Scienze di Torino*, «Rivista storica italiana», XCVI, 1984, pp. 424-427; ID., *I militari e la scienza*, «Piemonte vivo», XX, 1988, pp. 2-14.

[45] ANNE-ROBERT TURGOT, *Le ricchezze, il progresso e la storia universale* (1750), a cura di ROBERTO FINZI, Torino, Einaudi, 1978, pp. 29 e segg.

pris de voyager dans les airs, et qu'un homme hardi en franchissant la mer n'a pas subi le sort du fils de Dédale».[46]

Il Morozzo riprendeva consapevolmente quell'impianto di immagini e di suggestioni enciclopediche diffuse nei circuiti della nuova Europa delle accademie, l'imponente realtà di grandi società scientifiche che si erano sviluppate nella seconda metà del Settecento, per proporre a Vittorio Amedeo III una specifica funzione motrice da attribuirsi alla scienza e ai rivoluzionari ritrovati chimici di fine secolo.[47]

L'auspicio, in altre parole, per una crescita a un tempo culturale ed economica, che investisse ogni aspetto della società civile. Con metodo e chiarezza di idee, il conte sabaudo indicava al sovrano le strade da percorrersi per lo sviluppo della piccola realtà piemontese, segnalando attentamente i contenuti della rivoluzione industriale inglese e le sue essenziali premesse di natura tecnico-scientifica. Il discorso si spostava pertanto dall'evocazione degli scenari aerostatici all'emblema d'un nuovo mondo, la macchina a vapore messa a punto in Inghilterra da Watt. Una visione estremamente organica e affascinante del progresso umano, alimentato e scandito dai Lumi della scienza e della tecnica, in cui anche la stessa vita civile risultava condizionata dalle nuove regole del calcolo e dell'aritmetica politica.

Con gli anni, tuttavia, si sarebbe parlato sempre più raramente in Piemonte di queste nuove tecniche, anche per cause di natura contingente. La campagna d'Italia e l'occupazione francese misero infatti in crisi il quadro istituzionale in cui erano venuti formandosi gli accademici torinesi, con i loro ideali illuministici e le loro inclinazioni per le applicazioni pratiche del sapere scientifico.[48]

Riassunto – L'aerostatica nacque nella Francia di antico regime, durante l'ultima fase di regno di Luigi XVI, strettamente collegata con gli sviluppi fatti registrare dalle scienze chimiche nell'età del tardo Illuminismo. Lavoisier ed i maggiori scienziati francesi facenti capo al mondo dell'Académie des Sciences parigina manifestarono tutti profondo interesse per le ascensioni in mongolfiera. Oltre che in Francia, i primi voli vennero realizzati non senza suscitare grandi entusiasmi nei territori del Regno di Sardegna, sotto il nuovo re Vittorio Amedeo III.

[46] CARLO L. MOROZZO, *Discours adressé au roi dans la séance publique du 28 juin 1789*, «Mémoires de l'Académie Royale des Sciences de Turin pour les années 1788-1789», 1798, XXI. Sull'opera del chimico piemontese si veda RAFFAELLA SELIGARDI, *Lavoisier in Italia. La comunità scientifica italiana e la rivoluzione chimica*, Firenze, Olschki, 2002, pp. 112-116.

[47] MARIE THEBAUD-SORGER, *Les premiers ballons et la conquête du ciel*, «XVIIIe siècle», XXXI, 1999, pp. 159-177; MARIE THEBAUD-SORGER, *L'air chaud et l'hydrogène. Les dessous insoupçonné d'un débat scientifique*, «Cahiers de Sciences et Vie», LXIII, 2001, pp. 26-34.

[48] V. FERRONE, *La Nuova Atlantide e i Lumi*, Torino, Meynier, 1988.

PIETRO CORSI*

Il prezzo della politica: ascesa e caduta di una nuova lingua per la scienza 1795-1802**

The price of politics: the rise and the fall of a new language for science (1795-1802)

Summary – Several studies and publications have long emphasized the key role played by the debate on the language of science, within the context of the more general debate on the epistemological foundation of modern science that fired the last three decades of the XVIII century, up to the very early years of the XIX century. As it is well known, the language of the new chemistry elaborated by Guyton de Morveau, Lavoisier and the latter's pupils was seen by many as the example to be followed, albeit not without much opposition. Less attention has been devoted to the outcome of that debate, and to the reasons why it faded away, in France at least, starting with the years 1802-1804. To explain the dynamics of this complex and little studied set of events will throw some needed light on the relationship between the debate on science and wider dimensions of the political debate during the transition from the revolutionary decade to the consolidation of Napoleon's power.

Gli storici della chimica, come del resto quelli di molte altre discipline, scientifiche e non, hanno da tempo sottolineato – e studiato – il ruolo cruciale del dibattito sulla lingua della scienza nella Francia e nell'Europa del XVIII secolo, da Locke, Condillac, Linneo e Buffon sino alla pubblicazione nel 1787 della *Méthode de nomenclature chimique* curata da Lavoisier e dai suoi collaboratori.[1] Si è prestata

* Université Paris 1, Panthéon Sorbonne, E.H.E.S.S.

** Relazione presentata al X Convegno Nazionale di «Storia e Fondamenti della Chimica» (Pavia, 22-25 ottobre 2003).

[1] H.B. ACTON, *The Philosophy of Language in Revolutionary France*, in *Proceedings of the British Academy*, 14, 1959, pp. 199-221; M. CROSLAND, *Historical Aspects of the Language of Chemistry*, London, Heinemann, 1962; S. MORAVIA, *Il pensiero degli Idéologues: scienza e filosofia in Francia (1780-1815)*, Firenze, La Nuova Italia, 1974; G. GUSDORF, *La conscience révolutionnaire, les Idéologues*, Paris, Payot, 1978; O. SMITH, *The Politics of Language, 1791-1819*, Oxford, Clarendon Press, 1984; J. GUILHAUMOU, *Sieyès et l'ordre de la langue: l'invention de la politique moderne*,

invece un'attenzione meno sostenuta alle vivaci discussioni che sul tema si intrecciarono negli anni della tempesta rivoluzionaria, ed in particolare nel periodo del Direttorio e del Consolato bonapartista. Il dibattito venne per lo più condotto sulle pagine di riviste culturali, spesso non strettamente scientifiche; si svolse per un numero limitato di anni, grosso modo tra il 1795 e il 1802; infine, all'intensità delle occorrenze sulla stampa periodica, fece seguito un silenzio a volte imbarazzato, certamente meritevole di maggiore attenzione.

Non che le proposte avanzate nel corso di quegli anni non siano poi state seguite, o siano in seguito parse un inutile sfoggio di erudizione nelle lingue classiche, la greca in particolare. Anzi. La prassi di coniare nuovi termini per indicare la costituzione di nuovi ambiti disciplinari di ricerca, nuovi composti chimici, nuovi strumenti scientifici o nuove forme di vita utilizzando radici di nomi o verbi greci entrò a far parte della prassi dell'innovazione e della competizione scientifica. Nel corso dei primi decenni dell'Ottocento, dalla Francia, sino ad allora il centro di gravità del dibattito – e delle proposte innovative – la discussione si spostò in Inghilterra, grazie alla mediazione filosofica tra radicalismo francese e buon – o «common» – senso scozzese proposta da Dugald Stewart, per esplodere nei virtuosismi di William Whewell o di Samuel Taylor Coleridge e produrre termini come iodo e catodo, eocene e pleistocene, scienziato (fu il contributo personalissimo del grande poeta, solitamente attribuito a Whewell) o, dalla penna di Richard Owen, «dinosauro».[2]

I termini del dibattito, e in particolare l'idea che il progresso delle conoscenze debba venire affiancato da mutamenti appropriati del linguaggio scientifico, onde evitare le derive polisemiche del linguaggio comune, o dei termini tramandati dalla tradizione artigianale e dall'estro dei «curiosi», vengono acquisiti da una larga maggioranza di naturalisti, fisici, chimici: scienziati, per l'appunto. Che poi si debba usare di preferenza la lingua greca per forgiare nuovi termini, anche questo punto, lo abbiamo detto, venne dato per scontato: basta sfogliare un qualunque dizionario di termini scientifici e tecnici per rendersene conto, se necessario. Dov'è

Paris, Kimé, 2002; L. FORMIGARI, *L'esperienza e il segno: la filosofia del linguaggio tra Illuminismo e Restaurazione*, Roma, Editori Riuniti, 1990; W. ANDERSON, *Between the library and the laboratory: the language of chemistry in eighteenth-century France*, Baltimore, The Johns Hopkins University Press, 1984; ID., *Scientific nomenclature and revolutionary rhetoric*, «Rhetorica», 7, 1989, pp. 45-53. Per una trattazione esaustiva del rapporto scienza-lingua sino alla Rivoluzione francese, M. BERETTA, *The Enlightenment of Matter. The definition of Chemistry from Agricola to Lavoisier*, Science History Publications, Watson Publishing International, Canton, MA, 1993. Per un esame critico della letteratura secondaria, si veda il penetrante saggio di J. RISKIN, *Rival idioms for a revolutionized science and a republican citizenry*, «Isis», 89, 1998, pp. 203-232. Sul dibattito sulla riforma della storia naturale, cf. P. CORSI, *Lamarck. Genèse et enjeux du transformisme 1770-1830*, Éditions du CNRS, 2001, ch. 1.

[2] P. CORSI, *The Heritage of Dugald Stewart: Oxford Philosophy and the Method of Political Economy, 1809-1832*, «Nuncius», 2, fasc. 2, 1987, pp. 89-144; ID. *Science and Religion. Baden Powell and the Anglican Debate, 1800-1860*, Cambridge, Cambridge University Press, 1987.

dunque il problema? La questione, trattata solo di sfuggita dalla storiografia sull'argomento, sta nel dar conto della fortissima presenza del dibattito sulla stampa periodica, per un periodo di tempo relativamente breve, e del diradarsi rapidissimo di prese di posizione al riguardo a partire dal 1800-1802. La possibile spiegazione che qui tratteggeremo offre un contributo alla comprensione dei rapporti strettissimi tra dibattito scientifico e vicende politiche nella Francia del Direttorio e della prima fase dell'ascesa al trono del Generale Bonaparte.

Un ultimo preliminare, prima di entrare nel vivo della questione. Non intendo certo ricostruire le complesse trame del dibattito su scienza e lingua nel corso del diciottesimo secolo, né tanto meno addentrarmi in una discussione dettagliata dei rapporti tra sviluppi istituzionali delle scienze e delle tecniche nel decennio rivoluzionario, e le parallele e spesso convergenti vicende politiche. Il pionieristico lavoro di Roger Hahn sull'Accademia delle Scienze di Parigi (soppressa, val la pena ricordarlo, nella primavera del 1793), le innovative ricerche condotte da Dorinda Outram sugli esordi della carriera scientifico-istituzionale di Georges Cuvier e, più recentemente, l'eccellente monografia di Jean-Luc Chappey dedicata agli equilibrismi politici dei cattolici conservatori che fondarono e animarono la famosa «Société des Observateurs de l'Homme» tra la fine del 1799 e gli inizi del 1804, forniscono le coordinate essenziali entro cui si inserisce questo breve contributo.[3]

Un brano tratto da una lettera inviata da Antoine-François Fourcroy (1755-1809) al farmacista e imprenditore ginevrino Henri-Albert Gosse (1753-1816) ci permetterà di immergerci senza ulteriori indugi nella torrida atmosfera politica dei mesi che seguirono la caduta di Robespierre nel luglio del 1794: il 9 Termidoro, per essere precisi. In qualità di membro del «Comitato di Istruzione Pubblica» (aveva preso il posto lasciato vacante dall'assassinio di Jean-Paul Marat), Fourcroy era stato un rappresentante eminente, anche se non un primo attore, della Repubblica rivoluzionaria. Non si era fatto molto vedere in giro nei mesi del Terrore, avendo

[3] R. HAHN, *The Anatomy of a Scientific Institution: The Paris Academy of Sciences, 1666-1803*, Berkeley: University of California Press, 1971; D. OUTRAM, *Politics and Vocation: French Science 1793-1830*, «British Journal for the History of Science», 13, 1980, pp. 27-43; EAD., *The Ordeal of Vocation: The Paris Academy of Sciences and the Terror, 1793-95*, «History of Science», 21, 1983, pp. 251-73; EAD. *Georges Cuvier: Vocation, Science and Authority in Post-Revolutionary France*, Manchester, Manchester University Press, 1984; J.L. CHAPPEY, *La Société des Observateurs de l'homme (1799-1804). Des anthropologues au temps de Bonaparte*, Société des études robespierristes, Paris, 2002. Si vedano anche H.T. PARKER, *French Administrators and French Scientists during the Old Regime and the Early Years of the Revolution*, in R. HERR and H.T. PARKER (eds.), *Ideas in History*, Durham, N.C., Duke University Press, 1965, pp. 85-109; N. and J. DHOMBRES, *Naissance d'un pouvoir: sciences et savants en France, 1793-1824*, Paris, Payot, 1989; J. FAYET, *La Révolution française et la science, 1789-1795*, Paris, Librairie Marcel Rivière, 1960; C.C. GILLISPIE, *Science and Polity in France at the End of the Ancien Régime*, Princeton, Princeton University Press, 1980; W.R. ALBURY, *The Order of Ideas: Condillac's method of analysis as a political instrument in the French Revolution*, in J.A. SCHUSTER and R.R. YEO (eds.), *The Politics and Rhetoric of Scientific Method. Historical Studies*, Dordrecht e Boston, D. Reidel, 1986, pp. 203-225; J. RISKIN, cit. n. 1.

fondati motivi di preoccupazione per la propria vita; dopo Termidoro, come molti suoi colleghi scampati alle purghe montagnarde, aveva ripreso in pieno l'attività politica. Era lui che si stava occupando della messa in opera di una complessa strategia istituzionale volta a fornire una giustificazione meritocratica per il nuovo regime del Direttorio, che si voleva fosse il continuatore della «vera» rivoluzione tradita da Robespierre e dalla sua cricca di «cospiratori».[4]

La retorica egualitaria e rivoluzionaria era sempre impostata, anche dopo Termidoro, su registri altisonanti se non assordanti; forse per nascondere una realtà caratterizzata dalla necessità impellente di evitare il ritorno minaccioso delle forze monarchiche in esilio e l'altrettanto pericoloso agitarsi delle fazioni ultra-democratiche in patria, a Parigi in particolare. Una scienza dedita al bene comune avrebbe garantito il benessere pubblico come quello privato, assicurando il progredire dei saperi e mettendo in opera adeguate misure istituzionali atte a far beneficiare tutta la popolazione delle nuove scoperte. Chimica e tecniche, scienze naturali e viaggi di esplorazione, agricoltura scientifica e i calcoli astronomici per mettere a punto nuove unità di peso e di misura avrebbero inaugurato una nuova era di prosperità. Le gerarchie repubblicane, cui il merito intellettuale e patriottico garantivano un sereno e consensuale esercizio del potere, stavano rapidamente ponendo in atto tutte le misure necessarie alla rapida esecuzione dei loro patriottici progetti: «Tu apprendras avec plaisir que nous donnons avec autant de force et d'empressement que le vandalisme n'avait mis à la détruire, une grande impulsion aux sciences, aux arts, à l'instruction publique, aux manufactures et à l'agriculture. Des Écoles de santé, des travaux publics, une école normale pour former des Professeurs sont établis en ce moment. On s'occupe partout des arts et des sciences, on soigne, on appelle, on encourage les hommes instruits; la Convention les honore et les indemnise par des sommes des pertes et de l'oubli honteux qu'on leur a fait trop long temps subir. Vive les républiques où l'on prise le Savoir et les vertus. La France ne sera pas reconnoissable dans quelques années».[5]

Nonostante l'ottimismo di Fourcroy, i tempi restavano duri: le carriere, e in verità la vita stessa, erano drammaticamente incerte; le buone intenzioni del governo si scontravano con una crisi militare ed economica di minacciose proporzioni. Ancora nel dicembre del 1796, Déodat de Gratet de Dolomieu (1750-1801) scriveva all'amico ginevrino Marc-Auguste Pictet (1752-1825) «Nous n'avons rien de nouveau dans les sciences; ceux qui les cultivent se ralentissent un peu cet hiver. On pourrait dire, *sine pecunia friget scientia*. Ce manque d'argent porte sur tout ce

[4] J. Langins, *La République avait besoin des savants*, Paris, Belin, 1987.

[5] H.A. Gosse, «Lettres adressées à Henri Albert Gosse», Bibliothèque universitaire, Genève (BU Genève) Ms. 2628, Fourcroy a Gosse, 26 gennaio 1795, f. 138v; D. Plan, *Un genevois d'autrefois: Henri-Albert Gosse (1753-1816). D'après des lettres et des documents inédits […]*, Paris e Genève, Fischbacher e Kundig, 1909.

qui exige quelque activité un bien grand engourdissement».[6] Solo sei mesi dopo la situazione mostrava i primi segni di cambiamento: «Les sciences ont repris ici une grande activité, et ceux qui les cultivent montrent une grande émulation. Le gouvernement ne fait pas encore des choses bien importantes pour elles et pour eux; mais la considération est indépendante de l'état de nos finances, et quoiqu'elle n'échauffe pas la cuisine, elle aide au moins à supporter les privations».[7] L'editoria scientifica era in netta espansione; il *Journal de Physique* riprendeva le sue pubblicazioni, Charles-Nicholas-Sigisbert Sonnini de Manoncourt (1751-1812) si apprestava a lanciare una grande edizione delle opere di Buffon, Levaillant pubblicava costose edizioni illustrate della sua ornitologia africana, Fourcroy era piuttosto soddisfatto per le vendite della sua *Philosophie Chimique*.[8] Il tenore di vita del personale scientifico stentava tuttavia a decollare. Coloro, pochi, che ricevevano stipendi più o meno regolari, non si mettevano in tasca danaro sonante, bensì i famosi «assegnats», il cui tasso di conversione in moneta o in beni di consumo era piuttosto aleatorio, e soggetto a tassi inflazionistici da capogiro. Anche i «privilegiati» dovevano dunque competere con i colleghi esclusi dalla lotteria istituzionale che negli anni della rivoluzione, soprattutto nel biennio 1793-1795, aveva permesso a molti di approfittare delle assenze forzate per emigrazione o da quelle dovute alla ghigliottina per accaparrarsi nicchie occupazionali al Jardin des Plantes, in qualche Scuola o Agenzia scientifica statale, o all'Institut, costituito alla fine del 1795 per rimpiazzare la soppressa Académie des sciences. Molti degli esclusi, a dire il vero, non se la cavavano poi così male. Aspettando invano un incarico adeguato alle sue ambizioni, Louis-Augustin-Guillaume Bosc d'Antic (1759-1828) non si lamentava troppo della sua situazione economica: «J'attends en silence qu'il plaise enfin au Directoire de chasser les gens qui m'offusquent. Je gagne, en travaillant à l'entomologie d'Olivier, dix fois plus en numéraire, que n'en gagnent mes collègues en assignats au cours».[9] L'abusato detto accademico anglosassone, «Publish or perish» non è mai stato così attuale come negli anni del Direttorio. Pubblicare significava acquisire visibilità, amici e danaro contante; il che apriva le porte alla possibilità di un impiego meno aleatorio. Pubblicare significava anche regolare i conti con vecchi e nuovi nemici, denigrare possibili e aggressivi competitori lasciando cadere un cenno, utilizzando parole e giri di frasi che i contemporanei non avevano difficoltà a leggere per quel che volevano essere: a volte, delle vere e proprie

[6] M.A. PICTET, *Correspondance: science et technique*, René Sigrist, ed., Genève, Slatkine, 1998, vol. II, Dolomieu a Pictet, 16 dicembre 1796, p. 344.

[7] A. LACROIX, *Déodat Dolomieu*, Paris, Perrin, 1921, 2 voll., vol. 2, Dolomieu al Cav. de Fay, 25 maggio 1797, p. 153.

[8] A.F. FOURCROY, *Philosophie chimique, ou Vérités fondamentales de la chimie moderne, disposées dans un nouvel ordre*, Paris, Cuchet, 1792, e nuove ed. 1794, 1795, 1806; F. LEVAILLANT, *Histoire naturelle des oiseaux d'Afrique*, 6 voll. Paris, J.-J. Fuchs, 1799-1808.

[9] H.A. GOSSE, «Lettres adressées à Henri Albert Gosse», Bibliothèque universitaire, Genève (BU Genève) Ms. 2628, Bosc a Gosse, 9 Germinal an IV (25 marzo 1796), f. 137v.

denunce politiche. Così, ad esempio, quando nel 1802 Sonnini de Manoncourt, protetto del sempre più potente Lacépède, nume tutelare dei buffoniani di Francia, chiamava Cuvier «homme nouveau» e gli dava dell'arrogante e autoritario pedagogo che aveva avuto la fortuna di accaparrarsi un posto al Muséum, i suoi lettori capivano benissimo quel che voleva in realtà dire.[10] Cuvier era dove era grazie alla rivoluzione: aveva perso il cappello, ma non le maniere dei giacobini, che tra le loro fila avevano annoverato non pochi istitutori. Che ciò fosse vero o meno, per quel che concerne Cuvier, poco importa.

Per Jean-Claude de la Métherie, dal 1793 semplicemente Delamétherie (1743-1817), il redattore del *Journal de Physique*, che riprendeva agli inzi del 1798 la pubblicazione dopo circa cinque anni di pausa forzata, la dimensione politica del dibattito scientifico era un dato acquisito. A suo modo di vedere, i nuovi chimici, la loro arrogante imposizione di un nuovo linguaggio per la disciplina, e la politica istituzionale e nazionale da essi perseguita, erano una sola cosa: uomini, teorie, potere formavano un tutto indissolubile. Il *Journal de Physique* avrebbe lottato contro la nuova dittatura, anche se Delamétherie non si faceva troppe illusioni: «et [cette] coalition de gens, lassati sanguinis sed non satiati, empêchera de pénétrer dans ce pays tout ce qui est contraire à leurs opinions et puisse choquer leur amour propre. Ils ont égorgé leur chef, Lavoisier, comme ils ont égorgé celui de la nation, parce qu'ils vouloient être les maîtres».[11]

La ricostruzione serrata del susseguirsi dei mutamenti politici, e dei loro riflessi sulle prese di posizione scientifica, se non addirittura epistemologica, negli anni della rivoluzione e del Direttorio, sino al consolidamento del potere napoleonico, è un'impresa ancora in larga parte da intraprendere. L'unico esempio di analisi minuziosa, condotta su popolazioni di attori scientifici e istituzionali, che ha prodotto risultati notevoli sulla scia dei lavori di Hahn o Outram, è, come si accennava sopra, lo studio di Chappey sulla «Société des Observateurs de l'homme», che si aggiunge ai lavori pregevoli di Bruno Belhoste sull'Ecole polytechnique, anche se questi ultimi si propongono di dar conto di vicende istituzionali di più lungo periodo.[12] Il problema dell'emergere di un dibattito intenso e corale sul linguaggio della scienza a partire dal 1795, e il suo altrettanto rapido affievolirsi nelle pagine delle monografie, dei dizionari e dei periodici culturali e scientifici tra il 1800 e il 1802/1804, porterà un contributo – di cui tracceremo qui le linee portan-

[10] C.-N.-S. Sonnini de Manoncourt (ed.), *Histoire naturelle, générale et particulière, par Leclerc de Buffon*, Paris, Dufart, 1798-1808, 127 vols, vol. 65, an XI (1802), p. 37. Su Sonnini e la scuola dei buffoniani durante e dopo la rivoluzione, si veda P. Corsi, cit. n. 1.

[11] J. Senebier, «Lettres adressées à Jean Senebier», Ms. Supp. 1039, BU Genève, J.C. de la Métherie a Senebier, 18 gennaio 1796, f. 253v. Si adotta qui la grafia «Delamétherie» che lo scienziato decise di utilizzare a partire dal 1793.

[12] B. Belhoste, *La formation d'une techocratie. L'Ecole Polytehcnique et ses élèves, de la Révolution au Second Empire*, Paris, Belin, 2003.

ti – all'approfondimento della nostra comprensione del ruolo della politica nei dibattiti scientifici dell'epoca.

Per molti versi, era stato Buffon a conferire un tono altamente polemico alle – e a diffondere presso un largo pubblico le – tematiche del rapporto tra scienza e linguaggio, grazie ai ripetuti attacchi cui aveva sottoposto le innovazioni terminologiche introdotte in botanica da Linneo e dai suoi seguaci. Buffon li dileggiava chiamandoli «nomenclateurs», accusandoli di abbandonare il linguaggio della tradizione, dei mestieri e dell'ozio colto a favore di telegrafiche definizioni binominali, un tentativo a suo avviso patetico di voler esaurire in letteralmente due parole la ricchezza di colori, comportamenti, relazioni reciproche che caratterizza il mondo dei viventi. Già Buffon tacciava di «barbari» molti termini introdotti nelle scienze naturali sulla scia delle riforme linneane. A loro volta i fautori del nuovo linguaggio «severo» introdotto da Linneo non risparmiavano parole di dileggio volte a ridicolizzare lo stile colorito e le digressioni senza fine che punteggiavano le descrizioni del mondo animale proposte nella *Histoire naturelle* di Buffon. Nel suo – solo all'apparenza – elogiativo ritratto di Buffon consegnato nel 1812 alla *Biographie Universelle* di Louis-Guillaume Michaud (1773-1858), Cuvier riportava una battuta di D'Alembert: «Ne me parlez pas de votre Buffon, de ce comte de Tuffière, qui au lieu de nommer simplement le cheval, dit: La plus noble conquête que l'homme ait jamais faite est celle de ce fier et fougueux animal».[13] Pura retorica e nessun contenuto scientifico, per dirla fuor di aneddoto.

Per avvicinarci agli anni che qui ci interessano, non vi è dubbio che il saggio pubblicato nel 1782 da Louis-Bernard Guyton de Morveau (1737-1816), *Sur les dénominations chymiques*, e la *Méthode de nomenclature chimique* (1787), avevano con forza sostenuto la tesi, ispirata alla filosofia di Condillac, che la scienza fosse in sostanza «una lingua ben organizzata».[14] Se Buffon aveva criticato Linneo e i linneani per il tradimento perpetrato nei confronti dei termini vernacolari, i nuovi «nomenclateurs» chimici sostenavano addirittura che i termini scientifici tradizionali andavano sistematicamente sostituiti, ovunque possibile. Va tuttavia sottolineato che prima del 1795 il dibattito non sembrava interessare il publico dei non addetti ai lavori. Per dirla tutta, e accennare ad una questione che meriterà ulteriori e approfondite indagini, eccezion fatta per il grande successo di publico delle opere di Buffon, ai contemporanei non sembrava proprio che la Francia fosse un grande paese «scientifico». Un giovane ambizioso come Cuvier, o un uomo di mezza età

[13] G. Cuvier, *Buffon*, in L.G. Michaud (ed.), *Biographie universelle, ancienne et moderne*, 1843 (1812), vol. VI, pp. 117-121, p. 118.

[14] L.-B. Guyton de Morveau, *Sur les dénominations chymiques, la nécessité d'en perfectionner le système, et les règles pour y parvenir*, «Observations et mémoires sur la physique», 1782, 19, pp. 370-382; L.-B. Guyton de Morveau, A.L. Lavoisier, A.F. Fourcory, C.L. Berthollet, *Méthode de nomenclature chimique […] on y a joint un nouveau système de caractères chimiques adaptés à cette nomenclature, par MM. Hassenfratz et Adet*, Paris, Cuchet, 1787.

attaccabrighe e presuntuoso come Delamétherie, condividevano senza saperlo un giudizio piuttosto negativo sulla produzione scientifica nazionale. Prima di leggere il trattato d'anatomia comparata di Felix Vicq d'Azyr (1748-1794), il *Traité élémentaire de chimie* di Lavoisier, e il *Genera Plantarum* di Antoine-Laurent de Jussieu (1748-1836), che lo riempirono di entusiasmo, Cuvier scriveva in tedesco e in latino al compagno di studi Christoph Heinrich Pfaff (1773-1852): «Les sciences ont aujourd'hui peu de dignes prêtres en France, et cette pauvreté est d'autant plus pénible, que l'on se souvient encore de l'ancien éclat dont elles ont brillé».[15] Nel 1793, tratteggiando per il *Journal de Physique* una rapidissima mappa della distribuzione geografica dei saperi nell'Europa contemporanea, Delamétherie accordava alla Francia il primato negli studi di filosofia politica, mentre l'anatomia fioriva senza rivali in Italia, la storia naturale, la chimica e la mineralogia negli Stati tedeschi e in Svezia, la geometria e la filosofia morale in Inghilterra.[16]

Per le ragioni che Roger Hahn ha ben illustrato, e alle quali abbiamo fatto più volte cenno, le riflessioni critiche di Cuvier o di Delamétherie sarebbero suonate assai strane solo qualche anno dopo, grosso modo come suonano oggi strane agli storici delle scienze. Eppure, per strano che possa apparire, non vi è dubbio che il dibattito sulla scienza, i suoi fondamenti, la sua utilità pubblica e il posto che occupava o avrebbe dovuto occupare nelle strutture dello Stato divenne un elemento caratterizzante la cultura francese, alta e bassa, solo nei mesi successivi al Terrore. Il merito scientifico permise a coloro che si erano fortemente compromessi con la republica giacobina di prendere le dovute distanze dal proprio passato. Fourcroy, uno dei primi a proporre il mito del «vandalismo» scientifico del regime di cui era stato un eminente rappresentante, è un esempio tra i più lampanti del fenomeno. Va anche detto, a onor del vero, che in epoca non sospetta si era battuto (quando aveva potuto) contro il «vandalismo» vero e proprio – la tentazione ricorrente, ad ogni crisi politica tra il 1790 e il 1794, di distruggere tutti i simboli e le vestigia dell'ancien régime: quadri, statue, libri, arazzi, castelli.[17] I nemici gli potevano tuttavia rimproverare il ruolo attivo nella abolizione dell'Académie des sciences, nel promuovere e appoggiare politiche attinenti la scienza del Comitato di istruzione pub-

[15] C.H. Pfaff, *Lettres de Georges Cuvier*, L. Marchant, ed., Paris, Victor Masson, 1858, 31 dicembre 1788, p. 78.

[16] J.C. Delamétherie, *Discours préliminaire*, «Journal de Physique», XLII, Part. 1 (January 1793), pp. 3-34, p. 7. I *Discours préliminaires* che Delamétherie scrisse per il «Journal de Physique» nell'arco di più di due decenni sono disponibili sul sito «Sciences et savants en Révolution (1780-1820), http://www.crhst.cnrs.fr/i-corpus/science1800/, ed. P. Corsi. Essi costituiscono in qualche modo un contrappunto, altrettanto partigiano, ai rapporti sullo stato della scienza contemporanea redatti da Cuvier.

[17] E. Pommier, *L'art de la liberté. Doctrines et débats de la Révolution française*, Paris, Gallimard, 1991, pp. 123-124 in particolare; J. Fayet, *La Révolution française et la science, 1789-1795*, Paris, Librairie Marcel Rivière, 1960, ch. vi.

blica o, come faceva con perfidia Delamétherie, la colpevole o vile riserva mostrata nei confronti della condanna a morte di Lavoisier.

Verso Parigi convergeva una folla di giovani e ambiziosi provinciali che cercavano di trarre profitto dai vuoti lasciati dalla rivoluzione, dallo smembramento dei vecchi circoli di potere accademico o istituzionale, o semplicemente approfittare del bisogno crescente se non disperato di farmacisti, medici, geografi e geometri, ingegneri e tecnici della neo-costituita armata repubblicana. La scienza e le tecniche avrebbero salvato la Republica, oltre a garantirne la stablizzazione ideologica. Riviste quali la *Décade philosophique*, gli *Annales des mines*, e, con crescente e convinta dedizione, il *Magazin Encyclopédique*, dedicavano largo spazio alle attività editoriali e istituzionali concernenti le scienze in tutte le loro articolazioni tematiche, annunciavano i corsi privati offerti in storia naturale, chimica o mineralogia, riassumevano le memorie lette all'Institut, che riprese i lavori della vecchia Académie nella primavera del 1796.

Sono proprio le pubblicazioni periodiche a permetterci di apprezzare i contenuti e i limiti cronologici del dibattito post-1795 sul rapporto tra scienza e linguaggio. Ci limiteremo a citare un solo esempio, il *Magasin encyclopédique*, fondato nel 1792, presto fallito, e tornato a una larga diffusione a partire dal 1795. Il suo redattore, Aubin-Louis Millin (1759-1818), autore di decine di articoli, recensioni, brevi notizie sulla scienza istituzionale e privata, non faceva mistero del suo schierarsi a favore di una riforma radicale della storia naturale e delle scienze non matematiche. Legato alla famiglia Roland e agli ambienti girondini, Millin era stato tra i fondatori della Société Linnéenne e della società di storia naturale che ne aveva ripreso il programma. Poliglotta, classicista e germanista, archeologo e bibliofilo, amante del teatro e tra i primi direttori della nuova Bibliothèque nationale, Millin è una figura stranamente trascurata dagli storici della vita culturale e politica dell'epoca rivoluzionaria.

Millin riunì intorno al *Magasin* una schiera davvero impressionante di talenti, che andavano da Philippe Pinel (1745-1826), Antoine-Nicholas Duchesne (1747-1827), Jean-Louis Alibert (1768-1837), Charles-Louis Dumas (1765-1813), Cuvier, fino al giovanissimo André-Marie Constant Duméril (1774-1860). In quegli anni difficili e tesi, sostennero con forza la necessità di trasformare la storia naturale da genere letterario in campo disciplinare rigoroso, epistemologicamente fondato: meglio, in una serie di discipline a sé stanti. La strada da seguire era indicata da una tradizione filosofica e scientifica illustre: «Depuis que Locke et Condillac ont refait la théorie des sensations et des idées, depuis que ce dernier sur-tout a démontré les avantages et la nécessité de l'analyse dans la recherche de la vérité, les sciences d'observations se perfectionnent avec une rapidité qui tient du prodige, et tous les obstacles s'aplanissent devant les efforts de l'esprit humain».[18]

[18] J.L. Alibert, recensione a P. Pinel, *Nosographie philosophique, ou la méthode de l'analyse appliquée à la médecine*, *ME*, IV anné, t. III (1798), pp. 1-21, p. 1.

Lo stesso Linneo aveva applicato il metodo analitico quando aveva individuato negli organi di riproduzione delle piante il fondamento di una tassonomia logicamente e ontologicamente affidabile. L'analisi era alla base del lavoro sperimentale intrapreso da Lavoisier e dai suoi collaboratori: nella loro *Méthode de nomenclature chimique* avevano pubblicamente riconosciuto il proprio debito nei confronti di Condilac, e provato ancora una volta che le scienza era, e doveva essere, una lingua ben organizzata. L'analisi, condotta attraverso l'osservazione e la sperimentazione, era in grado di ridurre i fenomeni naturali alle loro ultime componenti, stabilendone le reciproche relazioni spaziali e temporali. La scelta di termini appropriati per ciascun elemento identificato dall'analisi apriva la strada alla possibilità di ricostruire la struttura e la proprietà degli oggetti al centro della ricerca tramite la definizione stessa che se ne dava. Nel linguaggio ben organizzato della scienza, la frase riproduceva una struttura ontologica. Così, se i termini scelti potevano e spesso erano arbitrari e convenzionali, il linguaggio della scienza, cioè la successione di definizioni e descrizioni di relazioni spazio-temporali, non lo era affatto.[19] Da tali premesse, Duméril traeva una conclusione che esprimeva in forma di domanda retorica: «Étoit-il une science pour laquelle une nomenclature méthodique se trouvait plus indispensablement nécessaire que l'histoire naturelle? Comment appliquer à l'immense série des êtres qu'elle embrasse de noms qui rapportassent, à notre jugement, les objets qu'ils représentent? Où trouver cette langue nouvelle?»[20]

Duméril non dubitava che la nomenclatura chimica suggerita da Guyton de Morveau, poi perfezionata da Lavoisier e dai suoi allievi, nel corso di riunioni cui lo stesso de Morveau aveva preso parte, fosse il modello da seguire. Per quel che concerneva la scelta dei termini, la *Philosophia botanica* di Linneo aveva insegnato ai naturalisti a diffidare dei nomi tramandati dalla tradizione e dall'uso: «fils orphelins du caprice et de la prévention, ils sont les enfans adoptifs de l'habitude».[21] Linneo andava dunque preso ad esempio per il rigore del suo metodo e la parsimonia linguistica di cui aveva dato prova, sebbene Duméril avanzasse delle riserve sulla predilezione dimostrata dal naturalista svedese per la lingua latina, che aveva adottato a preferenza del greco. La nomenclatura chimica aveva dimostrato che i nomi greci, meglio, le radici greche permettevano di comporre termini più precisi, capaci di descrivere aspetti salienti del fenomeno studiato, grazie al gioco di combinazioni possibili con altre radici, preposizioni e suffissi.

Il giovane Cuvier, ancora oscuro istitutore presso una nobile famiglia aristocratica in Normandia, aveva preceduto Duméril nel giustificare tale scelta, come, con falsa modestia ed eleganza, scriveva all'amico Pfaff, all'inizio dell'estate del

[19] Per una diversa interpretazione, si veda J. RISKIN, *Rival idioms for a revolutionized science and a republican citizenry*, «Isis», 89, 1998, pp. 203-232.

[20] C. DUMÉRIL, *Projet d'une nomenclature anatomique basée sur la terminaison*, «ME», VIII (1796), pp. 452-463, p. 454.

[21] *Ivi*, p. 455.

1790: «Nomina generica nova, e graeco potius desumpsi, quam e latino sermone, non ad vanam eruditionem ostentationem, nam me graecarum litterarum radiorem quam deceret esse fateor, sed quia voces compositae latini sermonis indoli repugnant, uti jamdudum observavit Horatius».[22]

In alcuni casi, l'innovazione linguistica giungeva al punto di fare a meno persino del nuovo «linguaggio filosofico» fondato su radici greche; alcuni autori optavano per l'adozione di formule geometriche, sognando di far entrare una disciplina della storia naturale nell'empireo delle matematiche applicate. Sulle pagine del *Journal des Mines*, Réné-Juste Haüy (1743-1822) annunciava «[l']idée de traduire, dans une langue très-abrégée, analogue à celle de l'analyse algébrique, l'énoncé des diverses lois qui déterminent les cristaux secondaires, et de composer ainsi des espèces de formules représentatives de ces mêmes cristaux. Il suffit, pour y parvenir, de désigner, par des lettres, les angles et les arêtes de la forme primitive, et d'accompagner ces lettres de chiffres qui indiqueront les lois de décroissement qui subit tel angle ou telle arête, et dont le résultat est telle forme secondaire».[23]

Sul *Magasin Encyclopédique*, diversi autori esprimevano la convinzione che i *Genera Plantaraum* di de Jussieu, l'anatomia comparata di Vic d'Azyr, l'anatomia umana di Daumas e Duméril, la cristallografia di Haüy, la chimica di Lavoisier, la nosografia filosofica di Pinel, o la dermatologia di Alibert costituivano esempi luminosi del rigoroso processo di specializzazione disciplinare in corso. Al pari degli oggetti e dei fenomeni, anche le discipline scientifiche dovevano essere sottoposti al lavorio dell'analisi, per separare i fatti certi dal futile ornamento, le conoscenza dalla retorica. L'analisi e nuove nomenclature adeguate ai vari tipi di fenomeni studiati avrebbero dissipato le brume declamatorie della storia naturale, sempre pronta a cantare gli oggetti dei suoi studi piuttosto che a sottoporli ad una accurata dissezione, sia logica sia fisica. Le discipline, al pari degli oggetti, ricevevano nuovi nomi, ad indicare la loro emancipazione dall'onnicomprensiva «histoire naturelle»: cristallografia e cristallotecnica, ittiologia e eriptologia, nosografia e pasigrafia, biologia e idrogeologia, tecnologia e biotecnologia, organologia e frenologia, e ideologia, un termine apparso per la prima volta nel 1797, e caduto in disgrazia dopo il 1802.[24]

È parte essenziale della nostra tesi insistere sul fatto che sarebbe errato tirare conclusioni generali da questo rapido sommario di posizioni difese sulle colonne del *Magasin Enciclopédique*, come se il periodico fosse unanime nell'abbracciare la

[22] C.H. Pfaff, *Lettres de Georges Cuvier* cit., 1858, 25 June 1790, p. 163.

[23] R.J. Haüy, *Exposé d'une méthode simple et facile pour représenter les différentes formes cristallines par des signes très-abrégés, qui expriment les lois de décroissement auxquelles est soumise la structure*, «Journal des mines», IV, n° XXIII (1796), pp. 15-36, pp. 15-16. P.J. Stevens, *Haüy and A.P. de Candolle: Crystallography in the Development of Botanical Systematics and Comparative Morphology, 1780-1840*, «Journal of the History of Biology», 17, 1984, pp. 49-82.

[24] Per una introduzione critica alla comparsa del termine «idéologie», si veda J.L. Chappey, cit. n. 3, p. 61.

causa della riforma, e la stessa parola «riforma» non ammettesse una pluralità di interpretazioni. Così, per citare un solo esempio, Jacques-Louis Moreau de la Sarthe (1771-1826) (medico, ideologo, ed editore delle opere di Vicq d'Azyr e di Lavateur) non era d'accordo nel ritenere Linneo superiore a Buffon: «Je ne connoissois qu'une partie de ses [Linné] ouvrages, ceux où, en admirant l'étendue et la variété des connoissances, la précision du langage et l'exactitude des distributions, on cherche en vain cette chaleur de style, cette manière éloquente et pittoresque qui caractérisent Buffon, et qui me paroissent inséparables de l'art d'observer les phénomènes de la nature, plus inspirans que les merveilleux des fables».[25]

Di converso, persino naturalisti ferocemente contrari alla nuova chimica, e profondemente sconcertati per le posizioni di potere acquisite dai «nomenclateurs» nel corso del decennio rivoluzionario, non esitavano a proporre a loro volta nuove innovazioni terminologiche. Lamarck, un autore che il *Magasin Encyclopédique* aveva più volte invitato a non occuparsi di materie estranee alla sua competenza di botanico, e a smetterla con i suoi attacchi contro la nuova chimica e la nomenclatura proposta da Lavoisier e dai suoi discepoli, annunciava nel 1802 la propria intenzione di promuovere un ambizioso programma di ricerche incentrato su tre nuove (o rinnovate, come nel caso della meteorologia) discipline: meteorologia, idrogeologia e biologia, branche fondamentali di una nuova Fisica Terrestre di cui il naturalista sarebbe stato il nuovo Newton. Un po' tardi, come avremo modo di constatare tra breve.

La scena scientifica e filosofica parigina tra il 1795 e il 1802 era caratterizzata dalla simultanea presenza di una pluralità di attori e di prese di posizione teoriche, di stili di ricerca e di scrittura scientifica, di individui in cerca di alleati e di protettori. Alcuni, usciti di prigione o tornati dall'esilio, scoprivano spesso a loro spese quanto le già difficili condizioni di vita dell'ancien régime fossero peggiorate, e dovevano darsi da fare per ricostruire un tessuto sociale di relazioni attraverso cui ingraziarsi i nuovi potenti della politica e della scienza. Per i nuovi venuti, come era il caso, in modi diversi, dei fratelli Cuvier, di Duméril, Duvernoy, Julien-Joseph Viery (1775-1847) o Pierre-André Latreille (1762-1833), Sonnini de Manoncourt e Bosc d'Antic, la caccia ai contatti e alle occasioni per farsi notare, assorbiva notevoli energie fisiche e mentali. La presa in considerazione degli effetti dell'incertezza e della precarietà – che spiegano, in parte almeno, le improvvise conversioni o cambiamenti di rotta individuali – e la pluralità di attori e di posizioni da prendere in esame nel dispiegarsi delle carriere e delle situazioni politiche e sociali, non può esimerci dal tentare di proporre un quadro esplicativo in grado di aprire nuove piste di ricerca. Cercheremo dunque di offrire una spiegazione per dar conto di come le affermazioni perentorie che legavano strettamente il progresso delle conoscenze alla

[25] J.L. Moreau de la Sarthe, *Considérations philosophiques sur l'histoire naturelle en général, et en particulier sur celle des Insectes, adressées au C. Millin*, «ME», IV année, t. IV (1798), pp. 7-23, pp. 7-8.

riforma del linguaggio scientifico persero anno dopo anno di convincimento, e intorno al 1803-1804 divennero assolute rarità. Il che non significa affatto, è utile ribadire, che la questione della nomenclatura botanica, anatomica, geologica o mineralogica non venne più affrontata. Cio che scomparve, furono le dichiarazioni di indefinito progresso alla Duméril, o l'insistere sul valore programmatico e paradigmatico della riforma del linguaggio scientifico.

Un rapido esame del mutare delle posizioni assunte da Cuvier in merito al rapporto riforma delle scienze – riforma del linguaggio scientifico, permetterà di porre in evidenza una cronologia sommaria del fenomeno su cui intendiamo richiamare l'attenzione. Abbiamo già ascoltato il giovane pedagogo quando, agli albori della sua carriera scientifica, chiamava in causa Orazio per convincere l'amico Pfaff sul fatto che i nomi latini non erano flessibili come i greci, in tema di parole composte: quelle di cui aveva appunto bisogno la scienza. In quegli anni, Cuvier sognava una scienza del tutto, che avrebbe preso le mosse dallo studio degli elementi chimici per ascendere, legge dopo legge, allo studio della vita, dell'uomo e dell'intelligenza: un progetto che Lamarck, Delamétherie o Lacèpede avrebbero trovato di loro gusto, se non avessero già elaborato loro stessi delle risposte a tali quesiti. Quelle giuste, ovviamente.

Arrivato finalmente a Parigi, agli inizi del 1795, Cuvier fu subito oggetto di ammmirazione e di invidia per le sue conoscenze anatomiche; la morte di Vicq d'Azyr nel 1794 aveva sgomberato il campo da temibili concorrenti e aveva lasciato al Muséum una messe di appunti accumulati dal suo predecessore. Con poca modestia e une buona dose di aggressività, Cuvier prese a propugnare l'adozione di uno stile «severo» in storia naturale e fustigava i seguaci di Buffon con la sua devastante ironia. Negava legittimità al romanzo filosofico in ogni sua forma, comprendendo nel genere anche le teorie della terra allora in gran voga. Paragonava sfavorevolmente la Francia alla Germania, paese in cui, asseriva, ogni principale città aveva un suo periodico consacrato alle scienze naturali. Eppure, nonostante le sue conoscenze e il suo cipiglio, Cuvier aveva senza dubbio bisogno di aiuto per fare carriera. Dovette ricorrere ad un accordo sotto banco per ottenere il modesto posto di assistente di Mertrud, lo scialbo professore di anatomia umana al Muséum, e racimolare tutti gli appoggi politici di cui poteva disporre per assicurarsi una posizione stabile. Fu solo nel 1802, quando la sua posizione era divenuta politicamente sicura, che ottenne finalmente la cattedra di anatomia comparata al Muséum.

Nel frattempo, il giovanile entusiasmo per Bernardin de Saint-Pierre e il sogno di un scienza del tutto erano svaniti. L'ardore per la lingua greca e la nuova nomenclatura si affievoliva testo dopo testo. Molti termini scientifici, scriveva nel 1796, sono certamente «figli dell'abitudine», ma le abitudini sono difficili da cambiare. Imporre un linguaggio nuovo di zecca a settori disciplinari radicati nella cultura e nelle tradizioni del paese significava dover rinunciare alla lingua nazionale, a nomi familiari per il commerciante, il dilettante, l'artigiano. Il compromesso che proponeva, era di adottare nuovi termini, possibilmente modulati su radici greche, per

indicare specie recentemente scoperte o nuove proposte tassonomiche. Ad esempio, «gasteropodo» era un buon termine descrittivo per la classe di molluschi che aveva stabilito, all'interno della quale le specie note avrebbero continuato a preservare i nomi che la tradizione aveva loro imposto.

Nel 1800, licenziando la prefazione al primo volume delle sue *Leçons d'anatomie comparée*, Cuvier – che non fu mai noto per la sua generosità – generosamente riconosceva che la nuova nomenclatura anatomica proposta nei volumi delle lezioni era stata elaborata da Duméril, il curatore dei primi due volumi: «Le citoyen Duméril a inséré presque partout sa nouvelle nomenclature, qui est analogue à celle qu'avoit proposée le citoyen Chaussier, et qu'ont modifiée, chacun à leur manière, les citoyens Dumas et Girard. Sans attacher à cet objet une grande importance, il sera cependant intéressant que les anatomistes conviennent de quelque fixation dans leur idiome».[26] Generosità, dunque, o presa di distanza?

Qualche anno dopo, le spalle coperte da una cattedra al Muséum, il posto di segretario perpetuo della Prima Classe dell'Institut, e il favore di Napoleone dalla sua, Cuvier diede una mano all'amico Fourcroy, protestando vigorosamente contro la diffusa opinione secondo cui la nomenclatura chimica rappresentava uno dei migliori esempi di quanto la riforma del linguaggio potesse fare per una scienza, «come una moderna scuola ha preteso».[27] Al lettore contemporaneo non poteva sfuggire il preciso riferimento politico: la nuova chimica non aveva nulla a che vedere con la «scuola moderna» degli idéologues, tanto invisa all'Imperatore che Cuvier non osava neppure pronunciarne il nome. Gli idéologues avevano semplicemente sfruttato il genio sperimentale di Lavoisier per i loro fini filosofici e «ideologici».

Come spiegare dunque l'evoluzione del punto di vista di Cuvier sul rapporto tra scienza e linguaggio? Si tratta forse del risultato di una maturazione epistemologica o, come avremo modo di argomentare di seguito, delle conseguenze degli attacchi ripetuti, scientifici e politici, cui erano sottoposte le dichiarazioni in favore della riforma «linguistica» della scienza? Ho tratteggiato altrove lo spettro di posizioni espresse a proposito della controversa questione della riforma dell'«histoire naturelle», della lenta e difficile ascesa di Cuvier nella scena scientifica parigina, delle sue strategie per conservare il proprio potere ad ogni mutamento di regime.[28] In effetti, come Dorinda Outram ci ha insegnato ad apprezzare, l'opposizione alla

[26] C. Duméril (ed.), *Leçons d'anatomie comparée de G. Cuvier, recueillies et publiées sous se yeux*, 2 vols., Paris 1800. Vols. 3-5 a cura di Georges-Louis Duvernoy (1777-1855). Vol 1, p. xxi.

[27] G. Cuvier, *Rapport*, «ME», t. VII, IV année (1796), pp. 161-164. Il rapporto concerneva una memoria di A.N. Duchesne, *Sur l'établissement d'une nomenclature européenne d'histoire naturelle*, ivi, pp. 147-160; l'espressione «nomenclature radicale», cioè fondata su radici nominali e verbali greche, era di Duchesne. Si veda anche G. Cuvier, *Histoire des progrès des sciences naturelles depuis 1789 jusqu'à ce jour*, Paris, Baudouin, 1827, T. 1, pp. 13-16 et 71-79.

[28] P. Corsi, cit. n. 1, ch. 1. Id., *Models and Analogies for the Reform of Natural History. Features of the French Debate, 1790-1800*, in G. Montalenti e P. Rossi (a cura di), *Lazzaro Spallanzani e la biologia del Settecento: teorie, esperimenti, istituzioni scientifiche*, Firenze, Olschki, 1983, pp. 381-396.

leadership istituzionale e scientifica esercitata da Cuvier non cessò mai, e si fece a volte pericolosamente efficace, in modo particolare a partire dalla metà degli anni 1820. Agli inizi degli anni 1800, gli attacchi si concentravano sulla sua opposizione alle teorie geologiche, e sui neologismi che aveva introdotto in anatomia comparata e in zoologia. Non sorprende constatare che i buffoniani riuniti intorno a Sonnini de Manoncourt – e protetti dall'alto da Lacepède, intimo di Napoleone – che avevano condannato senza mezzi termini le novità linguistiche introdotte da Linneo, Lavoisier o Haüy, non perdevano un'occasione per ricordare ai loro numerosi lettori che Cuvier aveva osato proporre un termine che più barbaro non si poteva: «gasteropodo», per l'appunto.

Nel 1802, quando Pierre Denys de Montfort (1768-1820) si prendeva gioco di Cuvier per aver introdotto un simile nome nella bella lingua francese, a nessuno, ancora una volta, poteva sfuggire la valenza politica dell'accusa.[29] Dopo il ritorno degli emigrati nel 1799, e la promessa di pacificazione nazionale avanzata dal generale Bonaparte, il progetto di specializzazione disciplinare esaltato a gran voce nel quinquennio precedente, ed in particolare i rapporti tra analisi, linguaggio e specializzazione, prestava il fianco ad aspre critiche. Ad un livello immediato, quasi banale, il nuovo linguaggio della scienza era difficilmente distinguibile da altre riforme linguistiche che la repubblica rivoluzionaria e giacobina dapprima, e il Direttorio in seguito, avevano imposto o cercato senza molto successo di imporre. Riforme che toccavano la vita di tutti i giorni di tutti i cittadini della Repubblica, analfabeti compresi: la riforma del calendario, dei pesi e delle misure, dei nomi di strade e di città, di dipartimenti e di feste pubbliche. Nuovi nomi, spesso e volentieri derivati da radici greche o latine, erano stati imposti ad un paese che nel suo insieme non voleva saperne. Come Réné de Chateubriand ricordava ai suoi ammiratori conservatori, «Cette manie de gréciser et de latiniser notre langue n'est pas nouvelle […] De nos jours elle a ressuscité par la science; nos révolutionnaires grands Grecs par nature, ont obligé nos marchands et nos paysans à apprendre les hectares, les hectolitres, les kilomètres, les millimètres, les décagrammes».[30]

L'accusa non era certo nuova. Già a partire dal 1795, i protagonisti di punta della riforma dei pesi e delle misure, per la maggior parte noti matematici, astronomi e tecnocrati, dovettero combattere dure battaglie per ribattere alle accuse di voler introdurre termini barbari nella lingua francese, come Isabelle Laboulais-Le-

[29] P. Denys de Montfort, in C.-N.-S. Sonnini de Manoncourt (ed.), *Histoire naturelle*, cit. n. 7, an. X (1802), vol. 87, p. 35: «On ne voit chez Buffon ni mammaux, ni plantigrades, ni gasteropodes»; pp. 22-23: «Quand on écrit pour la société, on doit lui parler son langage, et ne point affecter d'être étranger au milieu d'elle; on doit désirer se faire entendre de tous et abandonner une nomenclature greco-gothique qui ne peut qu'embrouiller toute chose». Cfr. P. Corsi, cit. n. 1, pp. 207-208.

[30] R. de Chateaubriand, *Memoires d'outre-tombe*, Paris, Gallimard, (1951) 2000, 2 voll., vol. 1, p. 142.

sage ha ben documentato nel caso di Coquebert de Montbret.[31] La riforma avrebbe arrecato confusione e disordine nei commerci, sostenevano i critici, e avrebbe indebolito l'identità nazionale, abolendo ciò che maggiormente unisce un popolo, una lingua comune, per sostituirla con una congerie di parole barbare. È a questo punto superfluo ricordare che i vandali (i quali, nelle parole di Fourcroy, avevano inflitto danni severi alla scienza e alla cultura Francese) erano dopo tutto una tribù di barbari. I vandali politici, i giacobini, avevano proposto di cambiare i nomi dei giorni, dei mesi, dei pesi e delle misure; avevano trovato alleati potenti nei barbari scientifici che proponevano di cambiare tutti i nomi che il popolo francese utilizzava da secoli per descrivere la natura e le sue meraviglie, per commerciare, coltivare, mangiare; avevano persino cercato di fare a meno delle riflessioni sugli attributi morali e intellettuali degli esseri umani affidate ad una lunga tradizione di pensiero cristiano, per affidarsi alla «ideologia». Peggio ancora: per molte delle riforme le più odiate, erano stati degli scienziati a suggerire le riforme stesse e i nomi bizzarri che dovevano caratterizzarle. Erano scienziati i membri più influenti delle varie agenzie e commissioni che avevano formulato le proposte concernenti le nuove unità di misura e di peso, il nuovo calendario, la ridicola proposta di scandire persino le ore del giorno secondo un sistema decimale.

Nella frase di Chateaubriand che abbiamo citato – un testimone di parte, senza dubbio, ma un testimone influente sulla sua parte – rivoluzionari e scienziati erano una e la stessa cosa. Non è irrilevante ricordare a questo punto che nel novembre del 1800 il Primo Console Buonaparte decise di permettere ai francesi di tornare ai nomi tradizionali, pur preservando le norme decimali, e che nel febbraio del 1812 le vecchie unità di misura vennero nuovamente introdotte per il commercio e gli scambi locali. Il sistema metrico decimale venne prontamente abolito alla Restaurazione, nel febbraio del 1816.

Chateaubriand e Delamétherie non avevano dunque dubbi – anche se per ragioni opposte: gli scienziati e i filosofi che pretendevano di sostituire la lingua tradizionale delle varie discipline scientifiche erano degli irridicubili rivoluzionari. Agli occhi di cattolici e monarchici, come dei moderati di tutte le fazioni, vandali e barbari avevano distrutto il linguaggio del commercio e degli scambi, i nomi delle città, dei giorni e dei mesi, delle piante, degli animali, dei minerali, dei prodotti farmaceutici e chimici. Avevano cercato di annegare la cultura del paese in un mare di parole bizzarre, come avevano quasi annegato il paese in un mare di sangue.

Non era dunque facile, dopo il 1800, usare la bandiera della scienza per acqui-

[31] I. LABOULAIS-LESAGE, *Lectures et pratiques de l'espace. L'intinéraire de Coquebert de Montbret, savant et commis d'Etat (1755-1831)*, Paris, Honoré Champion, 1999, pp. 288-296; W. KULA, *Les mesures et les hommes*, Paris, MSH, 1984; B. GARNIER and J.C. HOCQUET (eds.), *Genèse et diffusion du système métrique*, Actes du Colloque «La naissance du système métrique», Caen, Editions du Lys, 1990; D. GUEDJ, *Le mètre du monde*, Paris, Editions du Seuil, 2000; K. ALDER, *The Measure of All Things: the Seven-Year Odyssy that Transformed the World*, London, Little, Brown, 2002.

sire fama e ricchezze o anche semplicemente per cavarsela, in un momento in cui la parola «scienza» poteva evocare ricordi drammatici e pericolosi. Eccezion fatta per gli allievi dell'Ecole Polytechnique, e coloro che aspiravano a posizioni «scientifiche» all'interno dei vari corpi tecnici militarizzati dello Stato, per i naturalisti, i geologi o gli adepti di altre discipline la situazione non era affatto semplice. Per Cuvier, per tenerci al nostro esempio, il compito restò difficile per tutta la sua lunga carriera. Dovette dapprima giustificarsi per i suoi contributi sia sostanziali sia linguistici alla anatomia comparata e alla zoologia; più tardi, per le sue posizioni conservatrici in tema di filosofia anatomica, embriologia, teorie dell'evoluzione. Dovette combattere contro i sostenitori della vecchia «histoire naturelle» – verbosi amatori di sistemi dell'universo e di teorie del tutto –, i chimici vecchio stile che si opponevano con decrescente vigore alla nuova chimica e alla «nomenclatura» alla testa della chimica istituzionale, contro i geologi appassionati di teorie della terra. E doveva anche arginare le imprese editoriali lanciate dai suoi nemici, che giunsero a far naufragare il suo *Dictionnaire des sciences naturelles*, nel 1805, saturando il mercato con il *Nouveau Dictionnaire d'histoire naturelle*, curato dall'ultra-buffoniano Virey e pubblicato a ritmi vertiginosi tra il 1803 e il 1804.[32] Specializzazione e stile severo potevano venire presentati come un antidoto efficace contro la storia naturale letteraria solo se si riusciva a far dimenticare ai propri concittadini gli argomenti avanzati negli anni che seguirono la caduta di Robespierre per fornire una giustificazione intellettuale alla specializzazione stessa. Dopo il 1800, la retorica a difesa della specializzazione da parte di Cuvier sottolineava le virtù anti-materialistiche e anti-ateistiche di ben definiti settori di ricerca, rispettosi della divisione del lavoro intellettuale, incapaci per statuto epistemologico di invadere territori di più alta generalità e importanza per l'uomo. In un corso di lezioni popolari dirette al bel mondo, tenuto nel 1805, Cuvier si spinse sino a suggerire che il libro della Genesi era sempre in accordo con le scoperte della geologia. La Paleontologia era scienza rigorosa, consapevole dei suoi limiti, mentre le speculazioni ancora correnti sull'età della Terra e sulla storia della vita non lo erano affatto.[33]

In termini più generali, le ragioni di ordine pubblico e ideologico che resero la scienza utile sotto il Direttorio si affievolirono quando l'ordine venne finalmente garantito da Napoleone, e i valori religiosi tradizionali vennero ancora una volta chiamati a sostenere il trono. Quegli scienziati che si erano guadagnati posizioni, influenza e una certa ricchezza grazie alle incertezze politiche degli anni 1790, si trovarono nella condizione di dover dimostrare la propria utilità al nuovo regime, per riceverne una protezione in alcuni casi più che necessaria. Le ragioni un tempo sostenute per far avanzare i propri interessi in nome dell'interesse generale pote-

[32] Su quella che ho chiamato la «guerra dei dizionari», vedi P. CORSI, cit. n. 1., e P. CORSI, *Buffon sous la Révolution et l'Empire*, in J. GAYON (ed.), *Buffon 88*, Actes du Colloque international pour le bicentenaire de la mort de Buffon, Paris, J. Vrin, 1992, pp. 639-648.

[33] P. CORSI, cit. n. 1, pp. 221-225.

vano ora venire rivolte contro gli interessati, come fu spesso il caso. Tale interpretazione trova un sostegno per certi versi soprendente in un brano dell'autobiografia di Stendhal, in cui lo scrittore denuncia il ruolo avuto dagli scienziati nell'ascesa di Napoleone: «L'Empereur commença alors [1797] à élever le trône des Bourbons et fut secondé par la lâcheté sans bornes ni mesure de M. de Laplace. Chose singulière, les poètes ont du cœur, les savants proprement dits sont serviles et lâches. Quelle n'a pas été la servilité et la bassesse envers le pouvoir de M. Cuvier! Elle faisait horreur même au sage Sutton Sharpe. Au Conseil d'État M. le baron Cuvier était toujours de l'avis le plus lâche. Lors de la création de l'ordre de la Réunion j'étais dans le plus intime de la cour, il vint *pleurer*, c'est le mot, pour l'avoir. Je rapporterai en son temps la réponse de l'Empereur. Rentés pour la lâcheté: Bacon, Laplace, Cuvier. M. Lagrange fut moins plat, ça me semble. Sûrs de leur gloire par leurs écrits, ces Messieurs espèrent que le savant couvrira l'homme d'État; en affaires d'argent, comme en faveurs, ils courent à l'utile. Le célèbre Legendre, géomètre de premier ordre, recevant la croix de la Légion d'Honneur, l'attacha à son habit, se regarda au miroir et sauta de joie. L'appartement était bas, sa tête heurta le plafond, il tomba à moitié assommé. Digne mort c'eût été pour ce successeur d'Archimède! Que de bassesses n'ont ils pas faites à l'Académie des sciences de 1815 à 1830 et depuis, pour s'escamoter des croix!»[34]

La gustosa caricatura di Stendhal contiene un'indicazione davvero importante: gli scienziati che mantennero il proprio potere dopo il 1800 vi riuscirono perché erano diventati delle personalità politiche, che esercitavano funzioni politiche. Gli altri, quelli che di potere non ne avevano, o non erano in grado di mantenerlo nella vita rischiosa di una corte imperiale, subivano i contraccolpi di un clima culturale e politico sempre più conservatore, in cui l'eminenza scientifica – se applicata al di fuori dei confini considerati come legittimi dalle autorità – poteva rivelarsi un handicap. Tra il 1795 e il 1802, occuparsi di scienza, pubblicare testi scientifici (spesso a proprie spese), seguire i corsi di lezione al Muséum o al Collège de France, o partecipare alle sedute di società scientifiche significava dar prova del proprio patriottismo moderato, dell'aspirazione ad occupare il posto cui il proprio merito dava diritto. Significava anche attestare la propria opposizione al vandalismo, accusato, tra gli altri crimini veri o presunti, di aver perseguitato la scienza e gli scienziati – sebbene molti di coloro che sostennero tale accusa fossero stati essi stessi eminenti rappresentanti o alti funzionari della repubblica «vandala». L'elezione del generale Bonaparte all'Institut nel 1797, favorita dal suo ex-insegnante Laplace, illustra l'astuzia politica del militare in carriera, piuttosto che la sua eminenza scientifica. Anche Bonaparte aveva in certo senso bisogno di prendere le distanze dal proprio passato.

Dopo il 1800-1802, la politica non aveva più bisogno della scienza, o almeno,

[34] STENDHAL, *Vie de Henry Brulard*, Edition Béatrice Didier, Folio Classique, Paris, Gallimard, (1973) 2002, pp. 237-238.

come Bruno Belhoste ha dimostrato, aveva essenzialmente bisogno di una scienza di Stato affidata ad una Ecole Polytechnique militarizzata. Le fazioni conservatrici potevano liberamente mettere in dubbio (come fece Chateaubriand) l'affidabilità di scienziati che dicevano di essere stati perseguitati, ma che in realtà erano emersi dalla tempesta rivoluzionaria illesi e spesso coperti di onori e di ricchezze. Oltre ogni ipotesi, resta il fatto che dopo il 1802 l'attività scientifica conobbe un calo pronunciato. Le pubblicazioni scientifiche, è stato giustamente osservato, quanto meno quelle indirizzate al publico colto, subirono gli effetti della crisi che colpì l'editoria e l'economia nel loro insieme. Ciò è a mio avviso vero, ma per quale motivo diminuì anche la frequentazione ai corsi pubblici gratuiti che si tenevano al Muséum? I dati che emergono dallo studio dell'uditorio presente alle lezioni di Lamarck dal 1793 al 1823 mostrano un declino pronunciato delle presenze dopo l'anno record, il 1802, che vide la presenza di 131 uditori; politici, militari, burocrati e notabili avevano già disertato le aule a partire dal 1798.[35]

Dal 1800-1802, la pretesa che la scienza avrebbe contribuito al benessere e alla felicità dell'umanità veniva messa in dubbio un po' ovunque in Europa, se non era addirittura accusata di aver favorito la rivoluzione. In Francia, nel suo *Génie du Christianisme* (1802) Chateaubriand lanciava una poderosa offensiva contro i miti dei lumi, ivi compresi quelli scientifici. L'idea che la natura, l'uomo, la società e la politica potessero venire studiati scientificamente, per poter poi trarre utili linee di condotta e di azione, veniva sempre più considerata come un esempio tra i tanti dell'arroganza intellettuale che aveva portato al disastro rivoluzionario. Gli scienziati che erano emersi come figure pubbliche durante la Rivoluzione, il Direttorio e il Consolato, si trovavano ora ad avere bisogno di tutto l'appoggio politico che potevano racimolare se volevano conservare i privilegi acquisiti e possibilmente aumentarli. Nelle parole altamente partigiane di Chateaubriand, «Les La Place, les Lagrange, les Monge, les Chaptal, les Berthollet, tous ces prodiges, jadis fiers démocrates, devinrent les plus obséquieux serviteurs de Napléon. Il faut le dire à l'honneur des lettres: la littérature nouvelle fut libre, la science servile; le caractère ne répondit point au génie, et ceux dont la pensée était montée au plus haut du ciel, ne purent élever leur âme au-dessus des pieds de Bonaparte: ils prétendaient n'avoir pas besoin de Dieu, c'est pourquoi ils avaient besoin d'un tyran».[36]

Il che valeva anche, avrebbe potuto aggiungere, per Cuvier e Lacèpede, che non erano mai stati ultra democratici, ma avevano egualmente avuto bisogno di Napoleone. Il secondo non seppe mai giocare il giuoco che Stendhal attribuiva ai politici travestiti da scienziati, nel quale il primo era divenuto maestro incontrastato: gli incarichi di Lacèpede, Presidente del Senato, Gran Cancelliere della Legion d'Onore, certo politicamente più esposti di quel che Cuvier ottenne sotto

[35] R. BANGE, *Les auditeurs au cours de Lamarck en chiffres*, in CORSI (ed.), www.Lamarck.net.

[36] R. DE CHATEAUBRIAND, *Mémoires d'outre-tombe*, Paris, Gallimard (1951), 2000, 2 voll., vol. I, p. 467.

l'impero, gli valsero l'allontanamento dal potere alla Restaurazione. Ma fu grazie alla sua protezione durante il Direttorio, il Consolato e l'Impero che i naturalisti fedeli alla figura e all'opera di Buffon rialzarono la testa, fieri del loro praticare una scienza gentile, moraleggiante, capace di suscitare gli entusiasmi dei lettori grazie ad una prosa ben lungi dall'essere severa, perché volutamente poetica. Uomo di mondo, Lacèpede aveva colto al volo il mutare del clima politico e culturale; aveva di fatto abbandonato le scienze, per dedicarsi a opere di storia e alla scrittura di tediosi romanzi. Anche lui, al pari di altri, sentiva forse di dover far dimenticare le sue prime glorie scientifiche. Cuvier, o coloro che avevano promosso una vigorosa campagna per la specializzazione dei saperi naturalistici e scientifici in genere, fondata sull'adozione di linguaggi pertinenti ad ogni settore disciplinare, semplicemente tacquero. Non era più opportuno ricordare prese di posizione che avevano caratterizzato gli anni della Repubblica, del Direttorio, ed erano associate nella memoria dei contemporanei ad altri usi che di un nuovo linguaggio avevano cercato di fare le autorità rivoluzionarie. Non vi è dunque da sorprendersi che della nomenclatura chimica di Lavoisier e colleghi si parlò sempre meno, o senza l'ombra di alcuna ostentazione teorica.

Anni dopo, nella aristocratica Cambridge degli anni 1820 e 1830, tornare al greco per il linguaggio della scienza, assunse significati che avrebbero fatto inorridire il giovane Duméril, o Alibert e Pinel. Lo scienziato gentiluomo, spesso ministro della Chiesa Anglicana, faceva sfoggio della propria cultura umanistica esibendosi nella creazione di nuovi termini tecnici dalle elaborate ed erudite etimologie. Ma questa è tutta un'altra storia.

Riassunto – Numerosi studi e ricerche hanno da tempo sottolineato il ruolo del dibattito sul linguaggio della scienza all'interno del più generale dibattito sui fondamenti delle scienze, nel periodo che copre gli ultimi tre decenni del diciottesimo secolo e i primissimi anni del diciannovesimo. Come è noto, il linguaggio della nuova chimica proposto da Guyton de Morveau, Lavoisier e dai collaboratori di quest'ultimo assunse il ruolo di esempio da seguire per tutti gli ultimi anni del Settecento: non senza forti opposizioni. Minore attenzione si è prestata agli esiti di quel dibattito, e alle ragioni del suo affievolirsi sino quasi a scomparire, perlomeno in Francia, a partire dagli anni 1802-1804. Elucidare le ragioni di tale complessa e disattesa vicenda permetterà di illustrare alcune connessioni tra dibattito sulle scienze e politica nella Francia in transizione tra il decennio rivoluzionario e il potere napoleonico.

ANGELO BASSANI*

Un'iniziativa agroindustriale in età napoleonica: la Euganea Società Glicotecnica**

An agro-industrial enterprise in the Napoleonic era: the Euganean Glycotechnical Society

Summary – Following the naval blockade decreed by Napoleon on 21 November 1806, the importation of cane sugar to Europe from American plantations was interrupted. In many countries on the continent this stimulated a search to find new supplies of the product for which demand was increasing. Amongst the numerous initiatives undertaken in Italy, one put into practice in the Veneto by two teachers at the University of Padua – Luigi Arduino, professor of agriculture, and Girolamo Melandri, professor of chemistry – merits further investigation. Continuing research conducted by his father Pietro, Arduino studied the possibilities offered by the cultivation of a South African sorghum from whose stalks could be obtained, through a pressing process, a syrup rich in saccharose. The results of Arduino's research, supported by French authorities, led to the formation of an industrial firm, with Melandri in charge of the chemical processes. At the end of the Napoleonic era, maritime trade resumed and the enterprise collapsed. However, its establishment and story point to the beginnings of the chemical industry in Italy.

Le indagini di Luigi Arduino

Nel cassetto 469, intitolato «Industria», del catalogo della Biblioteca del Museo civico di Padova, si trovano, raggruppate sotto il titolo «Società Glicotecnica», alcune schede relative al tentativo di estrarre zucchero dall'«Olco di Cafreria», tentativo condotto tra gli anni 1810-1815, durante la dominazione francese, allorché il blocco continentale decretato da Napoleone il 21 novembre 1806 impediva l'importazione dello zucchero di canna dalle Americhe. Segnalo questa singo-

* Università di Padova - Centro per la storia dell'Università di Padova.

** Relazione presentata al X Convegno Nazionale di «Storia e Fondamenti della Chimica» (Pavia, 22-25 ottobre 2003).

lare e fortunata circostanza anche come forma di ringraziamento all'anonimo compilatore dello schedario che ha di molto semplificato la presente indagine.

Questo episodio minore della storia dell'industria chimica in Italia viene a collocarsi in una serie di iniziative dirette a soddisfare la richiesta del prodotto a partire dallo sfruttamento di alcuni vegetali coltivati in Europa.[1] Tra i numerosi tentativi italiani merita rilievo questo di Padova, condotto inizialmente da Luigi Arduino, applicatosi ad estrarre zucchero dai fusti di un sorgo, originario del Sudafrica, che il padre Pietro, di cui era stato assistente e poi successore nella cattedra di agraria,[2] aveva proposto, denominandolo *Holcus cafer*, all'attenzione degli studiosi e degli agricoltori.[3]

Ciò avvenne nel settembre del 1810 allorché le autorità del Regno d'Italia, sull'esempio di quanto stava avvenendo in Francia, decretarono un premio di 50.000 lire da ripartirsi tra i quattro maggiori produttori di zucchero d'uva, ritenuto allora uno dei surrogati più promettenti.[4]

[1] Sulle vicende italiane rinvio a ANTOINE AUGUSTIN PARMENTIER, *Notice historique et chronologique de la matière sucrante*, «Annales de chimie», 80, 1811, pp. 89-108, 293-313; CAMILLO BORGNINO, *Cenni storico-critici sulle origini dell'industria dello zucchero in Italia*, Bologna, Zanichelli, 1910; LUCIO GAMBI, *Geografia delle piante da zucchero in Italia*, «Memorie di Geografia Economica», 7, 1955, pp. 7-33; MARIA ELISABETTA TONIZZI, *L'industria dello zucchero. L'industria saccarifera in Italia e in Europa 1800-2000*, Milano, Angeli, 2001. Vedi inoltre SIDNEY W. MINTZ, *Storia dello zucchero. Tra politica e cultura*, Torino, Einaudi, 1990. Per una disamina delle problematiche chimiche, in riferimento alla situazione britannica, segnalo ARCHIBALD CLOW, NAN L. CLOW, *The chemical revolution*, London, Batchworth Press Ltd, 1952; reprint 1992 Gordon & Breach Science Publishers, pp. 515-535.

[2] Su Pietro rinvio a GIANPIERO FUMI, *Pietro Arduino*, in *Scritti teorici e tecnici di agricoltura*, II. *Dal Settecento agli inizi dell'Ottocento*, a cura di Sergio Zaninelli, Milano, Il Polifilo, 1989, pp. 107-118; NOEMI TORNADORE, *Pietro Arduino*, in *Scienziati dell'Università di Padova nel Settecento*, a cura di Sandra Casellato, Luciana Sitran Rea, Padova, Centro per la Storia dell'Università di Padova, 2002, pp. 3-8. Su Luigi vedi la voce curata da VIRGILIO GIORMANI, in *Professori di materie scientifiche all'Università di Padova nell'Ottocento*, a cura di Sandra Casellato, Luisa Pigatto, Trieste, Centro per la Storia dell'Università di Padova, Edizioni Lint, 1996, pp. 62-64. Esigenze di brevità mi inducono a ridurre lo spazio a lui dedicato in questa ricostruzione: mi riservo di dedicargli maggiore attenzione in una memoria che verrà proposta per la pubblicazione nei «Quaderni per la storia dell'Università di Padova».

[3] PIETRO ARDUINO, *Del genere degli olchi, o sorghi, delle sue specie e varietà, della coltura ed usi economici*, «Saggi scientifici e letterari dell'Accademia di Padova», 1, 1786, pp. 117-190, in particolare pp. 119-124. Per ulteriori informazioni su questo cereale rinvio a J.D. SNOWDEN, *The cultivated races of Sorghum*, London, The Trustees of the Bentham-Moxon fund by Adlard & Son, Ltd, 1936, pp. 10, 105, 135 e *passim*.

[4] *Bollettino delle leggi del Regno d'Italia*, Milano, Stamperia Reale, 1810, pt. II, p. 886, n. 213, 12/9/1810. L'interesse per tale prodotto traeva origine dalle ricerche svolte da Joseph Louis Proust tra il 1799 e il 1808 che l'avevano condotto a ricavare una sostanza zuccherina che, pur non avendo le medesime proprietà dolcificanti dello zucchero di canna, sembrava costituirne un accettabile sostituto ed una possibile alternativa allo zucchero di barbabietola, la cui produzione era tenacemente perseguita dal governo francese. Il 15 luglio 1808 (con scadenza primo aprile

L'Accademia di Padova, che era stata coinvolta in questa operazione, segnalò le esperienze cui attendeva Arduino che, richiesto immediatamente di un rapporto, illustrò le osservazioni da lui condotte sullo sciroppo ricavato dalle canne di sorgo:

> 1) che il detto sciloppo usato per condimento alle vivande più delicate e a quelle eziandio che sono più facili ad alterarsi e a corrompersi come il latte, riesce saporito ed aggradevole quanto il sciloppo dello zucchero comune.
> 2) che nella composizione d'alcune conserve e nella fabbricazione dei rosoli rende il medesimo servizio.
> 3) che questo sciloppo è migliore di quello tratto dall'uva, e ricerca una spesa infinitamente minore.
> 4) che il solo prodotto dei grani, prodotto abbondantissimo di questa spezie d'olco, paga le spese non solamente della sua coltivazione, ma sì ancora della fabbrica del suo sciloppo.

Era inoltre riuscito a «condurre lo sciloppo a qualche grado incoato di cristallizzazione», ma su tale importante obiettivo le esperienze erano ancora in corso.[5]

L'incoraggiamento delle autorità, espressosi anche con notizie sui giornali e l'assegnazione di una medaglia d'oro,[6] lo indusse a compilare un opuscolo, comprensivo di istruzioni sulla coltivazione del sorgo, sui suoi vantaggi economici e

1813) venne proposto un premio al miglior fabbricante di sciroppo d'uva ed in seguito venne pubblicata una *Instruction* sull'argomento presto tradotta anche in italiano. Napoleone nel 1810 ordinò che per le sue ricerche Proust venisse premiato con 100.000 franchi e la legion d'onore, ma, come riferisce Berzelius, non avendo lo studioso accolto l'invito a occuparsi personalmente della produzione, il premio non venne corrisposto. JOSEPH LOUIS PROUST, *Mémoire sur le sucre de raisin*, «Journal de physique, de chimie, d'histoire naturelle et des arts», 63, 1806, pp. 257-278, 340-364. *Programme d'un prix proposé par la Societé da pharmacie de Paris sur la fabrication des sirops de raisin*, «Annales de chimie», 83, 1812, pp. 109-115; JEAN ANTOINE CHAPTAL, LOUIS NICOLAS VAUQUELIN, JOSEPH LOUIS PROUST, ANTOINE AUGUSTIN PARMENTIER, CLAUDE LOUIS BERTHOLLET, *Istruzione sul modo di fare lo zucchero d'uva*, Milano, Stamperia Reale, 1810. AARON J. IHDE, *The development of modern chemistry*, New York, Harper & Row, 1962, Dover, 1984, p. 166; MAURICE CROSLAND, *The society of Arcueil. A view of French science at the time of Napoleon I*, London, Heinemann, 1967, pp. 32-36; GIOVANNI JACOPO BERZELIUS, *Trattato di chimica*, 8 voll., Venezia, Antonelli, 1830-1834, V, pp. 229-230.

[5] ASMI (= Archivio di Stato di Milano), *Commercio*, p.m., b. 370, nota del prefetto del Brenta al ministero dell'interno, 8/12/1810, e lettera di Arduino allegata, 7/12/1810. Vedi anche *Notizie sulla scoperta arduiniana dello zucchero tratto dalle canne d'olco cafro, e sullo stabilimento glicotecnico eretto in Padova*, «Giornale dell'italiana letteratura», 34, 1812, pp. 332-372; l'estensore della nota è presumibilmente lo studioso Nicolò Da Rio, compilatore del giornale. Tale resoconto è ripreso, con modifiche e ampliamenti, dalle *Notizie sulla scoperta arduiniana e sullo stabilimento glicotecnico*, in *Almanacco del Brenta per l'anno 1813*, Padova, Penada, 1812; BMCPD (= Biblioteca del Museo civico di Padova), B. P. 2. I membri dell'Accademia incaricati di seguire la vicenda dello zucchero erano Angelo Dalla Decima, professore di materia medica, Salvatore Mandruzzato, professore di chimica farmaceutica, e Girolamo Melandri, professore di chimica generale. Su quest'ultimo, che avrà un ruolo importante nella vicenda, e sui suoi colleghi rinvio alle rispettive voci, in CASELLATO, PIGATTO, *Professori di materie scientifiche* cit., pp. 333-336, 103-105, 106-110.

[6] «Giornale italiano», n° 10, 10/1/1811, p. 39; «Telegrafo del Brenta», n. 3, 21/1/1811, p. 12; per la medaglia, *Ivi*, n. 5, 4/2/1811, p. 18.

sulla tecnica di estrazione del succo e di preparazione dello sciroppo.[7] Da parte del ministero dell'interno ne vennero acquistate mille copie, subito girate alle prefetture del regno per la diffusione.

Dopo alcuni mesi di esperienze, Arduino annunciò di aver trovato «un metodo facile per estrarre dall'olco di Cafreria uno zucchero cristallizzato, polverizzabile e somigliante a quello delle Americhe; […] l'odore, il sapore e il peso non meno dello zucchero cafro si rassomiglia e corrisponde in tutto e per tutto al coloniale»,[8] un successo confermato dall'Accademia di Padova e comprovato da una commissione presieduta dal prefetto del Brenta.[9]

Ciò indusse le autorità ad accogliere, in vista del nuovo raccolto, un piano presentato da Arduino, comprensivo di adattamenti degli edifici pertinenti all'orto agrario e di acquisti di apparecchiature per svolgere «prove in grande» che, iniziate a fine ottobre 1811 si conclusero il 19 giugno successivo.[10]

Nella sperimentazione ufficiale il docente di agraria volle ripetere, in due distinte prove, il procedimento da lui messo a punto, i cui risultati sono riassunti più avanti (Tab. 1). Dopo le numerose operazioni di depurazione, durate 20 giorni, gli sciroppi vennero lasciati a riposo fino alla fine di maggio, con una breve fase di riscaldamento, da lui interrotta «temendo che ciò potesse o difficultare la cristallizzazione, o almeno la separazione di cristalli»,[11]

Quando venne consegnata, la relazione ottenne un favorevole commento dallo stesso viceré: «j'ai lu avec intérêt et satisfaction le rapport de la commission». E, dopo aver posto alcune questioni ed espressi auspici per l'anno successivo, lo stesso diede disposizioni di «témoigner *sa* satisfaction au professeur Arduino pour ses travaux et à la commission pour les soins».[12]

[7] Luigi Arduino, *Istruzione sull'olco di Cafreria*, Padova, Penada, 1811. Vedi altresì ASMI, *Autografi*, cart. 109, fasc. 6, *Arduino*, lettera a Moscati, 29/4/1811. Di tale opuscolo comparve immediata recensione nel giornale di Padova: «Telegrafo del Brenta», n. 17, 29/4/1811, p. 68. Pochi mesi dopo ne fu stampata una *Edizione seconda riformata ed accresciuta*, Padova, Penada, 1811. Su Pietro Moscati vedi G.A. Ferrari, *Moscati e i potenti*, in *Economia, istituzioni, cultura nell'età di Maria Teresa*, a cura di Aldo De Maddalena, Ettore Rotelli, Gennaro Barbarisi, 3 voll., Bologna, Il Mulino, 1982, III, pp. 925-955.

[8] ASMI, *Commercio*, p.m., b. 370, lettera di Arduino al direttore della pubblica istruzione, 11/7/1811.

[9] *Ibidem*, nota dell'Accademia di Padova al prefetto, 4/7/1811. «Giornale Italiano», n. 222, 10/8/1811, p. 888, e «Telegrafo del Brenta», n. 33, 19/8/1811, p. 131. Ne erano membri Da Rio e Marsilio Pappafava, consiglieri di prefettura, e i docenti Giuseppe Antonio Bonato, Antonio Marsand, Salvatore Dal Negro, Dalla Decima, Mandruzzato, Melandri; cfr. *Notizie sulla scoperta arduiniana*, p. 542.

[10] ASMI, *Commercio*, p.m., b. 370, note di governo, 22/8, 9/9, 16/9/1811, nota di Da Rio al prefetto, 27/11/1811. *Processo verbale delle operazioni di una commissione speciale incaricata di assistere alle esperienze del signor professore Arduino per l'estrazione dello zucchero dall'Olco cafro*, Milano, Stamperia Reale, 1812.

[11] ASMI, *Commercio*, p.m., b. 370, Da Rio al prefetto, 3/2/1812.

[12] *Ibidem*, commento del viceré, 2/8/1812.

L'iniziativa industriale

Le vicende dell'estate del 1811 ebbero presto un pratico riscontro: a metà ottobre venne presentato al ministero dell'interno il progetto per la costituzione di una società per ricavare lo zucchero dall'olco cafro, che poco più tardi si formalizzò come Euganea Società Glicotecnica.[13]

Già prima peraltro le pubblicazioni di Arduino ed il sostegno del governo avevano suscitato un diffuso interesse e molti si erano applicati ad ottenere risultati analoghi. Questi tentativi ebbero però risultati incerti, tali da rendere perplessi sull'effettiva validità dell'iniziativa. Fu cosi che uno dei promotori della società, Alvise Lorenzo Bragadin, veneziano, che in seguito avrà il ruolo di direttore, chiese la collaborazione di Girolamo Melandri per condurre nuove prove, indipendenti da quelle di Arduino.[14] La scelta era obbligata: non solo egli era l'unica altra personalità con la competenza necessaria, ma, come si ricorderà, della questione si era già occupato da quando era stata lanciata la campagna per lo zucchero d'uva.[15] In tale occasione aveva presentato all'Accademia di Padova «dei saggi di zuccaro tratto dall'uve patite e dalle sane, tra i quali non è stata rimarcata alcuna differenza. Quindi senza nuocere all'altro prodotto dell'uva che è il vino, l'uva che per quest'ultimo diviene inutile potrebbe divenire utilissima» per sostituire il prodotto coloniale. Quanto all'olco cafro, aveva tra l'altro rilevato che la densità del succo estrattone in quell'anno era 104, 55 (posta a cento quella dell'acqua) corrispondente a 6,5 gradi Beaumé, mentre quella del succo di canna poteva variare tra 5 e 14. Le due rese, osservava, erano comparabili.[16]

Così, quasi contemporaneamente a quella di Arduino, partì l'indagine parallela di Melandri, dei cui dettagli si ha peraltro minore conoscenza. Essa risultò diversa dall'altra in più di un aspetto, sopratutto per essere collegata al processo di formazione della società.

Nel presentarne i primi risultati Bragadin osservava che le esperienze pregresse facevano supporre che nel clima locale «gli sciroppi tratti da' succhi dell'olco di Cafreria non *potessero* giungere alla perfetta e totale loro cristallizzazione se non che quando *avessero* subito tutti gl'influssi delle alternanti variazioni dell'atmosfera», cioè dopo un anno almeno. Ma i tempi della società erano diversi: il suo

[13] *Ibidem*, comunicazione al governo, 16/10/1811. *Scrittura di associazione commerciale in compartecipazione denominata Euganea società glicotecnica*, 11/11/1811, BMCPD, B. P., 1689 XL. Per la fabbrica il governo concesse i locali dell'ex convento di S. Benedetto; cfr. ASMI, *Commercio*, p.m., b. 370, nota del governo al prefetto di Padova, 22/10/1811. Nonostante l'insuccesso, come si vedrà, non risponde al vero, l'affermazione contenuta in una disattenta cronaca, che «non se ne *fece* niente e l'iniziativa rimase allo stato teorico», cfr. *Cronache padovane di vita economica*, Padova, Banca popolare di Padova e Treviso, 1954, pp. 154-155.

[14] «Giornale del Brenta», n. 10, 7/3/1812.

[15] ASMI, *Commercio*, p.m., b. 370, prefetto al ministro, 8/12/1810.

[16] *Ibidem*, prefetto al ministro, 18/7/1811, e nota dell'Accademia di Padova allegata, 30/6/1811; ANTONIO MARSAND, *Sull'influenza somma e perenne della scoperta arduiniana nella prosperità dello stato. Memoria economico-politica di A. M.*, Milano, Stamperia Reale, 1812, pp. 35-36.

atto costitutivo prevedeva che ogni spesa fosse subordinata all'aver accertato «con il fatto il prodotto, la qualità del zucchero, il bisogno della man d'opera, utilità risultanti in confronto delle spese». La stagione della semina era peraltro prossima: se la società non diventava immediatamente operativa tutto doveva esser rinviato di un anno. L'incarico a Melandri aveva l'esplicito obiettivo di «accelerare possibilmente questa sospirata cristallizzazione, il cui ritardo destava contro la scoperta delli signori Arduini la malignità di molti oppositori».

Agli inizi di gennaio il docente di chimica aveva ottenuto una serie di risultati incoraggianti sia per lo zucchero che per i prodotti della distillazione.[17] Meno di due mesi dopo Bragadin potè sottolineare che mentre gli altri sperimentatori avevano «tuttora i loro sciroppi, fatti con varj processi, in istato d'inerzia, i *loro* al contrario *erano* per la maggior parte in movimento». Un campione di questi venne esibito poi durante le prove ufficiali svoltesi alla presenza dei responsabili della società: Melandri «offrì all'adunanza un largo vaso di majolica contenente lo sciroppo di canna Cafra in gran parte cristallizzato in minuti cristalli […]. Estratto lo sciroppo dal vaso fu versato in tre sacchetti di tela», pesato e sottoposto alla torchiatura. Il risultato era particolarmente incoraggiante: su 38 once venete di sciroppo se ne ottenevano 9 di zucchero. L'autore dell'esperimento consegnò poi un preventivo relativo alle spese per lo stabilimento e per il trattamento di 50.000 canne.[18]

Qualche giorno più tardi il giornale locale dava conto in modo particolarmente ottimistico delle esperienze condotte dai due docenti, sottolineando che lo zucchero ottenuto da Melandri «per il colore, per il sapore e per tutte le altre qualità eguaglia perfettamente quello delle colonie, e supera di gran lunga ogni altra specie di zucchero che si tentò di ricavare da più vegetabili […] Padova in brevissimo tempo potrà vantare entro le proprie mura un grande stabilimento organizzato e diretto a norma degli americani».[19]

Tali prospettive vennero discusse in un'assemblea dei soci nella quale grande rilievo venne dato al contributo del docente di chimica:

> necessaria era alla presidenza l'opera di un soggetto che chimicamente calcolar potesse la differenza tra la canna americana e la cafra, che spogliasse il zucchero di tutto ciò che v'ha di straniero, che tra i metodi diversi introdotti per estrarre lo zucchero da vegetabili quello preferisce che più s'adatta alla nostra canna; e che ottenesse a favore della società un vantaggio partito dagli stessi infortunj. E quest'uomo […] è l'instancabile nostro socio sig. Melandri della cui industria bastantemente vi parlano i prodotti che vi presentiamo.[20]

[17] Questa è una delle differenze rispetto ad Arduino. Melandri inoltre lavorò su canne provenienti da località diverse; «Giornale del Brenta», n. 1, 7/3/1812, p. 40.

[18] *Processo verbale della seduta della Presidenza dell'Associazione commerciale in compartecipazione per la fabbrica degli zuccari d'olco cafro del giorno XXV febbrajo MDCCCXII*, Padova, Zanon Bettoni, 1812, p. 4.

[19] «Giornale del Brenta», n. 1, 7/3/1812, p. 40.

[20] *Collezione completa di tutte le carte originali della Euganea società glicotecnica in Padova*, Biblioteca del Museo civico Correr di Venezia, *P. D.*, b. 469 C, c. 655, verbale adunanza della società, 9/4/1812.

Analogo anche il parere espresso privatamente dal barone Gaetano Onesti, presidente anziano della società, ad un suo prestigioso corrispondente e prossimo socio, il senatore Moscati, maestro e protettore del giovane docente di chimica.[21]

> Il nostro bravo Melandri che ha studiato e che è del tutto animato è quegli che fa le operazioni ed è quegli pure che ha trovata la maniera di far cristallizzare lo sciroppo in ogni stagione e non attendere al mese di luglio come ora pare che speri il sig. Arduino.[22]

Nel bilancio dei costi e dei ricavi, che prevedeva un ampio margine di guadagno già nel primo anno, veniva assegnato al chimico padovano un compenso speciale del 3% da calcolare sugli utili. Considerata la possibilità di trattare tre milioni di canne si riteneva di poter produrre circa 50.000 libbre di zucchero commerciabile oltre a prodotti secondari come l'acquavite, semi, cenere ed altro. A tale scopo però il capitale sottoscritto dai 50 soci, 75.000 £, non era sufficiente ed era opportuno allargare la platea a 60, obiettivo che venne presto raggiunto con sottoscrizioni di indubbio prestigio.[23]

Tra di essi, oltre ad esponenti del ceto produttivo, figuravano alcuni docenti dell'università e personalità politiche di primo piano, che Onesti aveva con accortezza coinvolto: tra questi, oltre a Moscati, il ministro dell'interno Luigi Vaccari. Nell'elenco compariva anche la moglie di Melandri, Vittoria Carburi, figlia del suo predecessore. In simile contesto appare particolamente anomala l'assenza di Arduino, e del resto tale appariva ai suoi contemporanei. Così si esprimeva nel marzo dell'anno successivo uno stretto collaboratore del viceré Eugenio in una sua lettera ad un corrispondente padovano:

> Entre nous, ce qui m'afflige, et me paroit même inexplicable, c'est de n'avoir pas encor vu le nom de M. Arduino sur la liste des Interéssés. J'espère bien que cette inconvenance, pour ne pas dire cette injustice, sera incessament réparée. Fait agréer, je vous prie, a M. Arduino mes felicitations pour les succès deja obtenus, et mes voeux pour tous ceux qu'il lui est réservé d'obtenir encore.[24]

Non è probabile che ciò sia dovuto a difficoltà finanziarie o tantomeno a scarsa fiducia nell'operazione in corso. Egli, che di propria iniziativa aveva messo a punto la tecnica di coltivazione e di estrazione dello zucchero, si sarebbe trovato a convivere con il collega che era stato investito della responsabilità operativa del processo. Quest'ultimo a sua volta era membro della commissione che doveva valutare l'esperienza che lo stesso Arduino aveva in corso. I due poi erano fautori, almeno inizialmente, di due diverse procedure di cristallizzazione: lenta e spontanea

[21] ANTONIO MENEGHELLI, *Cenni biografici degli accademici di Padova mancati di vivi dopo la pubblicazione del terzo volume dei Nuovi Saggi MDCCCXXXI*, Padova, Sicca, 1841, p. 4.

[22] *Collezione completa*, c. 459, Onesti a Moscati, 22/4/1812.

[23] *Ibidem*, cc. 653, 655. Verbale adunanza della società, 9/4/1812. Per l'elenco completo dei soci, che alla fine furono 62, vedi la copia dell'atto costitutivo, *Ibidem*, c. 459.

[24] MENEGHELLI, *Cenni biografici*, pp. 8-9.

per il docente di agricoltura, accelerata a caldo per quello di chimica. Difficile immaginare due posizioni più incompatibili.

Dopo la dimostrazione della fattibilità dello zucchero d'olco l'attività della società ebbe una immediata accelerazione: oltre a completare il reclutamento dei nuovi soci vennero redatti gli «articoli disciplinari» per i dipendenti e predisposta una bozza di contratto per la coltivazione delle canne, da applicarsi secondo le *Istruzioni* di Arduino e sotto la direzione della società. A metà maggio del 1812 erano in coltivazione 350 campi padovani.[25]

Melandri intanto era pienamente coinvolto nella predisposizione degli impianti in vista della produzione del prossimo autunno. Moscati, molto interessato alla nuova vicenda industriale,[26] gli suggerì alcune indicazioni bibliografiche su di una macchina impiegata per gramolare i fusti di canapa al fine di ricavarne le fibre, macchina messa a punto da studiosi spagnoli. Secondo lui sembrava particolarmente adatta alla spremitura delle canne.[27]

Egli si attivò anche per far ottenere alla società il permesso di sperimentare il torchio a tre cilindri orizzontali fabbricato per le prove di Arduino, detto impropriamente americano, come quello da lui consigliato. Melandri preferì invece il dispositivo originale d'oltreoceano, a cilindri verticali, azionabile dalla trazione animale senza ingranaggi intermedi. Tale orientamento derivò probabilmente dall'esame della letteratura tecnica disponibile (egli aveva «attenzione allo studio di tutte le stampe che ciò trattano»[28]) ed in particolare dal resoconto pubblicato nella *Encyclopédie méthodique*, del quale venne poi disposta la traduzione.[29]

[25] *Contratto per la somministrazione di canne d'olco di Cafreria con il direttore dell'Euganea società glicotecnica*, aprile 1812, *Articoli disciplinari*, BMCPD, B. P. 1685 CLIV; *Collezione completa*, c. 465, Onesti a Moscati, 13/5/1812.

[26] Egli non mancò di informare un suo corrispondente francese dell'iniziativa in corso; Pietro Moscati, *Extrait d'une lettre de M. le sénateur comte Moscati à m. Cadet, sur l'Holcus cafer et autres végétaux qui donnent du sucre*, «Bulletin de Pharmacie», 5, 1813, pp. 312-313.

[27] *Collezione completa*, c. 405, Moscati a Onesti, fine marzo 1812. Lodovico Mitterpacher, *Elementi di agricoltura*, 3 voll., Milano, Galeazzi, 1794, III, pp. 51-57, tav XVI. F. Salva y Campillo, F. Samponts y Roca, *Macchina per gramolare la canapa e il lino transunto della dissertazione ec.*, «Opuscoli scelti sulle scienze e sulle arti», 13, 1790, pp. 185-190.

[28] *Collezione completa*, c. 459, Onesti a Moscati, 22/4/1812.

[29] Modesto Armanni, *Arte di estrarre lo zucchero*, Padova, Seminario, 1813. La vicenda di tale traduzione ebbe qualche risvolto sgradevole: l'autore venne dapprima abusivamente privato di una parte del compenso pattuito, poi si impedì che essa venisse in qualche modo collegata alla società: l'iniziativa poteva alludere ad una scarsa conoscenza del francese e quindi occorreva «far ischivare a tutta la società quella taccia di ignoranza, che non meritano tanti cospicui soggetti che l'onorano»; *Collezione completa*, cc. 5 e 12, Armanni a Onesti, 12/11/1812 e 21/11/1812 (circa); c. 919, verbale di seduta della società, 19/11/1912; c. 113, Caldani a Onesti, s.d., ma novembre 1812. Della pubblicazione venne data notizia qualche mese dopo nel «Giornale del Brenta», n. 12, 20/3/1813, p. 48. La traduzione non è integrale come a prima vista appare: se all'inizio ripropone in modo quasi fedele il testo relativo alla coltivazione della canna, nella seconda parte la fonte è ampiamente rimaneggiata e tagliata e ne risulta una selezione con cui l'autore ritiene di

Sulla base delle sue esperienze egli progettò l'impianto secondo le dimensioni che a lui parvero più opportune e ne preparò un modello che venne inviato a Brescia per l'esecuzione. A Padova il costo sarebbe stato superiore anche perché i meccanici dell'università, gli unici in grado di provvedervi, lavoravano in condizioni piuttosto arretrate: «Questi mecanici artisti per quanto cercano di farsi credere eccellenti e grandi conoscitori perché servono a qualche freduraccia (sic) di machine [di] questa università non hanno né utensili né modi né altro che abbiano a comprovare la sicurezza del lavoro e la esattezza; e tutto pretendono di fare a forza di lima e giornate d'uomini».[30] Si prevedeva che l'impianto avrebbe funzionato per 30 giorni tutte le 24 ore con quattro cavalli alla velocità di tre miglia all'ora, sostituendo la muta ogni ora.[31] Avviata era altresì la messa a punto di tutta la strumentazione accessoria: fornelli, botti, tine e caldaie.

In attesa della mietitura dell'olco l'interesse per gli zuccheri trovò nuovo alimento nella scoperta di Gottlieb Sigismund Kirchhof che aveva ottenuto il glucosio per idrolisi dell'amido in soluzione diluita di acido solforico: poco dopo la diffusione della notizia Melandri trovò opportuno ripetere pubblicamente l'esperienza.[32] Egli aveva inoltre sperimentato un metodo per impedire la fermentazione dei succhi in vista dei processi di cristallizzazione, ma aveva trovato che questa «andava lenta e tarda e che oltre a ciò il risultamento della medesima era piuttosto tenue, dal che conchiuse che non trovava nei rapporti economici alcuna utilità nelle

rispondere alle esigenze operative del committente. Per l'originale vedi *Encyclopédie méthodique - Arts et métiers méchaniques*, T. VII, Paris, Panckoucke, 1790, *Sucre (Art du)*, pp. 596-717. A sua volta questa ampia trattazione ha per riferimento sia il reportage completo dall'isola di S. Domingo di François Dutrône La Couture, *Précis sur la canne et sur les moyens d'en extraire le sel essentiel*, Paris, Duplain, 1790, come pure la monografia di Henri Louis Duhamel du Monceau, *L'art de rafiner le sucre*, in Jean Élie Bertrand et alii, *Descriptions des arts et des métiers*, Paris, Moutard, 1764, che si diffonde in particolare sulle operazioni condotte sui prodotti grezzi importati. Vari motivi infatti inducevano a completare la raffinazione in Europa: oltre alla disponibilità di acqua potabile e all'abilità della manodopera, vi era l'interesse a non lasciare sviluppare altrove tecnologie autonome; cfr. Duhamel du Monceau, *L'art*, pp. 5-6, Clow, Clow, *The chemical revolution*, p. 520.

[30] *Collezione completa*, c. 465, Onesti a Moscati, 13/5/1812.

[31] *Ibidem*, cc. 679 e 747, contratto per fornitura di 24 cavalli, settembre 1812. Il costo complessivo ammontava a 3500 lire e 200 lire per ogni giorno in più.

[32] Guillaume Nassé, *Lettre de M. G. N. […] à J. C. Delamétherie […] sur le sucre retiré de l'amidon, etc.*, «Journal de physique, de chimie, d'histoire naturelle et des arts», 74, 1812, pp. 196-202. La notizia, uscita nel fascicolo di marzo, fu immediatamente ripresa dal «Giornale di fisica, chimica, storia naturale, medicina ed arti», 5, 1812, pp. 198-201. La prova del docente padovano è riportata ampiamente nel «Giornale del Brenta», n. 28, 11/7/1812, pp. 110-111; il prodotto ottenuto per il sapore, l'aspetto e le proprietà dolcificanti venne considerato identico allo zucchero d'uva. Vedi anche A.N. Shamin, A.I. Volodarsky, *Kirchhof, Konstantin Sigizmundovich*, in Charles C. Gillispie (Ed.), *Dictionary of Scientific Biography*, 15 voll., New York 1970-1978, VII, p. 378-379. La reazione è importante non solo per i prodotti, ma per aver fornito uno dei primi esempi di catalisi: la concentrazione dell'acido infatti influisce sulla velocità del processo, ma esso non viene consumato.

istituite esperienze»; era pertanto «necessario di eseguire le operazioni per la fabbrica dello zucchero di mano in mano che si tagliano le canne dal campo».[33]

L'andamento delle coltivazioni sembrava promettere poco: «temo però assai – scriveva Onesti ad un socio – che la produzione venghi scarsissima atteso la stagione fredda corsa fin'ora». Così, per incentivare l'efficienza degli agricoltori, venne lanciato un concorso per premiare le migliori canne ottenute: una medaglia d'oro di venti zecchini sarebbe stata assegnata a colui che avesse consegnato immediatamente dopo la mietitura e non oltre il 30 novembre successivo una partita di almeno 20.000 canne.[34]

In autunno cominciarono i lavori, incontrando notevoli difficoltà. «Infinite furono le combinazioni avverse che ebbero e le sementi e le seminaggioni e le produzioni dell'olco caffro. L'ignoranza e il pregiudizio nelli villici coltivatori e forse anco molte inimicizie presbiteriane hanno sottratti molti raccolti dopo fate le seminaggioni». Il clima era stato sfavorevole: oltre a provocare scarsezza di canne vi erano stati allagamenti che avevano causato «somma difficoltà nelli trasporti». Tuttavia pareva che almeno qualcosa funzionasse: «Li cilindri dopo varie peripezie […] riescono ora a meraviglia».[35] Per la carenza di materia prima era però in produzione una sola caldaia in luogo delle tre previste. Moscati, a cui queste note erano dirette, seguiva con particolare interesse la situazione padovana: anche lui aveva voluto condurre una simile esperienza in proprio e stava impiegando una macchina costruita secondo il modello da lui preferito, a soli due cilindri orizzontali in legno duro e scannellati che trovava efficaci. Il suo procedimento, condotto su canne non decorticate, era però rudimentale e laborioso: dopo il passaggio tra i rulli egli tritava la paglia risultante, la pestava in un mortaio e passava il tritume al torchio. Il succo estratto era il 26-27% delle canne usate. Esso veniva trattato in caldaia e portato ad una concentrazione corrispondente a 36° Beaumé (d = 1,332 g/cc). In tale situazione lo sciroppo pronto per la cristallizzazione era a sua volta il 14% del succo iniziale.[36]

[33] *Notizie sulla scoperta arduiniana*, carteggio Boissier-Marsand, pp. 355-371. Qui Melandri si riferisce probabilmente alle prove di Proust che aveva bloccato la fermentazione del mosto mediante solfito di calce anziché anidride solforosa. JOSEPH LOUIS PROUST, *Mémoire sur le mutage du sucre de raisin*, «Journal de physique, de chimie, d'histoire naturelle et des arts», 71, 1810, pp. 455-467. Anche di tale scoperta apparve subito un resoconto nel «Giornale di fisica, chimica, storia naturale, medicina ed arti», 4, 1811, p. 67. In un altro contesto il metodo venne riproposto da ANTONIO KELLER, *Sul sorgo zuccherino, sulle qualità degli zuccheri che si riscontrano nei sorghi e sul mezzo di conservare il loro succo, già proposto dal prof. Melandri*, «Rivista periodica dei lavori della I. R. Accademia di scienze, lettere ed arti di Padova», 4, 1856, pp. 157-169.

[34] *Collezione completa*, c. 573, Onesti a Zorzi, 6/6/1812; «Giornale del Brenta», n. 26, 27/6/1812, p. 103; ripreso nel «Giornale italiano» n. 186, 4/7/1812, p. 744.

[35] *Collezione completa*, c. 627, Onesti a Moscati, 24/11/1812.

[36] *Ibidem*, cc. 423 e 429, Moscati a Onesti, 21/11/1812 e 6/12/1812.

I risultati che stava ottenendo Melandri erano indubbiamente migliori. Quanto da lui eseguito fino ad allora veniva così riassunto:

> «Noi non abbiamo Signore avuto canne che abbiano reso meno del 40/100 di succo. Il mulino rende questa proporzione all'incirca. Il piccolo mulino di legno del laboratorio rende perfino il 52 1/2. Li succhi sono di una densità 4 1/2, 5, 6, 7, 8, 9 e sino a 9 1/2 di Beaumé. Gli ultimi sono rari. La canna si lavora mediocremente sfogliata. La decorticazione sarebbe una pazzia in grande e lo sarebbe pure l'esatta sfogliazione.
> Anche noi abbiamo avuto le maggiori disgrazie rapporto alla stagione che ha impedita la maturità del grano e della canna. Di più tempeste e inondazioni hanno distrutto presso noi l'olco caffro, e ne impediscono il trasporto di quello che resta.
> Il mulino americano va bene dopo la peripezia sofferta della rottura di un perno laterale che ha prodotto la sospensione dei lavori per 9 giorni.
> In cinque giorni lavorando adaggio per mancanza di canna si sono ottenuti circa 25 milla chilogrammi di succhio e si à ottenuto qualche migliajo di libre di siroppo, ed il resto si va lavorando.
> Il mulino continua già da quattro giorni giorno e notte. Non si lavora che con una caldaja di defecazione di 1100 chilogrammi di capacità, due di evaporazione, e due di cottura. Il metodo adoprato da Melandri consiste nel far bollire il sugo per un ora, o due dispumandolo bene, aggiungesi poi 0,872 di libra per ogni mille di succhio di calce estinta bene all'aria, e si dispuma.
> Si mette al riposo il succhio per 9 ore, si cava e si evapora a gradi 24 B. con evaporazione a gradi 78 del termometro R[éaumur] Finalmente in altra caldaja si riduce a gradi 36 caldo.
> Li siroppi riescono alquanto coloriti ma il colore non nuoce. Si cerca zucchero e non siroppo. La reffinazione imbiancherà ed allora si adopreranno i metodi soliti delle reffinerie.
> Dal residuo dell'espressione si tenta se se ne può ricavare aceto. Ma per masse di questi residui tanti considerabili come sono quelle che rende un mulino americano si ricercarebbero grandi mezzi, grandi recipienti per contenerle. Il disseccamento delle bagasse suddette per applicarlo ad uso di combustibile riesce difficile nel nostro clima, ed in una stagione umida e soggetta a pioggia».[37]

A pochi giorni dal compiacimento di Onesti però si presenta di nuovo un problema: uno dei perni del mulino si guasta; si continua a lavorare, peraltro con minori rese perché la canna non viene ben spremuta, finché non si rompe del tutto. Una riparazione provvisoria dura pochi giorni. Il problema è serio sia in quanto è ormai inutile provvedere con un aggiustamento come in precedenza sia per l'impossibilità di avvalersi di officine della qualità necessaria. I tecnici sono inoltre in disaccordo tra loro sul da farsi. Il tutto è aggravato dall'urgenza: ci sono canne da spremere e l'attesa ne fa deperire il contenuto. La situazione tecnica è ormai abbastanza chiara:

> il perno che sta nel ventre del cilindro è troppo scarso di ferro e che perciò conviene ad accrescerlo di forza e che in quest'anno non si può fare ad essi maggior

[37] *Ibidem*, c. 623, nota per Moscati, 25/11/1812.

> resistenza nella spremitura coll'aumento del numero di canne ed a contentarsi di quelle poche che rendono ora la spremitura di succo in minore copia del fissato ed in conseguenza più tardo il lavoro e maggior spesa di giornate negli operatori e giornalieri.

D'altra parte la provvista di canna è tale da rendere redditizio un nuovo intervento. Onesti decide quindi di rivolgersi a Vaccari e chiede l'assistenza di un esperto milanese, incaricato dell'ispezione dei meccanismi delle zecche, il regio meccanico Giuseppe Morosi.[38]

Sebbene in ritardo, l'intervento produce i risultati sperati:

> il lavoro era da due giorni sospeso ateso nuova rottura di perno di un cilindro ad onta che fosse stato altra volta accomodato. Fece il sig. cav. Morosi prelodato il miracolo degno del suo sapere, facendo in poche ore accomodare la macchina americana a due soli cilindri, e dare il pronto lavoro diurno e notturno di spressione di canne, quali, stando più oltre nell'inazione, andavano ad esser perdute nella loro buona sostanza.[39]

Durante la sua breve permanenza a Padova Morosi si era premurato di non urtare la suscettibilità degli operatori padovani pur segnalando «che la detta macchina è mal organizzata e che sarà sempre soggetta a tali rotture perché non fu bene calcolata la forza delle resistenze e che questo non fa stupore perché ciò accade anche agli più grandi mecanici e che le esperienze servono a perfezionare». Ma ciò non fu sufficiente: Melandri

> credendosi professore mecanico, se ne affrontò della venuta del cavalier Morosi e spinge tanto la sua dissaprovazione di ciò che egli ha suggerito e con pochissima spesa prontamente eseguito che […] non più comparve allo stabilimento per le dovute sue osservazioni alle parti chimiche di cui è investito e lascia tutto abbandonato a certo suo subalterno pagato giornalmente dalla società.

Si trattava di Francesco De' Col, suo assistente, che peraltro s'impegnava molto nell'attendere al trattamento degli sciroppi, ma con scarsi risultati: «abbiamo provato a far fuoco nelle stuffe per cristallizzare il sciroppo, nulla si vede ed il fuoco fu levato. Si dice che il tempo farà da sé ma la tardanza di aver zucchero non rende né gloria al chimico professore né interesse utile alla società».[40] Poco tempo dopo tuttavia Moscati, cui erano dirette queste note, riuscì a persuadere il docente padovano a mutare atteggiamento, ma dopo questo episodio, come si vedrà, la responsabilità dei macchinari rimase affidata al tecnico milanese.[41]

[38] «Giornale del Brenta», n. 52, 26/12/1812, p. 206. *Collezione completa*, c. 19, Bragadin a Onesti, 27/11/1812; c. 637, Onesti a Vaccari, 5/12/1812; cc. 27 e 31, Bragadin a Onesti, 12/12/1812.

[39] *Ibidem*, c. 641, Onesti a Vaccari, 24/12/1812.

[40] *Ibidem*, c. 477, Onesti a Moscati, 30/12/1812. Il disappunto di Melandri era probabilmente collegato al particolare apprezzamento dato sulla stampa all'intervento di Morosi, che metteva in evidenza i limiti della sua direzione tecnica.

[41] *Ibidem*, c. 481, Onesti a Moscati, 13/1/1813; c. 373, Onesti a Morosi, 13/1/1813.

Ai primi di gennaio 1813 la spremitura era conclusa senza altri inconvenienti mentre continuavano le operazioni di evaporazione del succo fino ad ottenere uno sciroppo della densità di 36° Beaumé. All'inizio di aprile tali fasi intermedie erano quasi tutte completate.

Si trattava ora di passare alla cristallizzazione, su cui Melandri aveva in corso esperienze sin dalla formazione dei primi sciroppi, e che peraltro rimaneva, per lui come per Moscati, un problema ancora irrisolto. Quest'ultimo, fin dai primi dello scorso dicembre, gli aveva chiesto «com'egli pensi possa ricavarsi lo zucchero senza stufa» poiché voleva evitarne i costi e non disponeva sul luogo di manodopera competente. Aggiungeva poi: «Arduini à fatto lo zucchero senza stufa conservando lo sciroppo. Come à egli fatto cioè à egli conservato in vasi espansi o in olle in corpi grossi o suddivisi; sin a quando lo à egli serbato, à egli fatto qualche operazione a stagione temperata? o l'à lasciato deporre spontaneamente?» Aveva inteso che il docente di agraria «aveva trovata la maniera di far cristallizzare lo zucchero d'olco in pochi giorni». Sebbene scettico ne era incuriosito.[42]

Melandri era convinto che fosse opportuno riscaldare e così rispose al suo superiore:

> Io penso che volendo ricavare dal siroppo d'olco cafro lo zucchero senza stuffa lo si possa conservando detto siroppo in luogo asciutto, e se sia possibile in vasi espansi fino a buona stagione, poscia addensandolo fino alla prova del filetto mercè un mite calore ed esponendolo all'aria calda ed asciutta in vasi espansi.[43] Così operò anche l'Arduini l'anno 1811. L'Arduini ottenne la cristallizzazione nel 1812 mantenendo li siroppi posti in vasi espansi ed in una stuffa per 15 giorni circa, mescolandoli varie volte ed aspettando l'influenza della stagione di primavera. S.E. potrebbe fare trasportare li suoi siroppi in città e fare una stuffa provvisoria consistente in un cassettone di legno per riscaldare l'aria interna con bragie di fuoco tenute in analogo vase. Sono queste le stuffe dei confetturieri che soddisfar possono all'oggetto. La temperatura non importa che sia costante, può variare da 20 ai 40 gradi, e bisogna anche andar raffreddando la stuffa. Le alternative producono un vantaggio come ho potuto osservarlo io stesso. Io suggerirei di lasciare in quiete li siroppi per un mese circa di versarli in vasi espansi, disposti nella stuffa provvisoria, di mescolarli due o tre volte di mano in mano che alla superficie formano una pellicola, di estinguere il fuoco nella stuffa dopo 15 giorni circa, e se anche si move la cristallizzazione di riprendere il fuoco tenendo però più mite la temperatura cioè ai 25 gradi, e quando la massa è divenuta granellosa a segno da sembrare un elettuario di estinguere il fuoco, e di lasciare raffreddare li siroppi più che si può facendo poscia l'estrazione coi soliti sacchetti e la pressione.
> Si dice sì che Arduini abbia ottenuta la cristallizzazione dei siroppi d'olco di quest'anno. Io ignoro come abbia ottenuti i medesimi ed in qual quantità. Per quanto

[42] *Ibidem*, c. 429, Moscati a Onesti, 6/12/1812.

[43] Si ottiene un «filetto» divaricando con cura il pollice e l'indice di una mano tra cui sia stata posta una goccia di sciroppo; esso è più un indice di viscosità che di densità, ma è spesso usato per quest'ultima. Su questa tecnica di controllo vedi JEAN ANTOINE CHAPTAL, *Chimie appliquée à l'agricolture*, 2 voll., Paris, Husard, 1823, II, p. 420.

> mi dicono esso ne fa mistero. Per altro anche lo scorso anno ottenne in pochi giorni dei piatelli da caffé di siroppo cristallizzato che mostrava alla Commissione; ma li piatti grandi e legali non fu buono di farli cristallizzare se non quando essi vollero cristallizzare.[44]

Le notizie relative all'agronomo vennero confermate da Onesti: pareva appunto che questi avesse

> trovato il modo di far in poche ore cristallizzare il sciroppo. Questo sembra un segreto del tutto a lui solo confidato e che non si crede, né si vuole palesare. Si traccia a dire però che una sostanza eguale di zucchero già fatto o altro ingrediente studiato di chimica analogo possano aver questa forza di eccitare lo sciroppo alla pronta cristallizzazione.
> Il sig. prof. Melandri tenta dell'esperienze nel suo piccolo laboratorio ma che nel grande sarebbe a far constare summe che la speculazione commercievole finirebbe del tutto.

Mantenere a lungo in riscaldamento grandi quantità di sciroppo era troppo costoso e il processo ricercato da Moscati era indubbiamente preferibile. D'altra parte, osservava acidamente Onesti, poteva «bensì il sig. Arduini professor agronomo fare in quel modo perché si tratta di poco e dal governo pagate le spese, nul'altro contemplando che la scoperta e lo studio della cattedra».[45] Sebbene fosse vero che Arduino aveva la protezione delle massime autorità, rimane singolare la traccia di dispetto che affiora dalle parole di Onesti, che ebbe tramite il ministro dell'interno i locali per insediarvi gli impianti, la disponibilità del torchio costruito per Arduino e il pronto invio a Padova di Morosi per le essenziali riparazioni.

Il nuovo metodo di cristallizzazione

E Arduino, appunto? Dopo le esperienze compiute a beneficio della commissione nominata dal governo, egli aveva continuato le sue indagini rinnovando la coltivazione dell'olco cafro e fornendone i semi a diversi agricoltori, mentre proseguivano le sue esperienze sulla cristallizzazione. Si capisce dunque che, sebbene egli fosse estraneo all'attività produttiva, i suoi dirigenti ne seguissero attentamente il percorso e con un atteggiamento ambivalente. Data la sua notorietà in tutta la vicenda, anche a seguito dei riconoscimenti governativi, un suo cattivo risultato nell'estrazione dello zucchero avrebbe indotto considerazioni negative sull'immagine della società. In relazione ai tentativi di Melandri in corso, Onesti, fin dall'inizio delle attività sociali, ne aveva avuto una percezione chiara:

> La lotta che mi pare di scorgere con quello del sig Arduino protetto dal governo fa aver dei maligni e come non è per anco cristallizzato, e forse non lo sarà mai,

[44] *Collezione completa*, c. 251, appunto senza data ma riferibile al 7/12/1812 (cfr. cc. 429, 473).

[45] *Ibidem*, c. 473, Onesti a Moscati, 7/12/1812.

così sembra che dia motivo alle voci che corrono di poca persuasione di queste nostre prove, che riuscite in fatto ed in verità di cosa non possono più dare alcun dubbio di non felice riuscita.[46]

D'altra parte però un suo successo poteva avere effetti anche più gravi: non solo sarebbe stata messa in dubbio la competenza degli addetti, ma erano a rischio i fini della società stessa.

Si dice pure che si vadi formando un altra società zuccherina colla direzione del prof. Arduini. Starà essa meglio assai nel direttore perché ha provato in facto tutte le esperienze e non in testa con ciarle come fu fatto fin'ora nella nostra società, che fu solamente appoggiata nel suo nascere a sole parole di speranza.[47]

Non meraviglia dunque, come si è visto in precedenza, l'intreccio di informazioni e commenti scambiati tra Onesti, Melandri e Moscati nel dicembre 1812 in relazione alle esperienze di Arduino.

Alla fine del gennaio seguente le voci sul nuovo processo di cristallizzazione trovarono conferma nella comunicazione che questi inviò alle autorità allorché gli venne reso noto il compiacimento regio per le esperienze condotte l'anno precedente: «dopo molte riprove da me tentate lo scorso autunno, m'è riuscito di compendiare e rettificare in guisa il processo della cristallizzazione, che in dieci giorni ho potuto da' miei siroppi cavare lo zucchero bello e fatto».[48] Il metodo relativo venne rapidamente pubblicato e può essere così riassunto: dopo la depurazione il succo estratto dalle canne viene concentrato a caldo fino ad un terzo del volume iniziale, raffreddato rapidamente e quindi posto ad evaporare a temperature decrescenti fino a raggiungere la densità voluta. Esso viene poi trasferito in ampi e bassi recipienti mantenuti a temperatura appena tiepida e lasciato cristallizzare. La procedura dura in tutto 20 giorni.[49]

I risultati di Arduino ebbero anche qualche conferma pratica. Due coltivatori di Bassano, Francesco Bortolazzi e Giacomo Rizzo, si erano impegnati nella coltivazione del sorgo e nell'estrazione dello zucchero seguendo i procedimenti del docente padovano. Nonostante l'inefficienza delle macchine il funzionario prefettizio, di fronte alle evidenti e abbondanti cristallizzazioni dei campioni esaminati dalla commissione da lui presieduta, trovava che gli utili conseguiti erano da considerarsi «risultati che sorprendono, quantunque li prezzi siensi calcolati in misure

[46] *Ibidem*, c. 459, Onesti a Moscati, 22/4/1812. Se ne ha conferma nella irritazione suscitata (*Ibidem*, c. 433, Moscati a Onesti, 6/1/1813) da un articolo sulle difficoltà della Società glicotecnica comparso sul «Giornale del Brenta», n. 52, 26/12/1812, p. 206.

[47] *Collezione completa*, c. 573, Onesti a Zorzi, 6/6/1812.

[48] In tale occasione non mancò di allegare un campione del prodotto ottenuto; ASMI, *Commercio*, p.m., cart. 370, Arduino al governo, 26/1/1813.

[49] LUIGI ARDUINO, *Nuovo metodo per estrarre lo zucchero dalle canne dell'olco di Cafreria*, Padova, Penada, 1813. Ne venne data notizia, lo stesso giorno alla pubblicazione di Armanni, nel «Giornale del Brenta», n. 12, 20/3/1812, p. 48.

discretissime». Nei conteggi tra l'altro non era stato compreso il ricavo dell'acquavite distillata dai residui.[50]

Le difficoltà dello stabilimento padovano

Forse per dare una risposta a questi esiti, che inevitabilmente richiamavano l'attenzione sulle meno incoraggianti condizioni dei processi in atto nello zuccherificio, a distanza di due settimane dalla pubblicazione suddetta Melandri redigeva un prospetto dei ricavi ottenuti, qui riportati assieme a quelli di Arduino e dei coltivatori bassanesi.[51]

Tab. 1

Ricavi	**Melandri**	**Arduino**	**Bortolazzi**	**Rizzo**
canne	675.622	300	60.000	14.400
peso medio	0,48	0,71	0,49	0,65
succo	135.552	98,61	10.036	2880
resa	41,1%	46,3%	34,4%	30,9%
sciroppo	15.050	16,71	1.946,6	756,7
resa	11,1%	16,95%	19,4%	26%

Mentre però le operazioni di Arduino e dei coltivatori bassanesi, condotte peraltro su piccola scala, si erano già concluse a metà marzo, quelle in corso nello stabilimento glicotecnico non avevano ancora iniziato la fase della cristallizzazione. Anzi, a metà maggio le previsioni su un suo buon esito erano piuttoste pessimistiche: Onesti manifestava a Moscati il suo sospetto che

> il siroppo già passato per tutte le regole e discipline del sig. Melandri assistito dal solo suo ripetitore sig. Decol sia di troppo abbruciato e che nulla vi sia a sperare di cristallizzazione. Sembra di conoscere ora che le osservazioni fatte dal sig. Melandri dopo tante altre esperienze, siano stati tutti tentativi costosi per vedere se si poteva ottenere l'effetto di cristallizzazione correggendo per quanto fosse possibile la prima mal fatta di avergli dato troppo fuoco.[52]

[50] ASMI, *Commercio*, p.m., b. 370, fasc. P. G., relazione al prefetto, 20/1/1813.

[51] *Collezione completa*, c. 785, *Copia del Prospetto generale dei prodotti ottenuti nello stabilimento glicotecnico nell'anno 1813*, senza data ma riferibile al 7/4/1813 (cfr. c. 483, Onesti a Moscati, 7/4/1813); *Processo verbale delle operazioni*, pp. 22-26; ASMI, *Commercio*, p.m., b. 370, fasc. P. G., verbali della commissione, 21/12/1812, 28/12/1812. I pesi sono espressi in kilogrammi ponendo per Melandri 1 libbra sottile = 0,301 kg. I dati vanno valutati tenendo conto che le condizioni operative sono diverse.

[52] *Collezione completa*, c. 487, Onesti a Moscati, 19/5/1813.

In una lunga risposta l'uomo politico milanese, anche in relazione al prospetto ricevuto, osservava che in effetti da un punto di vista commerciale sarebbe stato indicato chiudere l'iniziativa, considerando il prezzo dello zucchero americano, allora parzialmente riammesso in Francia. «Ma se riguardar si vuole come sembra sia stato il primo oggetto questa intrapresa come un generoso tentativo degli italiani di dare valore secondo le mire del governo ad un indigeno prodotto io non discoverrei che se ne tentasse un secondo esperimento», naturalmente meno impegnativo e tentando di valorizzare altri prodotti diversi dallo zucchero. E aggiungeva:

> Dico ciò perché sento dire che finora zucchero non si è ricavato e perché sono anch'io nel mio piccolo esperimento nello stesso caso. Io ò fabbricate trecento libbre di siroppo coi metodi conosciuti tentato avendo ed il carbonato calcare e la calce viva ed il sangue di bue per chiarificare ed il chiaro d'uovo. Li siroppi sono belli chiari ma per quante esperienze io abbia fatte sin'ora in piccolo e con la stuffa e senza stuffa e coll'aggiunta di qualche ingrediente non ò potuto ottenere zucchero cristallizzato essendo altronde assistito da uno assai perito speziale che conosce perfettamente l'arte di trattare lo zucchero.
>
> Ora ha preferito sospendere ogni intervento e lasciare lo sciroppo
>
> in istanza moderatamente calda e asciutta per tutta l'estate e vedere che cosa ne accadrà. Ma io finalmente non debbo render conto a nessuno e mi spiace assaissimo la posizione dell'amico Melandri se non si riuscisse a far zucchero principalmente dopo le pubblicità di Arduino il quale o non à pubblicato esattamente tutto il suo processo o io debbo dire che quale è stato pubblicato recentemente non riesce sempre giacché io lo avevo tentato sopra i suggerimenti dei tedeschi e dei francesi che adoperarono acqua di calce e non ò ottenuta cristallizzazione di zucchero mentre lo siroppo mi si condensò in una specie di estratto senza deposizione alcuna di cristalli.

Conclude, come forma forse di solidarietà con il suo interlocutore, che i suoi investimenti in zucchero da barbabietole sono finiti male: «Tra la fabbrica infelicemente fatta in Milano di zucchero di bietole e quella di Verona vi ò perduto una grossa moneta».[53]

Anche all'interno della società doveva esservi insoddisfazione. A Moscati pervenne la notizia che si erano levate «al Melandri le chiavi delle stuffe e quindi l'accesso alle materie ivi contenute il che oltre a essere un atto disdoroso per lui esso è un atto forse nocivo per la società poiché esso non potrà più rispondere ne dell'esito ne del contenuto». Nel suggerire prudenza e concordia non mancava di insistere sul punto: «La sola cosa che mi pare conveniente si è che non si faccia torto alla riputazione del professore Melandri che da quanto so non mi pare che egli lo meriti quindi su quest'articolo la prego di permettere che io le esterni le mie raccomandazioni». In realtà non era vero e Onesti si affrettò a rassicurare Moscati: a

[53] *Ibidem*, c. 441, Moscati a Onesti, 22/5/1813.

pagare per l'insuccesso fu De Col, il collaboratore del docente di chimica, che venne considerato responsabile di tutte le operazioni.[54]

La situazione di disagio per la mancata cristallizzazione che l'episodio rivela era da tempo presente alle autorità che seguivano la vicenda: a metà giugno era stato richiesto al prefetto un resoconto sulla situazione della società.[55] Probabilmente in relazione a questo i suoi dirigenti fissarono per la fine del mese una seduta della Presidenza allargata ad «altri riguardevoli soggetti». Non a caso il relativo verbale, quasi tutto dedicato alla cristallizzazione, si apre con una minuziosa descrizione dei processi applicati:

> Li siroppi d'olco cafro fabbricati nello stabilimento glicotecnico in tutta la stagione dell'autunno scorso 1812 erano stati riposti in recipienti quadrilunghi di legni di un'area di 15 piedi quadrati, nei quali secondo la quantità collocatavi avevano una profondità variante da sette pollici sino a tre. La scelta di questa maniera di cristallizzatori fu determinata da viste economiche. Si doveva cercare in cosa cotanto nuova il risparmio di un gran numero di piccioli vasi e della relativa mano d'opera che avrebbe richiesto la manipolazione degli siroppi che dalla densità di 36 gradi dell'areometro di Beaumé dovevano arrivare fino alla cristallizzazione col mezzo della lenta evaporazione prodotta dal calore della stuffa.
> Erano state frattanto separate da quattro partite dei sudetti siroppi quattro corrispondenti quantità di libre undici venete all'incirca e poste ciascuna in piatto di terra cotta verniciata per osservarli minutamente in tutti i progressi del loro condensamento, della cristallizzazione che doveva succedere e della diminuzione di peso che avrebbero provato nel passare dalla densità di 36 gradi sino alla cristallizzazione, cosa importantissima da conoscersi e non osservata sinora da altri.
> Questi piatti furono collocati in una piccola stufa sotto l'osservazione e custodia del sig. prof. Melandri socio. L'azione della stessa sopra le grandi masse si riconobbe debolissima e di molto dispendio e dopo alcuni mesi di osservazione, non però di continua azione della stufa, si pensò dal sig. prof. Melandri di far condensare gli siroppi col mezzo di lenta evaporazione a bagnomaria. Ma prima di passare all'operazione in grande ordinò il sud. prof. l'operazione in piccolo sopra quantità di quindici o sedici libre, e sopra quattro partite dei siroppi buoni e mediocri con seguire lo stesso processo che si sarebbe usato in grande. Fu eseguita la condensazione fino al grado 46 del cittato areometro, e messi i siroppi in piatti di 12 libre circa, coll'aiuto della stuffa essi diedero segni certi di cristallizzazione abbondante in quindici giorni di tempo. Allora fu ordinata la condensazione di tutte le masse di siroppi, esclusi i cattivi provenienti da canne guaste e destinati ad essere fermentati. I quattro piatti di siroppi osservati in istuffa del sig. prof. Melandri cristallizzarono anch'essi in due mesi di tempo e senza l'addensamento col bagno maria.
> Tutto il tempo trascorso dal mese di marzo in cui comparve la cristallizzazione sino al giorno d'oggi ha fatto aumentare e la quantità della cristallizzazione di tutte quelle piccole masse e la grossezza dei cristalli zuccherini, ma li siroppi con-

[54] *Ibidem*, c. 437, Moscati a Onesti, senza data, ma riferibile al 2/6/1813 (cfr. c. 489, Onesti a Moscati, 2/6/1813).

[55] ASMI, *Commercio*, p.m., cart. 370, ministero al prefetto, 18/6/1813.

> densati in grande e riposti ne' grandi cristallizzatoi in quantità di 600 e più libre per cadauno non diedero cristallizzazione quantunque sia poi vero che non si fece uso della stuffa che per otto giorni circa. Dividendo i siroppi in più piccole masse e soccorrendoli col mezzo del calore, non v'ha dubbio che essi pure cristallizzeranno, poiché sono nel medesimo peso in cui si trovavano quelli dai quali ebbesi la cristallizzazione.[56]

Nel riferire al prefetto la situazione Onesti, parafrasando Moscati, osserva che «questa società […] non hà la sola veduta di utilità commerciale, ma quella in quest'anno di verificare zucchero perfetto dalle canne di Cafraria, e che questo prodotto conosciuto indigeno, venghi ad esser diffuso ad onore e gloria del regno d'Italia, e dell'illustre prof. sig. Arduino, che ne diede la sublime scoperta». Quanto al ritardo, aggiunge:

> La cristalizzazione di quei sciroppi atti a darla, poteva esser fatta in breve tempo all'arduiniana, ma in una massa sì grande fù creduto più economico di attendere la stagione propizia, onde da sè aggisca, senza la grandiosa ed incerta spesa dei combustibili. Si dice incerta perché si è conosciuto dalle esperienze che in vasche sì grandi la cristalizzazione ò ritarda, ò poco fà. Ora si è fatta l'esperienza […] ed avendo il sig. Melandri cavato dalle grandi masse di sciroppi, una certa quantità di esso, esposto in piatti espansi, vidde la cristalizzazione, ed in quel'istesso giorno del processo verbale fu veduta ad occhi di tutti l'estrazione dello zucchero.
> Questo zucchero si sta ora lavorando alla raffinatura e sarà presto ridotto in zucchero panone, in pane di libra una.

Si prevede, conclude Onesti, che in due mesi e mezzo le operazioni saranno completate, mentre per lo sciroppo inadatto si procederà alla fermentazione. «Non contemplandosi punto in quest'anno oggetti di commerciante utilità, osserva infine», rimane tuttavia provato che lo zucchero indigeno «non è dissimile in ogni operazione e sapore da quello dell'Avana ed altre più lontane contrade».[57]

Oltre a prendere atto che per l'anno in corso l'iniziativa non avrebbe dato profitti, i dirigenti della società erano in questo periodo impegnati anche su altri fronti. In aprile erano stati stipulati 13 contratti per la coltivazione dell'olco, ma i semi distribuiti per la nuova stagione si erano rivelati scadenti e qualche coltivatore minacciava controversie legali per il danno ricevuto in seguito al mancato utilizzo del terreno.[58]

Più facile si prospettava forse la soluzione per l'altro non meno importante problema: la macchina per la spremitura.

[56] *Ibidem*, *Copia del processo verbale della seduta della Presidenza dell'Euganea società glicotecnica e di altri riguardevoli soggetti invitati per assistere all'estrazione dello zucchero dai siroppi d'olco cafro - Padova giorno XXV di giugno 1813*, allegato al resoconto Onesti al prefetto, 7/7/1813.

[57] *Collezione completa*, c. 935, Onesti al prefetto, 7/7/1813.

[58] *Ibidem*, c. 691, contratti di semina, 5-22/4/1813; c. 13, Bianchi a Onesti, 9/4/1813; c. 27, Calvi a Onesti, 11/4/1813; c. 43, Bragadin a Onesti, 14/4/1813; c. 753, Crovato a Onesti, 21/5/1813, e c. 751, carte relative alla causa Onesti/Crovato, 24/5/1813; c. 195, Marini a Onesti, 2/6/1813. Si prevedeva inizialmente di mettere a coltura circa 200 campi, *Ibidem*, c. 483, Onesti a Moscati, 7/4/1813.

La corrispondenza tra Onesti e Morosi era ripresa in primavera. Probabilmente sulla base delle esperienze precedenti si valutava che la macchina dovesse esser mossa da cavalli (l'opportunità di usare i buoi venne scartata) «riducendo il meccanismo forte ed esato dei cilindri a tre rivoluzioni e mezza in un minuto, portando alla spremitura N. dieci canne alla volta che avranno una per l'altra il diametro di tre centimetri, calcolato di peso all'incirca d'una libra grossa e mezza per canna».

Morosi preferì lavorare sulla macchina già esistente e per far questo si fece spedire in più riprese il modello e i disegni eseguiti a grandezza naturale dal meccanico dell'università di Padova, Rodella, e dall'ingegner Jappelli; intendeva «rimontare i cilindri prementi sopra dei perni più corti degli attuali e fortificargli in modo che non possano smuoversi qualunque sia lo sforzo che subiranno». Quanto al perno del cilindro laterale che tanti problemi aveva provocato suggeriva di farlo eseguire non all'arsenale di Venezia, ma nel bresciano «lavorandolo col metodo degli azzali da cannone».[59]

La conclusione dell'iniziativa

Poco si conosce del seguito della vicenda: i cilindri furono fatti ed ebbero pure qualche applicazione. Durante l'estate Melandri era riuscito a ottenere un pane di zucchero che aveva posto in stufa ad essicare, ma poco altro risulta.[60] In particolare non vi è nessuna indicazione sull'effettiva quantità di zucchero ottenuta, né sul raccolto dell'autunno del 1813, né sui succhi estratti e lavorati. Tale assenza di informazioni non è probabilmente dovuta a lacune d'archivio né, ritengo, a carenze soggettive della presente indagine. È pensabile piuttosto che, rispetto alle previsioni, i risultati fossero così insoddisfacenti da non meritare particolare cura nella registrazione.

Un quadro della situazione nel marzo successivo, quando ormai stavano producendosi mutamenti radicali nella situazione politica (l'armistizio tra il principe Eugenio e austriaci è del 15 aprile 1814) ci viene offerta da alcune peraltro ottimistiche considerazioni rivolte dal direttore Bragadin al presidente Onesti.[61]

Lo zucchero ricavato è del tutto equivalente a quello americano e questo è un grande risultato, ottenuto dal «nostro lavoro del tutto sconosciuto tra noi, in un'annata come fu la decorsa» quando le avversità climatiche, la cattiva coltivazione, le difficoltà di trasporto hanno tanto nuociuto: è quindi sicuro che in condizioni migliori si avranno buoni rendimenti.

[59] La corrispondenza tra Onesti e Morosi fu intensa, ma pochi sono i dettagli tecnici ivi contenuti; *Ibidem*, c. 375, 24/4/1813, c. 377, 8/5/1813, c. 379, 23/6/1813, c. 301, 1/5/1813, c. 305, 4/6/1813, c. 313, 23/6/1813, c. 317, 30/6/1813; vedi inoltre, c. 599, Rodella a Onesti, 18/6/1813. Ad alcune fasi della costruzione della nuova macchina partecipò anche Melandri, che volle verificare i metodi di lavorazione, *Ibidem*, c. 265, Melandri a Onesti, senza data, però posteriore al 18/6/1813, cfr. c. 599.

[60] *Ibidem*, c. 245, Melandri a Onesti, 16/8/1813; c. 383, Onesti a Morosi, 7/7/1813.

[61] *Ibidem*, c. 61, Bragadin a Onesti, 21/3/1814.

L'esperienza fatta inoltre permette di applicare procedure molto più convenienti: non è opportuno per esempio portare alla densità di 45° Bé tutti gli sciroppi: quelli a 36° Bé, ottenuti da canne ammuffite, non concentrati e abbandonati a se stessi senza calore e mescolature hanno dato in proporzione più zucchero di quelli trattati. Ciò forse vuol dire che

> questa cristallizzazione deriva più dall'acidentalità, la quale più o meno solecitamente combini tutto ciò che muove alla formazione de' cristalli, anzi che dalle cure più attente dell'arte. Trovo altresì che i sciroppi inferiori da me fatti fermentare tanto con la nuova semplice maniera, quanto con quella ricordata dai migliori chimici col lievito di birra danno un prodotto uguale.[62] Quest'è di un sedici per cento di acqueviti ai gradi 24, i quali corrispondono a quasi 74 del commercio, non peraltro di qualità preferibile a tutte quelle che conosciamo.
> Trovai che lo succhio di queste canne appena estratto fatto passare alla fermentazione dà circa un cinque per cento di acquavita simile alla sopra accennata, e quando confronto questo prodotto con quello che dai sciroppi si ottiene, rilevo esservi un massimo vantaggio, poiché que' stessi succhi non diedero che un sedici per cento di sciroppo, e questo distillato rende, come dissi, un sedici per cento di spirito, il quale è caricato della mano d'opera, del combustibile per ridurlo sciroppo, e della perdita di alcuni mesi di tempo.
> Dietro a tali risultati figli di un'assidua esperienza, io mi determino a credere che quando per l'avvenire fosse fissata la massima di spremere quante canne si potessero, facendone di esse una scelta, vale a dire, la migliore ridurla ad uso di sciroppo a soli gradi 36, e questa dimenticarla nel suo recipiente ben custodito per oltre un anno e fino che da se sola abbia esauriti gli influssi tutti dell'atmosfera, onde fornire i suoi cristalli, e l'altra appena a succhio ridotta fermentarla, si otterrebbe un maggior prodotto, e con assai minor spesa e fatica.

A questo punto Bragadin fa una proposta interessante: «poiché al più tre soli sono i mesi che si lavorano i succhi delle canne e tutto il rimanente dell'annata restano inoperosi gli utensili» con essi si «potrebbero lavorare saponi, o cremori di tartaro e quindi ottenere un frutto del nostro capitale versato, giacché ogniuna di queste fabbricazioni dà un redito di qualche rilievo». Sottolinea infine la necessità di procedere alla semina e alla fine avanza un ultimo suggerimento: «i sciroppi buoni trovando che non è utile il distilarli, credo sia il migliore il lasciarli al solito onde conseguire da essi cristalli».

La conclusione tuttavia sembra in contraddizione con quanto sopra sostenuto: «altra fiducia non mi resta che nella virtù dell'abilissimo nostro socio sig. professore Melandri». Non sappiamo quali fossero all'epoca le convinzioni del docente di chimica; è certo tuttavia che le procedure suggerite dal direttore dei lavori sono ben diverse da quelle da lui applicate nell'anno precedente.

[62] Si allude qui forse al suggerimento di Melandri che aveva segnalato la possibilità di provvedersi di lievito a Bologna «in caso che la birra mousse messa in prova di fermento non riuscisse bene». *Ibidem*, c. 241, Melandri a Onesti, 29/7/1813.

Le proposte di Bragadin non ebbero alcun riscontro. In seguito l'attività principale fu diretta a recuperare una parte di quanto investito, tentando di vendere le attrezzature, in particolare i cilindri, che, arrivati troppo tardi, non si erano rivelati, come osservava Morosi, «valevoli allo scopo principale della società medesima, essendo questo legato con troppe circostanze indipendenti dai mezzi meccanici».[63] I soci ne deliberarono la chiusura l'anno successivo, nell'aprile del 1815.

L'osservazione del tecnico milanese ci introduce al discorso della valutazione, discorso che ci è facilitato della minuta di un rapporto redatto per qualche autorità di governo, presente tra le carte di Arduino, non steso probabilmente da lui, ma sicuramente passato al vaglio della sua approvazione, come dimostrano alcune aggiunte autografe al testo. Essa è del maggio 1813, ma conserva la sua validità fino alla fine.[64]

Secondo lui quattro erano le critiche principali: a) la mancata sorveglianza della semina e della coltura, b) la dispersione territoriale delle coltivazioni e la distanza dagli impianti, c) il ritardo tra il taglio e la spremitura delle piante, d) l'eccessivo riscaldamento degli sciroppi.

Poco si può aggiungere alle osservazioni citate. La partecipazione di Arduino avrebbe forse migliorato le rese della fase agricola del processo, ma le sue procedure di cristallizzazione, pur ammettendone il successo nell'applicazione a grandi masse, rimanevano poco innovative. Difficile pensare che il suo intervento avrebbe cambiato il destino dell'iniziativa.

Va sottolineato peraltro che le difficoltà sue e di Melandri avevano anche una base oggettiva, ignota ai due sperimentatori. Il succo dell'olco cafro, come di altri sorghi, contiene una frazione di zuccheri incristallizzabili, oltre a dell'amido che ne aumenta la viscosità e ne ostacola il processo di concentrazione: ciò ha impedito che tale cereale entrasse in concorrenza con la canna da zucchero.[65]

Se dunque, col consueto senno di poi, si vogliono avanzare delle osservazioni, più che sullo spessore scientifico degli operatori, esse devono vertere sulla conduzione dell'impresa. In effetti non venne capita la stringente necessità di coordinamento tra raccolto e spremitura e fu altresì inopportuno non distinguere la fase della ricerca da quella della produzione.

La sottovalutazione delle difficoltà tecniche dell'iniziativa, dai trasporti al macchinario, ai problemi della cristallizzazione, già grave in sé, lo diventa ancor più in relazione alle competenze disponibili nell'area attorno allo stabilimento: è proprio l'immaturità tecnologica di tutto il distretto che non viene percepita nella fase preparatoria. Il ricorso all'esperto milanese ed alle aziende bresciane non lascia dubbi.

[63] *Ibidem*, c. 353, Morosi a Onesti, 8/7/1814.

[64] Biblioteca civica di Verona, *Fondo Arduino*, b. 761, V. d. 12. La collocazione temporale si ricava da una nota di mano di Arduino: «fu scritta questa lettera alli 14 maggio 1813». Non è dato sapere se essa venne effettivamente inoltrata alle autorità.

[65] ADRIEN JEAN, RAYMOND JACQUOT, *Le sorgho et les mils en alimentation humaine et animale*, Paris, Vigot, 1964, pp. 105-108.

L'inadeguatezza complessiva diventa, se possibile, ancora più manifesta in relazione a quanto si stava sperimentando altrove, per esempio in Iscozia. Nel 1816 venne reso noto al pubblico italiano il contenuto di due patenti rilasciate all'inventore di un'autoclave per la raffinazione dello zucchero grezzo importato dalle Americhe: «Nell'ordinario processo la temperatura è sì alta che una porzione ragguardevole di zucchero cangiasi in melassa. I vasi del sig. Howard sono di rame, di figura sferoidale, e comunicanti con una pompa pneumatica che agisce di continuo durante l'operazione», riducendo nettamente la pressione; l'ebollizione avviene così a «temperatura così bassa, che lo zucchero non corre il rischio di essere guastato». La caldaia è inoltre dotata di un termometro, di un «provino per il grado di rarefazione» e di altri dispositivi per la verifica della viscosità, ossia della concentrazione.[66]

La concessione risale al 1812,[67] proprio nel primo anno di attività della società glicotecnica, ma anche se fosse stata resa nota tempestivamente, le potenzialità e concezioni tecniche di cui poteva avvalersi Melandri erano talmente diverse rispetto a quelle esistenti in Gran Bretagna in quegli anni, che, nonostante l'indubbio suo impegno, non gli avrebbero permesso di sperimentare il nuovo processo neppure su scala ridotta.

Riassunto – In seguito al blocco navale decretato da Napoleone il 21 novembre 1806 venne interrotta l'importazione in Europa continentale dello zucchero di canna proveniente dalle piantagioni americane: in molti paesi del continente europeo ciò diede impulso alla ricerca di una fonte sostitutiva di tale prodotto la cui domanda era crescente. Tra le numerose iniziative avutesi in Italia merita rilievo quella praticata nel Veneto con il contributo di due docenti dell'Università di Padova, Luigi Arduino e Girolamo Melandri. Il primo, docente di agraria, riprendendo le ricerche condotte dal padre Pietro, si applicò a studiare le possibilità offerte da un sorgo di recente provenienza sudafricana, dai cui fusti si otteneva per spremitura un succo ricco in saccarosio. I suoi risultati, ben accolti dalle autorità francesi, portarono alla formazione di un'impresa industriale affidata, per i processi chimici, a Melandri, da poco titolare della cattedra di chimica di Padova. Con la fine dell'esperienza napoleonica e la ripresa del traffico marittimo tale iniziativa ebbe termine senza successo economico, ma le sue vicende costituiscono un esempio dei primi tentativi di industria chimica in Italia.

[66] *Notizie del sig. Thomson intorno ad un nuovo metodo di raffinare lo zucchero proposto dal sig. Howard*, «Giornale di fisica, chimica, storia naturale, medicina ed arti», 9, 1816, pp. 467-468.

[67] CLOW, CLOW, *The chemical revolution*, fig. 98 e p. 526.

MARCO TADDIA*

I *Ragionamenti* di Pellegrino Salvigni, ovvero un contributo bolognese al dibattito su Lavoisier**

Pellegrino Salvigni's *Ragionamenti*: a Bolognese contribution to the debate on Lavoisier

Summary – Pellegrino Salvigni (1777?-1841) held the chair in Chemistry at the University of Bologna from 1802 until 1817 when he resigned to serve as director of Bologna Mint. He was author of a two-volume introductory chemistry textbook (Milan 1802, Bologna 1804). In June 1806, during an academic session to confer degrees, he read a dissertation concerning chemical theories of John Mayow and Lodovico Barbieri and discussing whether Lavoisier, Priestley and Scheele were or not acquainted with Mayow's and Barbieri's work on the «spiritus nitro-aerei». The essay was published in 1816 within the collection *Ragionamenti chimici letti nell'Università di Bologna da Pellegrino Salvigni nel corso di vari anni per conferimento di lauree. Con una nota importante in fine.* It was reprinted in 1818 under the title *Due Ragionamenti sulle teorie chimiche di Lavoisier di Giovanni Mayow e di Lodovico Barbieri*. The present paper shows that *Due Ragionamenti* contributed to the large debate about the originality of Lavoisier's discoveries and still provides an interesting case study of scientific ethics.

Quando, in occasione della commemorazione del secondo centenario della istituzione della prima cattedra di chimica in Italia (1737-1937), Mario Betti presentò una breve storia della cattedra di chimica generale della R. Università di Bologna,[1] dedicò poche righe a Pellegrino Salvigni, quinto successore di Jacopo Bartolomeo Beccari, omettendo qualsiasi riferimento alle sue pubblicazioni. Prima

* Università di Bologna, Dipartimento di Chimica «G. Ciamician».

** Relazione presentata al X Convegno Nazionale di «Storia e Fondamenti della Chimica» (Pavia, 22-25 ottobre 2003).

[1] MARIO BETTI, *Nel secondo centenario della istituzione della prima cattedra di chimica in Italia (1737-1937)*, «Atti della Società Italiana per il Progresso delle Scienze (SIPS)», 1939, pp. 501-510.

di Salvigni, il posto era stato occupato nell'ordine da Vincenzo Menghini, Vincenzo Pozzi, Luigi Laghi e, per un solo anno (1801-1802), da Giovanni Marchetti. Quest'ultimo, laureato in filosofia e medicina nel 1777, era noto per una memoria sui fosfori pubblicata nei Commentarii, e fu nominato Professore di Chimica Generale nell'Università il 19 novembre 1800. Dopo l'entrata in vigore della legge di riforma degli studi del 4 settembre 1802, Marchetti venne messo a riposo con pensione e morì a Bologna nel 1817. A lui subentrò, appunto, il Salvigni.

Le citazioni di Salvigni nelle opere di storia della chimica sono rare. Qui si ricorda quella di Gino Testi[2] e quella più recente di Raffaella Seligardi,[3] relativa all'impatto della rivoluzione chimica di Lavoisier sulla comunità scientifica italiana. Testi, nell'introduzione alla sua «Storia della Chimica», lamentando la mancanza di una Storia della chimica italiana, tratta prevalentemente di quest'ultima e afferma che il suo lavoro ne costituisce «un sunto molto sommario o meglio, una serie di spunti od argomenti da svolgere più compiutamente». Ricordando che anche nei trattati di chimica scritti da italiani l'opera degli Italiani è «vergognosamente» dimenticata, Testi procede nella sua trattazione con uno stile in linea con i tempi dell'autarchia economico-culturale, mettendo in luce prevalentemente il contributo nazionale. Così, nel capitolo «Gli inizi della farmacia moderna»,[4] per quanto riguarda l'*epoca radiosa* della Repubblica Cisalpina, riporta un elenco di autori alle cui opere dice che sarebbe doveroso far cenno. Esso include Salvigni, insieme a Baselicà, Fabroni, Bonvicino, Giobert, Alemanni, Domenico Galvani, Moretti e Melandri.

Pellegrino Salvigni, nacque ad Imola nel 1777 (?) e morì a Bologna il 18 giugno 1841, «già conosciuto per lavori pubblicati», come ricorda nelle poche righe che riassumono la sua carriera accademica l'archivista vescovile Mazzetti.[5]

Nella splendida biblioteca comunale della cittadina che gli ha dato i natali, si conservano le sue opere e un bel busto marmoreo opera di Cincinnato Baruzzi (Fig. 1). Allievo di Luigi Valentino Brugnatelli, Salvigni si era formato a Pavia e, in quella sede, aveva aperto una scuola di chimica. Un decreto napoleonico lo nominò professore di Chimica generale nella Facoltà Medica dell'Università di Bologna il 20 dicembre 1802 e direttore del Gabinetto di Chimica incluso negli Stabilimenti Scientifici. Nel «*Prospetto de' signori professori e degl'impiegati nella Regia Università di Bologna per l'anno scolastico 1809-1810, V e VI del Regno di Napoleone il Grande*», il personale del Gabinetto risulta composto dal suddetto Prof. Salvigni e

[2] Gino Testi, *Storia della chimica*, Roma, Casa Editrice Mediterranea, 1940, p. 115.

[3] Raffaella Seligardi, *Lavoisier in Italia - La comunità scientifica italiana e la rivoluzione chimica*, Firenze, Olschki, 2002, p. 138.

[4] G. Testi, *Storia della chimica* cit., p. 115.

[5] Serafino Mazzetti, *Repertorio dei professori dell'Università e dell'Istituto delle Scienze di Bologna,* Arnaldo Forni Editore, Sala Bolognese, 1988. Ristampa anastatica di S. Mazzetti., *Repertorio di tutti i professori antichi, e moderni della famosa Università, e del celebre Istituto delle Scienze di Bologna con in fine alcune aggiunte e correzioni alle opere dell'Alidosi, del Cavazza, del Sarti, del Fantuzzi, e del Tiraboschi* […], Bologna, Tipografia di S. Tommaso D'Aquino, 1848, n. 2765, p. 279.

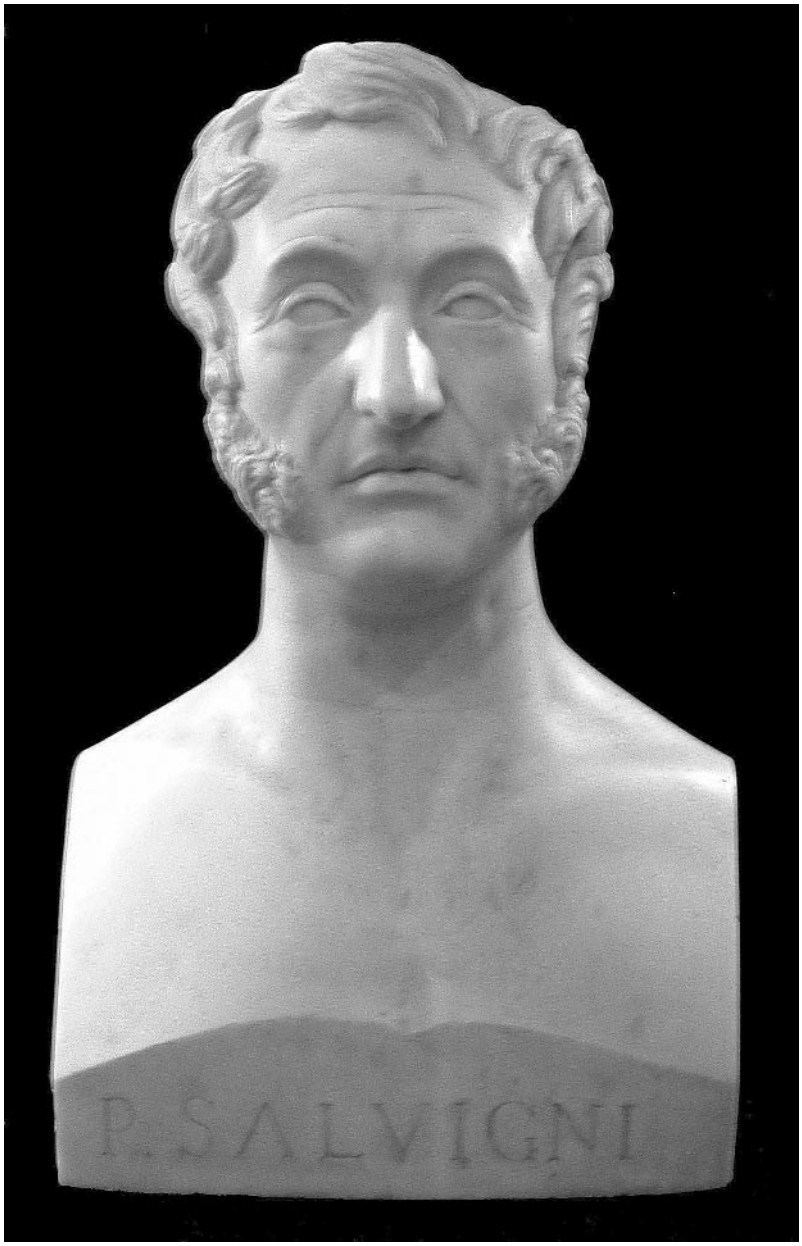


Fig. 1. Busto-ritratto di Pellegrino Salvigni opera di Cincinnato Baruzzi (*Per gentile concessione della Biblioteca Comunale di Imola*).

dal Sig. Carlo Mazzacurati, Operatore.[6] L'*elaboratorio chimico*, insieme al Giardino botanico e agli *Anfiteatri inservienti alle pubbliche ostensioni*, era stato completato da pochi anni con il ricavato della vendita della tenuta di Torre Cocceno, messa a disposizione da Napoleone e già spettante al soppresso convento degli Olivetani, con il decreto del 28 giugno 1805, che parificava l'Università di Bologna a quella di Pavia. Da gennaio a marzo 1815 Salvigni tenne anche il corso di Igiene. Rinunciò alla cattedra nel 1817 perché questa era diventata incompatibile con la carica di Direttore della Zecca di Bologna, carica che ricopriva dal 1806 e che mantenne fino al 1835. Fu vice reggente dell'Università dal novembre 1806 allo stesso mese del 1807 e ancora dal novembre 1813 all'ottobre 1814. Ricoprì la carica di reggente dal febbraio 1813 al novembre dello stesso anno. Dal 9 aprile 1814 al 1815 fu ispettore generale della Pubblica Istruzione. Come si è detto, diresse la Zecca di Bologna e, dal 1817 al 1835, anche gli uffici del Bollo oro e argento delle legazioni.[7] Della sua competenza in materia è prova anche il discorso tenuto in occasione del conferimento di laurea nell'anno 1804, *Sull'attitudine dell'oro dell'argento e del rame alla monetazione*.[8] Per quanto riguarda le opinioni politiche, la carriera di Salvigni dimostra che egli seppe adattarsi ai cambiamenti di regime. Quello napoleonico, tramite Melzi d'Eril e Murat, gli conferì incarichi di fiducia così, dopo la restaurazione del governo pontificio, il delegato apostolico decise di destituirlo nel settembre del 1815. Ma poiché il cardinale Ercole Consalvi, all'epoca Segretario di Stato, noto per la sua moderazione, intendeva avvalersi delle sue competenze in materia monetaria, ordinò al vice-legato, il cardinale Giustiniani di non intervenire,[9] così Salvigni mantenne il posto e continuò a dirigere la Zecca. Di famiglia facoltosa, beneficiò l'Università di un legato destinato a premiare annualmente lo studente vincitore di un concorso di chimica a lui intitolato.

Salvigni intrattenne rapporti epistolari con Vauquelin, che lo aiutò a procurarsi a Parigi apparecchiature più moderne per il gabinetto scientifico dell'Università.

L'opera più nota di Pellegrino Salvigni è un manuale di chimica in due tomi rivolto soprattutto alle applicazioni in campo medico. Il frontespizio del primo tomo, pubblicato nel 1802, qualifica Salvigni come «dottor fisico» ossia medico, mentre il secondo, pubblicato nel 1804, lo qualifica come professore.[10] Il manuale

[6] Renzo Cremante, *L'Università di Bologna dalle riforme napoleoniche al primo decennio del Novecento*, in *La Città del Sapere - I laboratori storici e i musei dell'Università di Bologna,* Bologna, Edizioni Amilcare Pizzi, 1987, p. 77.

[7] François Gasnault, *La cattedra, l'altare, la nazione. Carriere universitarie nell'Ateneo di Bologna, 1803-1859*, Bologna, CLUEB, 2001, pp. 211-212.

[8] P. Salvigni, *Compendio di un discorso sull'attitudine chimico fisica economica-politica dell'oro dell'argento e del rame alla monetazione letto dal professore P.S. nel conferimento di laurea l'anno 1804*, Bologna, per le stampe de' Fratelli Masi e compagno, 1804.

[9] Gasnault, *La cattedra, l'altare, la nazione* cit., p. 212.

[10] P. Salvigni, *Lezioni di chimica elementare applicata alla medicina e alle arti*, tomo I, Milano, Genio Tipografico, 1802; tomo II, Bologna, Stamperia Masi, 1804.

fu prontamente recensito da Luigi Valentino Brugnatelli sugli «Annali».[11] L'analisi di questo manuale e il confronto con uno francese pubblicato in contemporanea, è stata recentemente pubblicata.[12] Un altro lavoro di Salvigni che viene citato da Testi e Seligardi, ma senza alcun accenno al suo contenuto, è il libretto intitolato: *Due Ragionamenti sulle teorie chimiche di Lavoisier di Giovanni Mayow e di Lodovico Barbieri*,[13] (Fig. 2), che risultano estratti da una raccolta di *Ragionamenti chimici* letti da Salvigni nel corso di vari anni, in occasione del conferimento delle lauree.[14]

Poiché tale lavoro potrebbe utilmente rientrare nel dibattito, ancora vivo, sull'etica scientifica di Lavoisier, si è deciso di contribuire a ricuperarlo dall'oblio, mossi anche dalla curiosità che spinge il ricercatore ad occuparsi dei personaggi della sua terra che hanno dato qualche lustro alla propria disciplina.

Genesi e scopo dei Due Ragionamenti

La stesso Salvigni, in una lunga nota a piè di pagina, informa il lettore sull'origine del lavoro. Scrive Salvigni:

> Io lessi questa Dissertazione nel mese di Giugno del 1806, e ne inserii l'estratto nelle annotazioni del catalogo ragionato della Biblioteca dell'Università compilato in quell'anno da' Professori per ordine del Governo e depositato nella Biblioteca stessa. Successivamente ne feci parole ogni anno nelle mie pubbliche lezioni, la diedi a leggere insieme colle opere di Mayow e di Barbieri, e ne permisi copia a parecchj intelligenti che n'ebbero curiosità; e ora viene stampata senza alcun cambiamento; siccome si stampano senza alcun cambiamento le altre dissertazioni lette in varj anni e unite in questo volume. Tali dissertazioni poi vertono sopra materie, di cui non avrei certamente amato di scrivere, ma che però io scelsi come le meno disadatte a ragionamenti chimici da leggersi per conferimento di lauree, alla presenza non solo de' Professori e scolari della facoltà medica, ma eziandio di quella della facoltà legale e matematica. In queste occasioni i regolamenti dell'Università prescrivevano che si trattasse di un argomento scientifico, in vece di tesser solamente gli elogi de' laureandi, de' loro antenati, delle loro patrie ec., come era stato costume ne' tempi andati.[15]

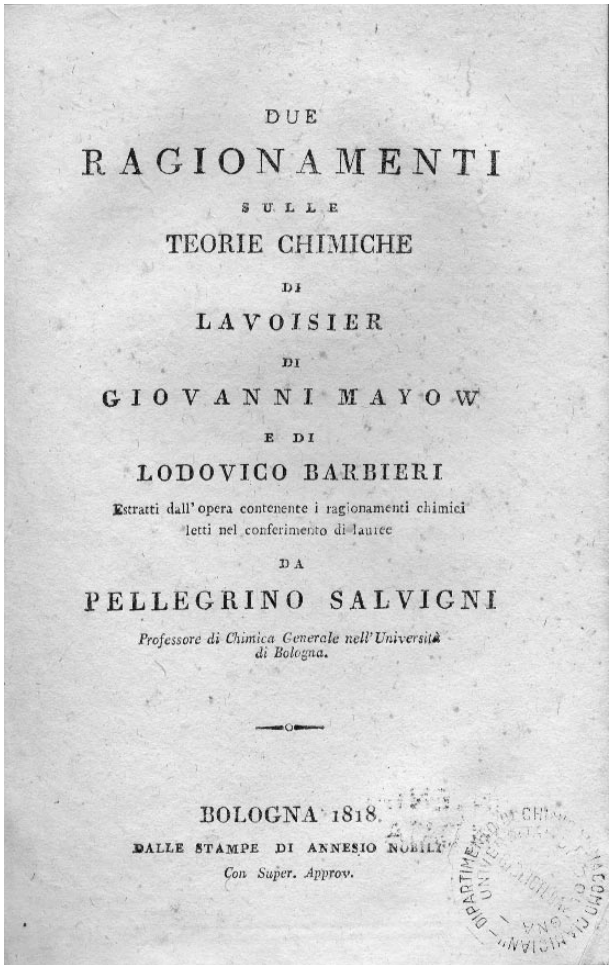
[11] Luigi Valentino Brugnatelli, *Recensione alle Lezioni di Chimica di Pellegrino Salvigni*, «Annali di Chimica», 1802, 21, 288

[12] Marco Taddia, Andrea Musiani, *La Chimica nei libri di testo del periodo napoleonico. L'esempio dei Cours di Jacotot con un parallelo italiano*, «CnS - La Chimica nella Scuola», XXIV, 2002, 3-12.

[13] P. Salvigni, *Due Ragionamenti sulle teorie chimiche di Lavoisier di Giovanni Mayow e di Lodovico Barbieri*, Bologna, Nobili, 1818.

[14] P. Salvigni, *Ragionamenti chimici letti nell'Università di Bologna da Pellegrino Salvigni nel corso di vari anni per conferimento di lauree. Con una nota importante in fine. Con tre ritratti: Giovanni Mayow, Lodovico Barbieri*, *Antonio L. Lavoiser,* Bologna, Tipografia di Ulisse Ramponi, 1816, p. 1-60

[15] P. Salvigni, *Due Ragionamenti* cit., pp. 6-7.



DUE

RAGIONAMENTI

SULLE

TEORIE CHIMICHE

DI

LAVOISIER

DI

GIOVANNI MAYOW

E DI

LODOVICO BARBIERI

Estratti dall'opera contenente i ragionamenti chimici letti nel conferimento di laurea

DA

PELLEGRINO SALVIGNI

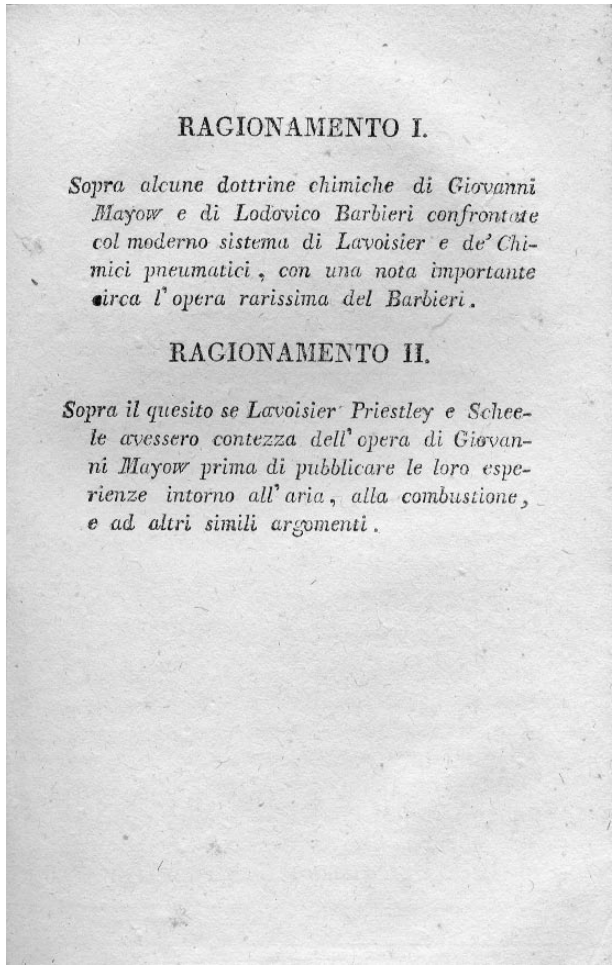
Professore di Chimica Generale nell'Università di Bologna.

BOLOGNA 1818.

DALLE STAMPE DI ANNESIO NOBILI

Con Super. Approv.

UNIVERSITÀ DI BOLOGNA – DIPARTIMENTO DI CHIMICA



RAGIONAMENTO I.

Sopra alcune dottrine chimiche di Giovanni Mayow e di Lodovico Barbieri confrontate col moderno sistema di Lavoisier e de' Chimici pneumatici, con una nota importante circa l'opera rarissima del Barbieri.

RAGIONAMENTO II.

Sopra il quesito se Lavoisier Priestley e Scheele avessero contezza dell'opera di Giovanni Mayow prima di pubblicare le loro esperienze intorno all'aria, alla combustione, e ad altri simili argomenti.

Fig. 2. Frontespizi dell'opera «*Due Ragionamenti …*» di P. Salvigni (1818).

Da notare che Salvigni possedeva le opere commentate nei ragionamenti. Per quanto riguarda quella rarissima di Barbieri egli afferma di possederla fin dall'anno 1805, avendola rinvenuta fra quelle di autori imolesi che gli aveva portato a Bologna l'amico Don Giovanni Villa. Molto generosamente, egli «dava sempre sempre a leggere quest'operetta a quegli scolari e persone intelligenti di ogni maniera che n'ebbero curiosità».[16]

Per quanto riguarda lo scopo del lavoro, Salvigni si mostra assai cauto ed afferma di voler dare ai candidati alla laurea «prova manifestissima» che nelle scienze chimiche, «siccome in altri rami di naturale filosofia, sia assai commendevole la lettura delle opere degli antichi».[17] Egli esclude a priori qualsiasi sfruttamento del pensiero degli antichi a favore o sfavore «de' moderni scrittori», come fanno quelli che cercano le somiglianze fra le opere degli antichi e quelle dei moderni per accrescere la fama di alcuni e diminuire la considerazione per altri, strumentalizzando quindi la «venerabile autorità» dei primi.[18]

I protagonisti

Sono John Mayow e Lodovico Barbieri e di essi si darà di seguito qualche cenno biografico. John Mayow nacque a Morval in Cornovaglia nel 1641, ma la sua data di nascita e il luogo sono in dubbio. Fu immatricolato al Wadham College di Oxford il 2 luglio 1658 e vi fu ammesso come *scholar* il 23 settembre 1659. Nel 1660 divenne membro dell'*All Souls* College. Studiò legge e conseguì i suoi titoli di studio nel 1665 e nel 1670. Studiò fisica e divenne noto come fisico specialmente nella città di Bath. Non si hanno prove che abbia studiato medicina ma, probabilmente, il titolo di studio conseguito a Oxford gli consentiva di praticarla. Mayow fu eletto FRS della Royal Society su proposta di Hooke. L'elezione avvenne il 30 novembre 1678 e l'esito fu di 27 voti favorevoli e uno contrario. Sembra tuttavia che l'ammissione formale alla Royal Society non sia mai avvenuta. Sembra che abbia condotto i suoi esperimenti presso l'All Souls College. Mayow iniziò a praticare la medicina a Londra e Bath nel 1670. Morì a soli trentotto anni nel 1679, probabilmente in settembre, e fu sepolto nella chiesa di S. Paolo a Coven Garden il 10 ottobre 1679.[19] Vista la data dei suoi lavori più importanti, c'è da pensare che si ammalasse subito dopo la conclusione dell'opera per cui è divenuto famoso, ossia il *Tractatus Quinque Medico-Physici*,[20] contenente una teoria della respirazione e della combustione che presenta analogie con quella dell'ossigeno di Lavoisier.

[16] *Ivi*, p. 63.
[17] *Ivi*, p. 6.
[18] *Ivi*, p. 5.
[19] James Riddick Partington, *The life and work of John Mayow (1641-1679)*, «Isis», 47, 1956, pp. 217-230.
[20] John Mayow, *Tractatus Quinque Medico-Physici,* Oxonii, E Theatro Sheldoniano, 1674.

Ludovico Maria Barbieri, citato dagli storici come *Barberius*,[21] nacque ad Imola nella notte del 26 novembre 1662, sotto la parrocchia di Santa Maria in Regola, da Giuseppe de Barberis e da una Costanza di cui non risulta il casato. Le notizie sulla vita di Barbieri riportate di seguito, sono ricavate dalla biografia scritta da Mazzini e pubblicata nel 1941.[22] Così, dai *Registri Matricolari dell'Università degli Studi 1666, 17…*, risulta che nel 1677, a soli quindici anni, Barbieri era già studente universitario, registrato fra i *domini scolares matriculati* del famoso professore Pietro Mengoli. Fra i suoi maestri si annovera Marcello Malpighi, ricordato con parole di lode ed ammirazione negli scritti successivi. A 18 anni si laureò in medicina e filosofia, a quei tempi unificate nell'insegnamento universitario. Del suo esame di laurea si conoscono molti particolari. I *puncta doctoralia* gli erano stati assegnati il 6 maggio 1680 da discutersi, secondo consuetudine, il giorno successivo. Il proarcidiacono e il promotore erano due famosi professori bolognesi. Il primo, Gian Carlo Mattesellani, aveva la cattedra di medicina pratica. Il secondo, Gian Paolo Cartari, era lettore di teorica. Pare che quest'ultimo, nel laureare Barbieri, abbia pronunciato parole assai lusinghiere nei confronti del medesimo, notando soprattutto «il sapere e l'esuberanza scientifica da lui dimostrata nella dotta e magistrale difesa sostenuta nell'Archiginnasio, con la quale seppe affrontare il giudizio acerrimo e pungentissimo dei maestri».[23]

Tale giudizio, forse, gli derivò anche dalle idee che aveva già in mente, visto che pochi mesi dopo, il 6 dicembre 1680 dedicava al Senato cittadino il libretto intitolato *Spiritus nitro aerei operationes in microcosmo*,[24] l'unica sua opera che peraltro lo ha reso celebre, cui aggiungeva una *Dissertatio epistolica de pororum biliosorum uso.* Si pensa che il Barbieri sia stato assunto quale medico di città e che fino alla sua morte abbia esercitato tale professione ad Imola. Si conosce infatti un certificato del 10 novembre 1721 in cui Barbieri si firma «Medico d'Imola» insieme ad Antonio Maria Galloni. Un anno dopo la laurea, Barbieri sposò Anna Maria Cani, di famiglia di noti mercanti. Dal loro matrimonio nacquero dodici figli di cui alcuni morirono in tenera età. Anna Maria morì nel luglio 1707. Dopo un anno di vedovanza, Barbieri si risposò con Isabella Dadini di famiglia nobile. Barbieri morì a 66 anni, il 26 agosto 1728, nella propria abitazione di via Regale, l'attuale via Emilia. Fu sepolto nella chiesa di S. Francesco, trasformata nel 1812 in Teatro Comunale. Fu persona benestante, tenuto in considerazione dai suoi concit-

[21] J.R. Partington, *A History of Chemistry*, Mansfield Centre CT (USA), Martino publishing, 1969, vol. 2, pp. 614-615.

[22] Giuseppe Mazzini, *Un precursore di Lavoisier – Ludovico Maria Barbieri medico e filosofo imolese (1662-1728),* «Atti e Memorie dell'Accademia di Storia dell'Arte Sanitaria» appendice alla «Rassegna di Clinica, Terapia e Scienze Affini», Anno XL, Fasc. IV, 1941.

[23] *Ivi*, p. 2.

[24] Ludovicus Maria Barberius, *Spiritus nitro-aerei operationes in microcosmo*, Bononiae, Typis Longi, MDCLXXX.

tadini come «eccellentissimo professore dell'arte medica», ma non ricoprì mai cariche pubbliche. Si presentò due volte candidato al Consiglio Comunale ma non venne eletto. La Pinacoteca di Imola conserva un ritratto di Barbieri di ambito Cignani (Fig. 3).

Ragionamento I

Il ragionamento primo s'intitola: *Sopra alcune dottrine chimiche di Giovanni Mayow e di Lodovico Barbieri confrontate col moderno sistema di Lavoisier e de' Chimici pneumatici, con una nota importante circa l'opera rarissima del Barbieri.* Esso si apre con una descrizione schematica dei «cinque trattati di chimico e medico argomento» di Mayow, «celebre medico di Londra contemporaneo a Boyle», il quale «la diede alla luce» (secondo Salvigni) nel 1669 (in realtà pubblicata nel 1674) e di cui Salvigni possedeva l'edizione del 1681.

I cinque trattati si occupano, nell'ordine, di:

1. salnitro, aria e spirito nitro-aereo;
2. respirazione;
3-5. respirazione, feto nell'utero, moto muscolare rachitide.

Secondo Salvigni, i primi due contengono una serie di idee «singolarissime» sul ruolo dell'aria nella combustione e nella respirazione, sul consumo della medesima nei due fenomeni, sull'analogia di comportamento fra il nitro e l'aria nel mantenere le fiamme, sulla formazione dell'acido del nitro mediante un principio presente nell'aria atmosferica e da Mayow chiamato spirito *igneo-aereo* o *nitro-aereo*. Questo principio si trovava tra i componenti del nitro, faceva parte dell'aria e gli conferiva la proprietà di mantenere la combustione, la fiamma e la vita, in maniera analoga all'*ossigene* scoperto dai *Chimici moderni*. In più, Mayow aveva trovato che durante la sosta dell'aria nei polmoni il sangue ne assorbiva una parte, che chiamò *vitale*, divenendo per questo caldo, rosso e mutando da venoso ad arterioso. Con la dimostrazione del ruolo dell'aria nella calcinazione e nella combustione, legato alla presenza dell'ossigeno, la Chimica avrebbe successivamente avvallato le dottrine di Mayow. Egli purtroppo non seppe separare dall'aria atmosferica l'aria vitale, cioè quel suo principio igneo-aereo. Se l'avesse fatto, avrebbe potuto indagarne le proprietà allo stato puro e giungere a stabilire per primo «in maniera assoluta e scientifica i fondamenti delle moderne pneumatiche teorie».[25]

Nella seconda parte del *Ragionamento*, Salvigni illustra le varie «sperienze, osservazioni e i ragionamenti», riferiti nei capitoli 7, 8 e 9 del primo trattato, su cui Mayow basa i suoi «pensamenti». Preoccupato di essere imparziale e di non aggiungervi nulla che possa introdurre «più acconcezza e verità», Salvigni le descrive con le parole dell'autore stesso. Così racconta del lume acceso all'interno

[25] P. SALVIGNI, *Due Ragionamenti* cit., p. 9.

Fig. 3. Ritratto di Ludovico M. Barbieri, ambito Cignani
(*Per gentile concessione dei Musei Comunali di Imola*).

di un recipiente di vetro capovolto sull'acqua, della combustione della canfora a mezzo della lente ustoria e del sorcio che consumano allo stesso modo *le particelle nitro-aeree* dell'aria. Salvigni invita spesso a sostituire il termine *particelle nitro-aeree* con quello di *particelle ossigenee*,[26] per sottolineare il ruolo di precursore avuto da Mayow e l'identità delle sue conclusioni con quelle di Lavoisier. Tra l'altro, se Mayow avesse avuto a disposizione il fosforo invece della canfora, il suo modo di sperimentare sarebbe stato come quello dei Chimici pneumatici e la spiegazione dei fenomeni la stessa.

Nella terza parte del suo *Ragionamento*, Salvigni si occupa delle apparecchiature usate da Mayow, commentando la tavola che li rappresenta. Prima però esprime meraviglia sul fatto che alcuni apparecchi e modi di sperimentare idropneumatici di Mayow somiglino stranamente a quelli di cui si valse cinquant'anni dopo l'autore della *Statica de' vegetabili* nei suoi lavori sull'aria (Stephen Hales, 1677-1761), senza renderne l'intero onore a Mayow. Peraltro, anche talune apparecchiature di Priestley e Lavoisier, messe in opera un secolo dopo, sono simili a quelle di Mayow ma, in questo caso, ciò fu dovuto all'oblio in cui era caduta la sua opera. La descrizione degli apparecchi di Mayow è minuziosa; le sue vasche idropneumatiche, poi descritte e perfezionate da altri Autori, sono, anche all'epoca di Salvigni, «il più essenziale strumento de' Chimici che esercitano l'ingegno nelle sperienze gasose». Egli conferisce notevole importanza ai collegamenti fra i recipienti posti in opera da Mayow, realizzati in modo che «l'aria degli uni entra gradatamente negli altri con metodo consimile a quello che serve a' chimici moderni ne' travasamenti d'arie tanto necessarj nella maggior parte delle esperienze pneumatiche».[27]

Nella quarta ed ultima parte del *Ragionamento*, Salvigni mette in guardia gli *Uditori ornatissimi* dal credere che anche il restante contenuto dei trattati sia dello stesso livello di quello descritto e così le restanti dottrine. Per voler troppo spiegare, Mayow inventò molte ipotesi, alcune sostenute da fatti deboli, alcune manifestamente errate, altre opposte persino ai suoi stessi principi. Quest'ultimo difetto viene giudicato il peggiore da Salvigni, il quale rileva anche la confusione fra buone e false teorie nonché fra vane ipotesi e «maravigliose verità sperimentali».[28] Salvigni attribuisce proprio alla penuria di osservazioni e dati sperimentali ed all'eccesso di «troppo sottili e vaghi ragionamenti» la scarsa considerazione in cui l'opera fu tenuta dai contemporanei ed il rapido oblio che la rese «quasi incognita a' suoi posteri». A conclusione del *Ragionamento*, oltre al rammarico per non aver potuto approfondire il tema nel breve tempo accordato alla sua *orazione*, Salvigni torna sull'argomento a lui caro delle citazioni dell'opera di Mayow nei lavori di Hales, Scheele, Priestley e Lavoisier. Mentre gli ultimi tre non ne erano a conoscenza e perciò non la citarono, diverso è il caso di Hales.

[26] *Ivi*, p. 11.
[27] *Ivi*, p. 16.

Secondo Salvigni, l'opera di Mayow era ben nota ad Hales, il quale

> si giovò di varj pensamenti e apparecchj di Mayow, senza nominarlo per autore nominandolo però altrove nel notarne una ommissione, e nel narrare un'esperienza di esito non pienamente conforme a quello riferito dal suo compatriota.[29]

Non manca poi un accenno finale, con tono di esaltazione, all'illustre medico imolese Lodovico Barbieri, colui che, forse unico, diede credito alle dottrine di Mayow e «le adottò scevre delle vane ipotesi, a cui erano commiste ne' libri dell'inglese scrittore».[30]

L'opera del Barbieri verrà presentata e discussa in apposita nota allegata al *Ragionamento II.*

Ragionamento II

Il secondo ragionamento è *Sopra il quesito se Lavoisier Priestley e Scheele avessero contezza dell'opera di Giovanni Mayow prima di pubblicare le loro esperienze intorno all'aria, alla combustione e ad altri simili argomenti.*

Dopo un breve introduzione che richiama il *Ragionamento I*, Salvigni si occupa subito della prima parte degli *Opuscules Physiques et Chymiques* di Lavoisier,[31] definendo l'autore «duce de' moderni Chimici pneumatici». Com'è noto, questa parte dell'opera contiene una rassegna delle conoscenze dell'epoca sulle proprietà delle arie, premessa all'esposizione delle esperienze che Lavoisier farà nella seconda parte. Salvigni ne illustra lo scopo, sottolineando che l'Autore

> dichiarò essere suo intendimento di far pubblico colla maggiore imparzialità tutto ciò che era stato operato fin a quel tempo sopra tali materie; e ragionò di Paracelso, di Wanelmonzio, di Boyle, di Hales, di Priestley, del Conte di Saluzzo, di Black, e d'infiniti altri, che sarebbe troppa lunghezza il ripetere,

mentre

> di Giovanni Mayow non fece nè punto, nè poco menzione.[32]

L'omissione di Mayow dall'elenco dei citati è a vantaggio di Hales perché, secondo Salvigni, il merito dell'originalità di taluni apparecchi, macchine e scoperte, e i relativi encomi, andavano divisi con Mayow. A riprova di ciò, cita l'inizio del Capitolo III degli *Opuscules* (non il VI come da lui erroneamente indicato nella nota a p. 24), laddove Lavoisier scrive:

[28] *Ivi*, p. 16.
[29] *Ivi*, p. 17.
[30] *Ivi*, p. 19.
[31] ANTOINE L. LAVOISIER, *Opuscules Physiques et Chymiques*, Paris, Durand, Didot, Esprit, 1774.
[32] P. SALVIGNI, *Due Ragionamenti* cit., p. 23.

> L'insieme delle esperienze di Van Helmont e di Boyle rivela come, in un gran numero di operazioni, si liberi dai corpi una grande quantità di fluido elastico analogo all'aria e come, in altri casi, una porzione dell'aria atmosferica venga assorbita, o quanto meno privata della sua elasticità. Queste esperienze, tuttavia, non forniscono ancora un'idea delle quantità prodotte e delle quantità assorbite. Il Sig. Hales è stato il primo ad aver esaminato la questione da questo punto di vista; egli ha escogitato vari sistemi, semplici e comodi, per misurare con esattezza il volume dell'aria.[33]

A questa citazione, Salvigni fa seguire quella di Mayow che dimostra il contrario, cioè che Mayow

> aveva indicate precisamente le quantità di aria assorbita dopo la respirazione di diversi animali, dopo la combustione de' corpi; aveva descritti gli apparecchi per conoscerla, per misurarla o per eseguirne le sperienze ec. ec. ec.[34]

In definitiva, dice Salvigni, Lavoisier prese «in ciò abbaglio». Le cause dell'omissione di Lavoisier, configurabile come «errore per lui gravissimo di storia chimica»,[35] potevano risiedere: (ì) nel fatto che non aveva letto l'opera di Mayow; (ìì) nell'intenzione di appropriarsene le dottrine, facendo malignamente credere di non averla conosciuta. Salvigni si esprime a favore della prima ipotesi, sia per la generosità d'animo di Lavoisier, che lo rendeva incapace di tali viltà, che per l'impossibilità dello stesso a farsi reputare, anche volendo, padre delle dottrine di Mayow. A sostegno di ciò, esaminando innanzitutto le esperienze di Lavoisier, Salvigni afferma che questi non aveva avuto remore a citare i lavori di Hales e Priestley che, nei loro «celebratissimi» libri, avevano riprodotto apparecchi, macchine ed esperienze di Mayow senza attribuirle a lui, cosicché ne erano reputati gli autori. Non poteva quindi, L., attribuirsi merito di scoperte già note, anche se mal assegnate e, inoltre, visto che gli apparecchi e le esperienze di Mayow erano di «tenue rilievo»,[36] rispetto a quelle di Priestley e alle sue, appropriandosi di quelle di Mayow avrebbe accresciuto di poco i suoi meriti e avrebbe rischiato il «disdoro di una vilissima espilazione». Per quanto riguarda invece le teorie, Salvigni ricorda che prima del 1775 le dissertazioni e le opere di Lavoisier contenevano soprattutto descrizioni di macchine e fatti sperimentali, non teorie o sistemi, e che nel soltanto nel sesto capitolo degli *Opuscules* si trova un «tenuissimo sentore di opinioni staliane».[37] Egli rileva inoltre che Lavoisier era all'epoca così restio nel trarre «deduzioni sperimentali di fatto chimico» quanto pronto nel riferire delle prove e riprove dei suoi esperimenti. Solo dopo la scoperta dell'ossigeno egli cominciò ad avventurarsi nelle sue «teoriche», perché disponeva delle prove materiali atte a sostenerle.

[33] ANTOINE L. LAVOISIER, *Opuscules* cit., p.
[34] P. SALVIGNI, *Due Ragionamenti* cit., p. 24.
[35] *Ivi*, p. 26.
[36] *Ivi*, p. 34.
[37] *Ivi*, p. 35.

La pubblicazione di tutto il suo sistema, «formato dall'accozzamento delle teorie già da lui fatte pubbliche su varj chimici argomenti», avvenne dopo anni, anzi quasi al termine della sua vita. A questo punto Salvigni inizia una lunga digressione, arricchita di sostanziose note, sull'istituzione ed il funzionamento dell'Accademia Lavoisieriana, tessendone le lodi e ponendo l'accento sul rigore delle esperienze e sull'imparzialità e scrupolosità dei giudizi. Afferma Salvigni che «nulla veniva dato alle stampe se non dopo le più accurate disanime».[38]

Soffermandosi poi sulla genesi degli *Opuscules*, ricorda che le esperienze descritte furono eseguite negli anni 1771-73 e stampate all'inizio del 1774. L'Accademia delle Scienze fu avvisata nel novembre 1772 e ordinò un estratto dell'opera ai Signori De-Trudaine, Macquer, le Roy, e Cadet, «che lo presentarono alla fine del 1773 giudicando che meritava di essere impressa coll'approvazione dell'Accademia». Poiché l'ossigeno fu isolato da Priestley il primo di agosto del 1774, l'opera vide la luce prima e, ripete Salvigni, «non conteneva teoria alcuna che avesse la più piccola rassembranza con quelle di Mayow».[39]

Se dunque non accennò a Mayow, non fu per impadronirsene delle teorie. Tra l'altro, i miglioramenti che Lavoisier e suoi collaboratori apportarono alle macchine furono tali da mettere in ombra quelle di Mayow, così le numerose scoperte e i principi che diedero vita al nuovo sistema chimico pneumatico furono di tale importanza da far pensare che tutto ciò provenisse da nuove speculazioni e nuovi ritrovamenti, piuttosto che da una usurpazione delle dottrine di Mayow, alcune delle quali manifestamente erronee. Sembra inoltre un controsenso, secondo Salvigni, che chi abbia in animo di copiare il lavoro di un altro raccomandi con vivissimo calore lo studio di un libro in cui esso citato (riferito ad Hales che cita Mayow). Secondo Salvigni, Lavoisier non si era interessato dell'opera di Mayow, anche perché questa è di carattere forse più medico che chimico, anche nelle figure, «molte delle quali addimostrano ossa e scheletri di rachitici».

L'opera, come si è detto, era stata dimenticata, tant'è vero che da un esame di quelle scritte prima degli *Opuscules* fra il 1669 e il 1774, Salvigni vide che solo due autori l'avevano citata: Hales e Giovanni Barchusen in un testo, «di non molto pregio» del 1703, che confutava la teoria dello spirito nitro-aereo.[40] È difficile poi, visti i tanti nemici che aveva Lavoisier, che qualcuno di essi di fronte ad un suo furto intellettuale, non avesse approfittato dell'occasione per criticarlo. Concludendo, Salvigni ritiene di aver dato prove sufficienti a dimostrare che Lavoisier non conosceva l'opera di Mayow anche se, data la natura dell'argomento, aggiunge, con realismo, che tutte le riflessioni enunciate ed altre simili non bastano a dimostrare con certezza che a Lavoisier non era nota l'opera di Mayow.[41]

[38] *Ivi*, p. 38.
[39] *Ivi*, p. 42.
[40] *Ivi*, p. 45.
[41] *Ivi*, p. 48.

Per quanto riguarda Scheele e Priestley, anche per loro sono valide le riflessioni di Salvigni a proposito di Lavoisier, con l'aggiunta che essendo entrambi seguaci di altri sistemi non potevano «tenere maliziosamente silenzio dell'Inglese medico».[42] Più complesso è il giudizio su Hales, a proposito del quale Salvigni sarebbe tentato di essere assai più severo, salvo poi ricredersi dopo «accuratissimi confronti delle opere de' due inglesi, mature ponderazioni su tutte le loro più essenziali particolarità»,[43] che lo inducono allontanare anche da Hales ogni sospetto di malizia. Così egli può terminare la sua orazione con l'auspicio che i candidati accrescano la loro ammirazione per uomini così chiaramente virtuosi, traendo conforto dal loro esempio così come hanno fatto da quello dei «virtuosissimi» professori presenti alla «laureazione».

Le opinioni di Salvigni e le indagini recenti

Il catalogo della biblioteca di Lavoisier compilato da Marco Beretta[44] può essere di aiuto per verificare la fondatezza delle opinioni di Salvigni. Da esso risulta che sia il *Tractatus quinque medico-physici*, edizione 1674, che l'*Opera Omnia medico-physica, tractatibus quinque comprehensa…*, edizione 1681, di John Mayow facevano parte della biblioteca. Tuttavia, è importante accertare se queste opere furono acquisite prima o la pubblicazione degli *Opuscules*. Dal lavoro di Beretta risulta che Lavoisier aveva acquistato il *Tractatus quinque* a Strasburgo nel 1767 e chiesto successivamente a Magellan che gli cercasse in Inghilterra alcuni libri tra cui *l'Opera Omnia* di Mayow.[45] La corrispondenza tra Magellan e Lavoisier rivela che il primo incontrava difficoltà a procurare il libro, data la sua rarità, e che il secondo era ben conscio della sua importanza vista l'insistenza con cui lo richiedeva. Occorre infine aggiungere che, probabilmente, l'interesse di Lavoisier verso la natura del nitro si sviluppò effettivamente dopo la pubblicazione degli *Opuscules*. Come scrive Beretta, fu nel novembre 1775 che il fisico e chimico Joseph Marie Francois de Lassone mandò a Lavoisier una lista di lavori o parti di lavori sulla natura del nitro, diremmo oggi una bibliografia.[46] Come si vede, vale tuttora la conclusione di Salvigni, ossia è impossibile stabilire con certezza se all'epoca degli *Opuscules*, Lavoisier fosse consapevole dell'importanza del contributo di Mayow.

La nota su Barbieri

Essa si apre con una descrizione del frontespizio dell'opera di Barbieri, seguita dai titoli dei cinque capitoli o esercitazioni. Seguono ampi stralci, prima in latino

[42] *Ibidem*.
[43] *Ivi*, p. 50.
[44] MARCO BERETTA, *Bibliotheca Lavoisieriana*, Firenze, Olschki, 1995, p. 191.
[45] *Ivi*, p. 94.
[46] *Ibidem* (*LC*, vol. 3, p. 538).

poi in italiano, che ne mettono in risalto gli aspetti salienti. La nota continua con l'elenco delle biblioteche consultate per reperire l'opera e minuziosa indicazione delle persone cui si era rivolto Salvigni. Le uniche biblioteche che la possedevano erano quelle delle Università di Pisa e Modena. Seguono le citazioni dell'opera dovute a Mangetti (Biblioteca degli scrittori di Medicina antichi e moderni) e Mazzucchelli (Vite e scritti de' letterati italiani), nonchè l'estratto delle cinque esercitazioni pubblicato a Lipsia nel 1682 sugli *atti degli eruditi*.[47] Secondo Salvigni, il fatto che i primi due riproducessero semplicemente il frontespizio dell'opera senza illustrarne il contenuto, e che l'estensore dell'estratto mostrasse di non tenere in alcun conto le teorie di Barbieri, evitando di riportare i ragionamenti e degli esperimenti su cui erano fondate, non poteva invogliare il lettore ad accostarsi all'originale. Così, non ricercata da alcuno, l'opera fu dimenticata, complice anche l'imporsi nel secolo successivo della teoria di Stahl.

A giudizio di Francesco Selmi, che nell'*Enciclopedia* da lui diretta riporta ampi stralci delle opere di Mayow e di Barbieri, gli italiani perdettero un'occasione, in quanto[48]

> le scoperte di Mayow furono trascurate affatto da' suoi contemporanei, tranne da Lodovico Barbieri d'Imola, il quale non solo le accolse, ma le convalidò con esperienze proprie. […] Per disgrazia in Italia i cultori della chimica non lo seguirono; se ciò fosse accaduto, probabilmente la nostra penisola avrebbe avuto una parte notevole nel progresso della scienza.

Una volta tramontata la teoria di Stahl e subentrato il sistema di Lavoisier, che presentava numerose analogie con l'opera di Barbieri, non doveva essere facile imbattersi in una copia del lavoro, leggerlo ed apprezzarlo.

Salvigni spiega in dettaglio come ha avuto la sua e come si è adoperato per divulgarne il contenuto. Spiega anche quali furono i suoi rapporti con il medico Luigi Angeli di Imola, prima assistente presso la Clinica dell'Università. Avuta notizia dell'opera da parte di Salvigni, Angeli se ne procurò una copia e la fece ristampare nel 1828, corredata di *Osservazioni e Rilievi*.[49] Lo stesso Angeli, come ricorda Salvigni, ignorando che colui che gliela aveva fatta conoscere la stava traendo dall'oblio, si dedicava al suo studio e «nell'anno 1808 nelle sue memorie storiche sulle vite e sugli scritti di alcuni medici imolesi impresse in Imola per Giambenedetto Filippini, facendo menzione di Lodovico Barbieri, fece diligentemente parole dell'opera medesima».[50]

[47] P. Salvigni, *Due Ragionamenti* cit., pp. 59-61.

[48] Francesco Selmi, *Compendio Storico della Chimica*, in *Enciclopedia di Chimica Scientifica e Industriale ossia Dizionario Generale di Chimica…*, Torino, UTET, 1878, Vol. 11, p. 579.

[49] Luigi Angeli, *Osservazioni e Rilievi fatti sull'Opera di Lodovico M. Barbieri Medico Imolese stampata in Bologna l'anno 1680. La quale sendo di sommo pregio, e l'edizione rarissima ha determinato a procurarne la ristampa il suo concittadino cavaliere Luigi Angeli…*, Imola dai Tipi d'Ignazio Galeati, 1828.

[50] P. Salvigni, *Due Ragionamenti* cit., p. 65.

Così anche il Carradori, in un articolo pubblicato nel 1813 sul giornale di Fisica e Chimica e Storia Naturale del Regno Italico mise in onore il Barbieri, «a provare l'antichità della moderna Chimica pneumatica in Italia». Non poteva citare Salvigni, che ne aveva parlato precedentemente, perché il discorso di Salvigni del 1806 fu pubblicato solo nel 1816. All'epoca egli non si era curato della pubblicazione perché pensava non ne valesse la pena, visto che i trattati di Mayow era poco noti in Italia ma ben noti in Francia. Per quanto riguarda l'opera di Barbieri egli aveva rimandato la pubblicazione della nota perché contava di aggiungerla al catalogo della Biblioteca dell'Università, la cui pubblicazione era prevista da un decreto del Regno. Sospesa la stampa del catalogo, Salvigni riteneva che la sua divulgazione verbale avesse comunque raggiunto lo scopo. I motivi per cui prese la decisione di pubblicare i Discorsi sono di vario genere, incluso il desiderio di dar lustro ai ritratti di Lavoisier, Mayow e Barbieri, rinvenuti dopo infinite indagini e posti nel nuovo Laboratorio Chimico dell'Università e

> specialmente perché a cospicui soggetti, di cui l'autorità è per me di gran momento, sembra dicevole pel decoro delle nostre scuole che non s'ignori dal pubblico l'anteriorità delle nostre notizie sull'opera dell'antico alunno di questo bolognese Archiginnasio.[51]

I Ritratti

Ai *Due Ragionamenti* è allegata una nota editoriale che porta la data 27 marzo 1839, anno in cui fu ristampato, con ogni probabilità, l'estratto. In essa si sottolinea l'importanza dei due Discorsi Accademici di Salvigni, e l'opportunità di dar loro pubblicità insieme ai ritratti di Antonio Lorenzo Lavoisier, Giovanni Mayow e Lodovico Barbieri. I tre ritratti, fatti incidere dal Professor Gajani sotto la direzione del Celebre Incisore Rosaspina, risultavano deposti nell'*Elaboratorio di Chimica*. Insieme ai Discorsi, stampati da tempo, i ritratti erano rimasti in oblio fino ad allora. Furono rintracciati, come dice la nota, dopo *infinite ricerche*. L'estratto oggetto di questa comunicazione non reca i ritratti che, come risulta da un controllo, sono regolarmente inclusi nella raccolta completa dei *Ragionamenti*. Quello di Barbieri, comunque, risulta riprodotto nel citato lavoro di Mazzini. La nota si chiude con la promessa, se l'iniziativa fosse accolta favorevolmente, di dare pubblicità anche ai ritratti di Davy (da Canova) e di Berzelius (da un disegno pervenuto dalla Germania).

Conclusioni

Dall'analisi dei *Due Ragionamenti* emerge lo sforzo di Salvigni di conciliare i risultati di uno studio critico di alcuni passi degli *Opuscules* di Lavoisier e delle opere di alcuni suoi precursori, rivolto soprattutto ad indagare il mancato ricono-

[51] *Ivi*, p. 66.

scimento del contributo di Mayow, con l'immagine virtuosa e scientificamente integra degli Autori, coltivata dallo stesso Salvigni. Alla luce delle indagini più recenti, le residue perplessità di Salvigni nell'escludere che Lavoisier fosse a conoscenza dell'opera di Mayow all'epoca degli *Opuscules*, risultano rafforzate. Va detto però che lo sforzo di Salvigni è umanamente comprensibile, se si tien conto che l'uditorio cui erano destinati i *Ragionamenti* era composto da giovani appena laureati ai quali egli voleva proporre un modello comportamentale. Tralasciando ogni valutazione in merito all'opportunità e alla riuscita di una operazione pedagogica che oggi desterebbe qualche perplessità, i *Ragionamenti* sono una prova dell'attenzione che era stata riservata, anche a Bologna, alle dinamiche di sviluppo della moderna chimica pneumatica e soprattutto agli *Opuscules* di Lavoisier. L'analisi di Salvigni risulta accurata e ben documentata anche secondo gli odierni schemi delle recensioni scientifiche. Che tale analisi fosse stata stimolata dal desiderio di rivalutare il contributo alla chimica pneumatica di Mayow e, tramite lui, quello dell'imolese Barbieri, suo primo divulgatore in Italia e allievo dell'Università dove insegnava Salvigni, ha importanza relativa ai fini del riconoscimento di quest'opera come significativo contributo di scuola bolognese al dibattito scientifico sull'originalità dell'opera di Lavoisier.

Riassunto – Pellegrino Salvigni (1777?-1842) tenne la cattedra di Chimica all'Università di Bologna dal 1802 al 1817, quando dovette dimettersi per continuare a ricoprire l'incarico di Direttore della Zecca della stessa città. È autore di un testo di chimica introduttivo in due volumi (Milano 1802, Bologna 1804). Nel giugno del 1806, durante una seduta di laurea, lesse una dissertazione relativa alle teorie chimiche di John Mayow e Lodovico Barbieri ed al quesito se Lavoisier, Priestley e Scheele fossero o meno al corrente del lavoro dello stesso Mayow e di Barbieri sullo «spirito nitro-aereo». Il testo della dissertazione fu pubblicato nel 1816 nella raccolta *Ragionamenti chimici letti nell'Università di Bologna da Pellegrino Salvigni nel corso di vari anni per conferimento di lauree. Con una nota importante in fine.* Fu ristampato nel 1818 con il titolo *Due Ragionamenti sulle teorie chimiche di Lavoisier di Giovanni Mayow e di Lodovico Barbieri*. Questo lavoro dimostra che i *Due Ragionamenti* contribuirono all'ampio dibattito sull'originalità delle scoperte di Lavoisier e si prestano tuttora allo studio di un caso interessante di etica scientifica.

RAFFAELLA SELIGARDI*

La nuova chimica e i suoi usi: un confronto tra due manuali universitari contemporanei (1802) nel contesto bolognese**

The new chemistry and its uses: a survey of two contemporary (1802) university handbooks in the Bolognese context

Summary – This paper compares two chemistry textbooks published almost at the same time in Bologna. The first was written by Pellegrino Salvigni, professor of general chemistry at the University of Bologna. The second textbook was the work of Francesco Coli, professor of pharmaceutical chemistry. Salvigni studied in Pavia with Luigi V. Brugnatelli, and shared several of his chemical theories, whereas Coli was trained as a pharmacist in the traditional way, and his «ideal» master was the pharmacist and translator of Lavoisier, Vincenzo Dandolo. Thus, in the same Bolognese institutional context we can find the two most widely diffused way in Italy to approach the new chemistry and its uses. Through the analysis of the structure of the two textbooks, of the nomenclature employed, and of the theories discussed, it is possible to uncover the differences, as regards the goals of chemistry, already found through the comparison between Brugnatelli's and Dandolo's work.

Le Lezioni *di Salvigni*

Pellegrino Salvigni (1779-1841)[1] studiò a Pavia con Luigi Valentino Brugnatelli. Pubblicò il primo volume delle sue *Lezioni di chimica elementare applicata alla medicina e alle arti* a Milano, quando insegnava ancora nella scuola di chimica che

* Università di Bologna, CIS – Dipartimento di Filosofia.

** Relazione presentata al X Convegno Nazionale di «Storia e Fondamenti della Chimica» (Pavia, 22-25 ottobre 2003).

[1] SERAFINO MAZZETTI, *Repertorio di tutti i professori antichi, e moderni della famosa Università, e del celebre Istituto delle Scienze di Bologna con in fine alcune aggiunte e correzioni alle opere dell'Alidosi, del Cavazza, del Sarti, del Fantuzzi, e del Tiraboschi*, Bologna, Tipografia S. Tommaso d'Aquino, 1848, n° 2765; FRANÇOIS GASNAULT, *La cattedra, l'altare, la nazione. Carriere universitarie nell'Ateneo di Bologna, 1803-1859*, Bologna, CLUEB, 2001, pp. 211-212.

aveva aperto a Pavia.[2] L'opera non doveva terminare qui, perché alla fine della prefazione del primo volume Salvigni preannunciò tre ulteriori volumi,[3] dei quali però uno solo vide la luce. Infatti, alla fine del 1802 Salvigni fu chiamato a insegnare Chimica generale all'Università di Bologna, incarico che tenne fino al 1824. Qui ristampò il primo volume delle sue lezioni e ne aggiunse un secondo.

Nell'*Avvertimento* che apre il primo volume, Salvigni illustrò gli intenti della sua opera:

> Queste lezioni sono destinate a quelli, che, appresa la fisica, vogliono applicarsi alla chimica. In tutto il corso delle medesime io mi sono studiato di tenere un metodo facile e adattato ai principianti, non dicendo alcuna cosa anticipatamente, e passando sempre dal cognito all'incognito. Nel trattare delle affinità, del calore, e degli altri corpi semplici, degli strumenti, e delle operazioni chimiche ho voluto essere alquanto diffuso, poiché tali cose importantissime, che sono come la base e il midollo di tutta la scienza, debbono sapersi minutamente. Scrivendo le presenti lezioni io aveva seguita la dottrina delle affinità dell'illustre Berthollet, e la nuova nomenclatura del celebre professore Brugnatelli; ma dovendole pubblicare, quanto alla prima ho stimato consiglio più prudente l'attendere il giudizio de' classici, e non adottarla forse con troppa celerità in un libro elementare; quanto alla seconda mi è venuto in animo di porla in note, lusingandomi che in tal guisa ne risulterebbe ai leggitori un doppio vantaggio.[4]

Questo era quindi un libro per studenti universitari che avevano già compiuto studi scientifici. Il fatto che gli studenti dovessero già conoscere la fisica rimanda implicitamente alla distinzione tra le due discipline.

> La chimica è la scienza che insegna a conoscere la reciproca attrazione delle minime molecole di tutti i corpi, e gli effetti della medesima.[5]

La chimica, secondo Salvigni, non è più l'arte del comporre e decomporre, ma è la scienza delle affinità, che agiscono a livello microscopico, mentre la fisica è la scienza dell'attrazione, che agisce a livello macroscopico. Nell'*Avvertimento*, l'autore stesso ci dice di aver mutuato questa concezione da Berthollet.[6]

A proposito dell'altro autore citato, Brugnatelli, è opportuno ricordare che

[2] Uno studio preliminare sulle *Lezioni* di Salvigni è MARCO TADDIA, ANDREA MUSIANI, *La Chimica nei libri di testo del periodo napoleonico. L'esempio dei* Cours *di Jacotot con un parallelo italiano*, «CnS. La Chimica nella Scuola», XXIV, n° 1, 2002, pp. 3-12.

[3] «N.B. Gli altri tre Volumi usciranno successivamente». PELLEGRINO SALVIGNI, *Lezioni di chimica elementare applicata alla medicina e alle arti del dottor fisico Pellegrino Salvigni del Dipartimento del Reno*, Milano, Stamperia e Fonderia del Genio Tipografico, in Casa Crivelli, 1802, fine del vol. 1.

[4] P. SALVIGNI, *Lezioni di chimica* cit., vol. 1, «Avvertimento», [pp. 1-2].

[5] *Ivi*, vol. 1, p. 11.

[6] CLAUDE LOUIS BERTHOLLET, *Recherches sur les lois de l'affinité*, Paris, Badouin, IX [1801]. MARCO CIARDI, *La chimica? Una teoria particolare. Berthollet e la rivoluzione lavoisieriana*, in GIANLORENZO MARINO (a cura di), *Atti del V Convegno Nazionale di Storia e Fondamenti della Chimica*, Roma, Accademia Nazionale delle Scienze detta dei XL, 1993, pp. 91-99.

Salvigni fu un suo discepolo e ne adottò le teorie sulla combustione e la nomenclatura riformata. La scelta di presentare le teorie e la nomenclatura di Brugnatelli nelle note e quella «ufficiale» francese nel testo, oltre per i motivi che ci vengono detti da Salvigni stesso («il doppio vantaggio» è quello di arrivare a conoscere entrambe le nomenclature e le teorie), trova motivazione anche nel fatto che la nomenclatura di Brugnatelli era comunque in divenire, e che Berthollet e Morveau avevano mosso ad essa dure critiche.[7] Non dimentichiamo, inoltre, che ora i francesi dominavano buona parte dell'Italia, in particolare quella del Nord, e bisognava agire con cautela se si voleva ottenere o mantenere una posizione da docente universitario.

Un ultimo punto espresso dall'*Avvertimento* è quello relativo al metodo da seguire nell'esposizione della materia. Il metodo è quello lavoisieriano e condillachiano di passare dal noto all'ignoto. Già dalla prima lezione, che tratta *Dell'attrazione in generale, e della affinità di aggregazione*, illustrate da alcuni semplici esperimenti, Salvigni ci presenta la sua metodologia.

> In queste esperienze mi sono prevalso ad arte di sostanze già conosciute anche da coloro che non sono chimici, di zucchero, di sale, di carne, e simili. Se mi fossi servito di acidi, di alcali, di ossidi ec., i principianti non avrebbero potuto intendermi. Chi scrive delle lezioni non deve supporre che si sappia cioché non ha per anche detto, e che si capiscano i vocaboli dei quali non ha data definizione.
> Ho poi creduto che fosse necessario di dimostrare con numerosa mano di esperimenti l'esistenza dell'attrazione chimica, prima di parlare delle leggi e modificazioni della medesima, giaché nell'ordine delle nostre idee la prima è sempre questa, s'esista ciò di cui si cercano le proprietà.
> È poi anche più necessario di dimostrare che v'ha veramente attrazione chimica, perché essa è il fondamento e la base di tutta la scienza; della quale attrazione se alcuno dubitasse, dubiterebbe eziandio di tutte le teorie e spiegazioni di chimica.[8]

L'utilizzo dei sensi come base di partenza per poi approfondire l'analisi, di derivazione squisitamente condillachiana, viene ripreso in vari punti dell'opera. In generale, per ogni sostanza, viene riportata la sinonimia per quanto riguarda la sua denominazione; poi si passa ad illustrarne composizione, sapore, stato ordinario, colore, sapore, affinità per l'acqua e per il calorico, stati in cui si trova in natura, preparazione, usi.

Il testo è suddiviso in 31 lezioni numerate, di cui 14 nel primo volume e le restanti nel secondo. Nel primo volume, che inizia con la discussione delle teorie dell'affinità e si chiude con la trattazione dell'idrogeno e della natura composta dell'acqua, ritroviamo il *corpus* principale delle nuove teorie chimiche, al quale si aggiunge la cristallografia.[9]

[7] Louis Bernard Guyton de Morveau, *Examen de quelques critiques de la nomenclature des chimistes français*, «Annales de Chimie», vol. 25 an VI [1798], p. 211; C.L. Berthollet, *Rapport sur un ouvrage intitulé: Upon chemical nomenclature according to the principles of the French neologists, by Richard Chenevix*, «Annales de Chimie», vol. 44 an XI [1802], p. 317.

[8] P. Salvigni, *op. cit.*, vol. 1, nota a p. 10.

[9] *Ivi*, vol. 1, pp. 28-48.

L'ordine di presentazione della materia è quello tipico dei trattati di chimica di fine Settecento: si parte dalle forze di attrazione, aggregazione e affinità per poi passare alla distinzione tra corpi semplici e composti. Quindi, si passa alla descrizione di ciascuno di questi corpi semplici.

Per Salvigni, come per Lavoisier, i corpi semplici sono «quelli che non si sono potuti in verun modo decomporre»;[10] «quelli che non si sono giammai manifestati composti, malgrado qualunque magistero d'arte».[11] Nella lista dei corpi composti invece troviamo: gas, solfuri, fosfuri, carburi, corpi ossigenati acidi, corpi ossigenati ossidi, alcali, terre, sali corpi vegetabili, e corpi animali.

Per quanto riguarda la descrizione degli strumenti scientifici che il chimico deve conoscere, è presente anche una tavola illustrativa fuori testo di 17 apparati, e un'intera lezione è dedicata alla descrizione degli strumenti più moderni (calorimetro di La Place; pirometro di Wedgewood; pirometro di Moscati), mentre altre due lezioni descrivono gli strumenti usuali e le operazioni classiche del chimico, che secondo Salvigni «non sono che maniere di comunicare il calorico ai corpi, e di eseguire operazioni, che dall'azione e dall'affinità dello stesso dipendono».[12] Quindi, come per Brugnatelli, che aveva studiato a fondo la combustione e le combinazioni del calorico distinto nelle sue varie forme, anche per Salvigni la chimica era soprattutto la scienza della manipolazione del calorico.

Seppure le principali discrepanze rispetto alla chimica ufficiale francese fossero relegate nelle note, Salvigni non rinunciò a un nome basilare della chimica di Brugnatelli, quello di septone (per azoto), dedicando alcune pagine alla spiegazione dei «Motivi che hanno indotto l'Autore ad adottare i nomi acido septonico, septonoso & c.».[13] Visto che a rigor di termini tutte le arie tranne l'ossigeno sono «azote», cioè impediscono la vita, il termine azoto era da rigettare. Lo stesso valeva per nitrogeno: questo termine era riduttivo perché esprimeva solo la base del nitro. Il termine ideale era dunque *septone*, perché esso indicava la proprietà fondamentale di questo gas di essere componente di tutti i corpi putrefatti. Impiegando il nome di septone si evitavano le nomenclature miste a vantaggio di una nomenclatura uniforme derivata appunto da questo nome. In questo modo gli studenti avrebbero fatto meno confusione. È evidente che le argomentazioni di Salvigni, in questo caso, sono esattamente quelle di Brugnatelli.

[10] *Ivi*, vol. 1, p. 108.
[11] *Ivi*, vol. 1, p. 121.
[12] *Ivi*, vol. 1, p. 163.
[13] *Ivi*, vol. 2, Lezioni 21 e 22; «Appendice», pp. 154-162.

Le Notizie elementari *di Coli*

Francesco Maria Coli (1747-1828)[14] fu approvato Maestro in Farmacia verso la fine del 1780; venne scelto come professore di chimica farmaceutica all'Università di Bologna nel 1803, incarico che tenne fino alla sua morte.

Tra il 1800 e il 1804 pubblicò a Bologna un'opera generale in cinque volumi (più un sesto rimasto manoscritto).[15] Quindi, quando Coli iniziò la sua opera, non era ancora professore, e non aveva intenzione di scrivere un testo per studenti universitari, anche perché non era ancora in atto la riforma napoleonica che istituiva il triennio universitario per conseguire la licenza all'esercizio della farmacia.[16]

> […] diretto alla istruzione di quei giovani studenti, che si destinano alla facoltà farmaceutica, la quale per quanto è a mia notizia, in mezzo alle molte, e tumultuose vicende, che hanno fatto di essa una scienza nuova, e per stranezza di voci affatto diversa da quella di prima, manca di un libro, che alle antiche dottrine unendo le recenti, adattato sia poi all'intelligenza di quelli, che ne intraprendono lo studio, e che non avendo frequentata antecedentemente alcuna scuola, poco, o nulla hanno coltivato il loro ingegno. […] Siccome poi li Giovani, che intraprendono lo studio della farmacia nuovi affatto si presentano alla professione, e vuoti di qualunque anche più bassa, e volgare notizia mi è stato forza di cominciare dalle primissime cognizioni elementari, di inoltrarmi grado a grado nelle materie, e di condurre per mano l'allievo della scuola farmaceutica sino a quel punto, in cui a se medesimo lasciandolo, agire poi sicuramente possa, e senza mal incontro a benefizio d'altrui.[17]

Anche questa prefazione ci illustra gli intenti del suo autore. Innanzitutto, questa è un'opera diretta ai giovani che non hanno compiuto ancora nessuno studio. Il metodo espositivo seguito è quello di passare dal semplice al complesso, per portare l'allievo ad un grado di conoscenza che gli permetta poi di procedere autonomamente.

Un altro punto rilevante è il riferimento alle «molte, e tumultuose vicende», che hanno fatto della farmacia «una scienza nuova, e per stranezza di voci affatto diversa da quella di prima». Già da qui è chiaro che Coli era un nostalgico delle vecchie dottrine, e che come altri farmacisti ebbe non poche difficoltà a rinunciare ai vecchi nomi delle sostanze farmaceutiche.

[14] Per la biografia di Coli si vedano: S. MAZZETTI, *Repertorio* cit., n° 885; F. GASNAULT, *La cattedra, l'altare, la nazione* cit., pp. 123-124; GIULIO CRESCIMBENI, *Di Francesco Maria Coli professore di Chimica Farmaceutica nella Università di Bologna vita ed elogio*, Bologna, Nobili, 1831.

[15] Biblioteca Comunale dell'Archiginnasio di Bologna, Ms B. 1756, FRANCESCO MARIA COLI, *Notizie elementari di farmacia, di chimica, di storia naturale e di botanica compilate ad uso dei giovani studenti*, vol. 6: *Appendice*.

[16] *Legge relativa alla Pubblica Istruzione (4 settembre 1802)*, in «Bollettino delle leggi della Repubblica Italiana. Dalla Costituzione proclamata nei Comizj in Lione al 31 Dicembre 1802», Milano, Veladini, I, pp. 295-308.

[17] F.M. COLI, *Notizie elementari di farmacia, di chimica, di storia naturale e di botanica compilate ad uso dei giovani studenti*, Bologna, Ramponi, vol. 1, *Farmacia*, 1800, pp. 1-2.

A differenza di Salvigni, Coli tralasciò la descrizione dei fornelli e dei vari apparati di laboratorio perché sarebbero stati appresi dalla viva voce del maestro o del compagno, cosa che a suo parere serviva allo scopo meglio di ogni descrizione.[18]

Quest'ultima differenza contribuisce a chiarire il diverso intento dei due autori e la loro diversa concezione della formazione degli studenti: per Salvigni si parte dalla fisica per arrivare alla chimica; per Coli è possibile studiare chimica e farmacia anche partendo da zero, grazie soprattutto all'esperienza diretta, che vale molto più di una descrizione teorica. Gli esperimenti di Salvigni sono descritti e illustrati in modo semplice e quasi banale; Coli invece tralascia addirittura questa descrizione riservandola appunto alla pratica di laboratorio.

Come già detto, l'opera di Coli è articolata in più volumi. Il primo è relativo alla farmacia;

> Nel secondo volume tratto della chimica in generale, e metto sott'occhio que' principj supposti semplici, e riguardati come primi, ed elementari dalle antiche scuole, e che li moderni autori hanno spogliato di un titolo tanto nobile, riducendoli alla natura dei corpi non primitivi, ma composti.[19]
> Nel terzo volume descrivo tutte quelle preparazioni chimiche, dalle quali la medicina clinica trae profitto […][20]
> Il quarto volume si limita ad un compendio di storia naturale risguardante le sole esotiche produzioni, e la maniera di ben conoscere le perfette, ed applicarle agli usi della medicina, e delle arti.[21]

Tratta inoltre dei metalli, dei minerali, dei vegetali, e degli animali. «L'ultimo volume contiene un Dizionario Botanico delle sole piante indigene le più usate nella medicina pratica […]».[22]

Nel 1802 erano già apparsi quattro volumi di questa opera; questo ci porta a ipotizzare che forse Salvigni non pubblicò i restanti volumi della sua perché tutto ciò che riguardava le applicazioni della chimica alla medicina era già presente nei libri di Coli.

Il secondo volume, *Chimica*, è quello che meglio permette un confronto con l'opera di Salvigni. Per la sua compilazione Coli si servì delle opere dei maggiori chimici dell'epoca: Macquer, Lavoisier, Fourcroy, Chaptal, Brugnatelli, Dandolo e molti altri,[23] consigliando i giovani studenti di consultare direttamente le opere di questi autori e «a non trascurare la lettura dell'Enciclopedia metodica nella quale nulla manca»[24] delle nuove scoperte.

[18] *Ivi*, vol. 1, *Farmacia*, p. 2.
[19] *Ivi*, vol. 1, *Farmacia*, p. 4.
[20] *Ivi*, vol. 1, *Farmacia*, p. 5.
[21] *Ivi*, vol. 1, *Farmacia*, p. 6.
[22] *Ivi*, vol. 1, *Farmacia*, p. 7.
[23] *Ivi*, vol. 2, *Chimica*, 1800, p. VIII.
[24] *Ivi*, vol. 2, *Chimica*, p. VIII.

L'impostazione del volume è meno sistematica di quella di Salvigni. Si parte dalla definizione della chimica.

> La Chimica è quella facoltà, che esamina, e mette sott'occhio le parti costituenti dei diversi corpi, e rintraccia le proporzioni, il modo di combinazione, e la natura dei medesimi mediante l'analisi, e la sintesi.[25]

Per Coli, quindi, la chimica è ancora soprattutto l'arte di comporre e decomporre, la disciplina che si occupa di analisi e sintesi.[26]

Anche se viene presentata per prima la teoria delle affinità,[27] la struttura del volume riflette l'impostazione classica dei trattati di chimica. Coli infatti dedicò un numero consistente di pagine alla storia della chimica dei principi, dagli antichi a Paracelso e oltre.[28]

Proseguì poi scrivendo che al momento le sostanze semplici erano 33. Il suo elenco è esattamente identico a quello inserito da Dandolo nei suoi *Fondamenti della scienza chimico-fisica*.[29] Qui Dandolo aveva apportato alcune modifiche alla tavola delle 33 sostanze semplici del *Traité*: infatti aveva inserito il fluido elettrico assieme a due nuove terre (soda e potassa), mentre aveva eliminato i tre radicali muriatico, fluorico e boracico.

Quindi, rispetto a Salvigni, a Coli mancavano i nuovi metalli (Nb, Cr, Ti e U), mentre mantenne il fluido elettrico, che nell'opera di Salvigni non era compreso nell'elenco, e le terre, che Salvigni invece considerava composte.

Nella chimica prelavoisieriana i trattati descrivevano prima di tutto i quattro elementi, e Coli conservò questa struttura, adeguando i 33 elementi semplici a questa classificazione.[30] Così, laddove un tempo si trattava del fuoco, Coli trattò del flogisto, del calorico e della combustione;[31] nella trattazione dell'aria Coli elencò e descrisse 14 tipi di gas; nella trattazione dell'acqua, che «dopo il calorico è il più gran dissolvente della natura»[32] trattò idrogeno e ossigeno come sostanze semplici (cioè non in stato di gas); nella trattazione della terra descrisse le 5 terre semplici.

Esauriti i 4 elementi, quindi, passò a descrivere i corpi semplici che non rientravano in nessuna di queste classificazioni: azoto, fluido elettrico, fosforo e carbonio.

In generale, al pari di Salvigni, per ogni sostanza Coli descrisse la sua natura,

[25] *Ivi*, vol. 2, *Chimica*, p. 1.
[26] *Ivi*, vol. 2, *Chimica*, p. 5.
[27] *Ivi*, vol. 2, *Chimica*, p. 6.
[28] *Ivi*, vol. 2, *Chimica*, p. 11.
[29] VINCENZO DANDOLO, *Fondamenti della scienza chimico-fisica applicati alla formazione de' corpi ed ai fenomeni della natura*, Venezia, Antonio Curti, 1795.
[30] JOSÉ RAMON BERTOMEU SANCHEZ, ANTONIO GARCIA BELMAR, BERNADETTE BENSAUDE VINCENT, *Looking for an order of things: Textbooks and chemical classifications in Nineteenth Century France*, «Ambix», vol. 49, n. 3, 2002, pp. 227-250.
[31] F.M. COLI, *op. cit.*, vol. 2, *Chimica*, p. 30.
[32] *Ivi*, vol. 2, *Chimica*, p. 52.

se fosse o meno combustibile, ossidabile, acidificabile; da dove si poteva ottenere, come si comportava, che usi aveva.

La trattazione delle sostanze composte riguarda: sali; alcali (vegetale, minerale e animale); radicali salificabili (che sono 24 come nel *Traité*, cioè tre alcali, 4 terre e 17 metalli);[33] acidi, che in tutto sono 34,[34] di cui 13 vegetali e 7 animali. Di tutte le sostanze Coli riportò la sinonimia, descrisse il modo di ottenerle e il loro aspetto esteriore.

Infine, il volume si chiude con un *Dizionario della nomenclatura vecchia, e nuova con alcune aggiunte riguardanti la Riforma fatta dal Cittadino Dottore Brugnatelli di Pavia*.[35] Nonostante il riferimento esplicito a Brugnatelli, il dizionario è molto più simile, per impostazione e contenuto, a quelli di Dandolo.

Il terzo volume tratta della *Chimica medica*, e ha per oggetto le dottrine chimiche applicate alla medicina. Nella prefazione, troviamo alcune interessanti considerazioni di Coli. Al pari di altri chimici, come Fourcroy,[36] anche Coli distingueva la scienza chimica nelle sue varie branche, istituendo una sorta di gerarchia in base alla loro importanza. La Chimica sublime, «la quale si occupa nella ricerca delle proprietà particolari de' più nascosti principj elementari dei corpi», era seguita immediatamente dalla Chimica Medica, «che somministra la cognizione, ed accenna la retta preparazione di tutto ciò, che abbiamo nelle Farmacie, dirigendosi essa alla decomposizione, e nuova combinazione di quelle sostanze, le quali concorrono alla formazione dei corpi naturali»; seguivano poi la chimica Liturgica (pietre e terre); Alurgica (sali); Tejurgica (sostanze infiammabili); Metallurgica; Ialurgica (vetro ed encausti); Economica (agricoltura); Tecnica (mezzi e strumenti per le varie arti); infine, da ultima, la chimica Pneumatica, «la quale instruisce a comporre li molti gassi, e a rilevarne li varj caratteri, e la diversa natura».[37]

È significativo che la chimica pneumatica si trovi all'ultimo posto.

Anche nell'illustrare lo scopo di questo terzo volume Coli si riferì ad un confronto tra le vecchie e le nuove teorie.

> Quindi conoscendo io la necessità di rendere chiaro il metodo delle manuali preparazioni Chimico-Mediche, mi sono prefisso di esporre in questo Volume tutte quelle operazioni, che sono le più usate nella Medicina Clinica, esponendo ancora le teorie a norma delle antiche, e delle moderne dottrine, acciò che il giovine farmacista abbia sott'occhio un metodo breve, e facile corredato della conoscenza

[33] *Ivi*, vol. 2, *Chimica*, p. 72.

[34] *Ivi*, vol. 2, *Chimica*, p. 72.

[35] *Ivi*, vol. 2, *Chimica*, pp. 129ss.

[36] A.F. Fourcroy, *Système des connaissances chimiques, et de leur applications aux phénomènes de la nature et de l'art*, Paris, Baudouin, vol. 1, Brumaire, IX (1801), p. 6. La classificazione della chimica di Fourcroy è la seguente: filosofica; meteorologica; minerale; vegetale; animale; farmacologia; manifatturiera; economica.

[37] F.M. Coli, *op. cit*., vol. 3, *Chimica medica*, 1801, «Proemio», pp. VII-VIII.

> degli effetti rapporto all'affinità di combinazioni, che nascono nelle operazioni, le quali dagli Antichi si riguardavano come fenomeni.[38]

Nonostante l'assenza di documenti che testimonino più da vicino l'evoluzione del pensiero di Coli nei confronti della nuova chimica,[39] sappiamo che la sua formazione iniziale come farmacista fu sulla chimica del flogisto, che nel corso della sua carriera Coli faticò ad abbandonare. Non dimentichiamo che quando divenne professore Coli aveva 56 anni, mentre Salvigni, che abbiamo visto più aperto alle nuove teorie, ne aveva solo 23; ed è notorio che sono i giovani ad accettare più prontamente le novità. Inoltre, la pratica dello speziale non richiedeva prese di posizione a livello teorico. L'adesione di Coli alla nuova chimica fu un fatto più subìto che raggiunto attivamente.

Conclusione

Dopo l'analisi delle due opere è ora possibile operare un confronto sistematico. Da quanto riportato emergono vari punti degni di considerazione.

Innanzi tutto, emergono due modi diversi di intendere la chimica in quanto tale. Per Salvigni la chimica è soprattutto la scienza delle affinità e del calorico, mentre Coli è ancora legato alla visione più antica della chimica come arte del comporre e decomporre.

In secondo luogo, per Salvigni la chimica necessita di una base di fisica e, prima ancora, di geometria e matematica, mentre per Coli la chimica è soprattutto una disciplina pratica, che deve servire di base alla farmacia. Quindi, ritroviamo in Salvigni una profonda influenza epistemologica di Condillac e del Lavoisier «geometra», cosa che non si ritrova in Coli, influenzato da Dandolo, il quale, com'è noto, aveva fortemente criticato il «Discours Préliminaire» del *Traité*.[40]

Queste differenze sono sicuramente dovute alla diversa formazione dei due. Salvigni, come già detto, seguì le lezioni universitarie a Pavia, mentre Coli seguì l'apprendistato da Speziale; il maestro di Salvigni fu Brugnatelli, il massimo chimico italiano dell'epoca, editore di periodici scientifici di successo, corrispondente di numerosi scienziati italiani ed europei, seguace entusiasta della nuova chimica e capace di innovazioni personali e originali, già studiate in dettaglio dagli storici.

[38] *Ivi*, vol. 3, *Chimica medica*, p. VIII.

[39] Purtroppo, stando al biografo di Coli, poco prima della sua morte gli furono rubati molti manoscritti, tra cui quelli delle sue lezioni universitarie. G. CRESCIMBENI, *Di Francesco Maria Coli* cit., nota a p. 16.

[40] FERDINANDO ABBRI, *Lavoisier e Dandolo. Le edizioni italiane del* Traité élémentaire de chimie, in «Annali dell'Istituto di Filosofia dell'Università di Firenze», vol. 6, 1984, pp. 163-182; MARCO BERETTA, *Italian translations of the* Méthode de nomenclature chimique *and the* Traité élémentaire de chimie*: the case of Vincenzo Dandolo*, in B. BENSAUDE VINCENT, F. ABBRI (eds.), *Lavoisier in european context: negotiating a new language for chemistry*, Canton (MA), Science History Publications, 1995, pp. 225-248.

Coli ebbe come maestro di chimica Luigi Laghi (1738-1816),[41] predecessore di Salvigni sulla cattedra di Chimica all'Università e professore di questa materia anche all'Istituto delle Scienze, nonché medico nel Grande Ospedale Civico di Bologna, dove Coli lavorava come Speziale. I corsi di chimica di Laghi, che non aderì mai pienamente alla nuova chimica,[42] seguivano l'impostazione tradizionale: il primo anno affrontavano il Regno vegetale, il Regno animale, l'analisi delle acque, e una breve trattazione di materia medica; nel secondo anno si esaminava chimicamente tutto il regno minerale, «onde nel corso di due anni la studiosa Gioventù può pienamente impossessarsi della chimica tanto teorica, che pratica, e di quella principalmente, che ha per scopo la pubblica utilità».[43] Inoltre, abbiamo visto che il modello di Coli, per scrivere un libro di testo fu Vincenzo Dandolo, orientato al pari di Laghi verso l'utilità applicativa della chimica.

La diversa formazione dei due chimici bolognesi e la loro diversa concezione della chimica si rifletté, ovviamente, nell'impostazione, nella struttura e nella destinazione dei loro testi. Salvigni scrisse delle *lezioni* di chimica elementare. Ad essere elementare dunque è la chimica, non le lezioni stesse. Coli scrisse delle *notizie* elementari di farmacia, di chimica, di storia naturale e di botanica. Non si tratta più di lezioni, ma appunto di notizie elementari, cioè di un'infarinatura di diverse discipline, tutte collegate in qualche modo alla farmacia. L'ordine non è sistematico o logico; diventa essenziale la tavola alfabetica delle materie contenuta alla fine dei volumi per reperire le informazioni utili al momento nella pratica quotidiana del farmacista. La forma letteraria del dizionario[44] è quella data da Vincenzo Dandolo ai suoi *Fondamenti*, che ebbero un grande successo di pubblico, soprattutto tra i farmacisti, perché Dandolo era egli stesso un farmacista e sapeva bene quali difficoltà avrebbero incontrato gli speziali dovendo cambiare radicalmente tutta la nomenclatura.

Tuttavia, nonostante queste grandi differenze, esistono anche alcuni punti in comune tra i due autori, radicati nella tradizione chimica bolognese. Il primo riguarda la pratica di laboratorio, ritenuta fondamentale ed irrinunciabile da entrambi. Coli e Salvigni, infatti, condividevano il laboratorio universitario di chimica, dove svolgevano congiuntamente le lezioni pratiche. Le loro diverse visioni della chimica e dei suoi scopi passarono in secondo piano davanti all'emergenza in cui li costringeva lo stato del laboratorio, troppo buio e angusto per permettere agli stu-

[41] Cfr. S. MAZZETTI, *Repertorio* cit., n° 1761.

[42] Archivio dell'Accademia delle Scienze di Bologna, Antica Accademia, Titolo IV, Sezione I: *Manoscritti delle Memorie dell'Accademia. Anni 1775-1780*; *Anni 1781-1787*; *Anni 1788-1793*; *Anni 1794-1804*.

[43] Archivio di Stato di Bologna [ASB], Assunteria d'Istituto, *Diversorum*, busta 11: lettera di Luigi Laghi, 29? 1793.

[44] WILDA C. ANDERSON, *Between the library and the laboratory. The language of chemistry in eighteenth-century France*, Baltimore, London, Johns Hopkins University Press, 1984.

TAVOLA SINOTTICA DELLE SOSTANZE SEMPLICI

Lavoisier, *Traité*	Dandolo, *Fondamenti*	Coli, *Notizie elementari*	Brugnatelli, *Elementi*	Salvigni, *Lezioni*
Luce Calorico O N H S P C Radicale muriatico Radicale fluorico Radicale boracico	Luce Calorico Fluido elettrico O N H S P C	Luce Calorico Fluido elettrico O H N S P C	Calorico Luce O N H C S P	Calorico Luce S P C O N H
Sb As Bi Co Cu Au Fe Pb Mn Hg Mo Ni Pt Ag Sn W Zn	Sb As Bi Co Cu Au Fe Pb Mn Hg Mo Ni Pt Ag Sn W Zn	Au Ag Fe Cu Sn Pb Hg Pt Sb Zn Bi As Co Ni Mn Mo W	Au Pt Ag Sn Pb Cu Fe Zn Hg Co Te Bi Ni Mn Sb Ti U As Mo W Cr	Sb Ag As Bi Co Nb Cr Fe Mn Hg Mo Ni Au Pb Pt Cu Sn Ti W U Zn
Calce Magnesia Barite Allumina Silice	Calce Magnesia Barite Allumina Silice Soda Potassa	Calce Barite Magnesia Allumina Silice Soda Potassa		

denti di osservare da vicino gli esperimenti e ai docenti di manipolare il fuoco in condizioni di sicurezza.[45] Nonostante le richieste di ammodernamento da parte dei due professori,[46] ancora nel 1814 il nuovo laboratorio non era pronto.

Altro punto, più rilevante, è la comune visione della chimica come disciplina utile soprattutto per fornire una solida base scientifica alla medicina. Infatti, sia che fosse derivata dalla fisica, sia che fosse di base alla farmacia, la chimica era sicuramente la disciplina fondamentale per la fisiologia, l'igiene e altre discipline strettamente connesse con la medicina stessa.

Nessuno dei due autori esaminati riuscì comunque ad essere originale nello svolgere ricerca scientifica o innovativo nello scrivere un manuale universitario. La mancanza di originalità, purtroppo, era un problema generalizzato di tutte le istituzioni scientifiche bolognesi al volgere del secolo, mentre la riforma universitaria napoleonica era solo agli inizi.

Riassunto – Scopo della comunicazione è quello di confrontare due manuali di chimica apparsi pressoché contemporaneamente e utilizzati come libro di testo all'Università di Bologna. Il primo è opera di Pellegrino Salvigni, professore di chimica generale; il secondo è opera di Francesco Coli, professore di chimica farmaceutica. Coli seguì la classica formazione dello speziale, mentre Salvigni studiò a Pavia con Luigi Brugnatelli e nel suo testo si ritrovano molte delle teorie portate avanti dal chimico pavese. Il "maestro ideale" di Coli risulta invece essere il farmacista e divulgatore di Lavoisier in Italia Vincenzo Dandolo. Nello stesso contesto istituzionale bolognese, dunque, si ritrovano i due principali modi di intendere la chimica e di fronteggiare le nuove teorie che ebbero maggior diffusione nel nostro Paese. Attraverso l'analisi della struttura dei due manuali, della nomenclatura impiegata, delle teorie presentate, è possibile ritrovare le differenze negli scopi della chimica riscontrate nel confronto delle opere di Brugnatelli e Dandolo.

[45] ASB, *Università di Bologna*, n° 466, Titolo II: *Musei e Stabilimenti scientifici. Chimica, Clinica e Spedale (1803-1824)*: Lettera di Salvigni e Coli al Rettore dell'Università di Bologna, Bologna 30 dicembre 1803.

[46] ASB, *Università di Bologna*, n° 466, Titolo II: *Musei e Stabilimenti scientifici. Chimica, Clinica e Spedale (1803-1824)*: Lettera del Ministro della P. I., 23 gennaio 1804; lettera del Prefetto del 7 febbraio 1804.

PIETRO REDONDI*

Carlo Cattaneo, il «Politecnico» e la chimica industriale**

Carlo Cattaneo, his «Il Politecnico», and industrial chemistry

Summary - Chemistry and, in particular, industrial chemistry merited special attention in the commitment devoted by Carlo Cattaneo to promote science and technology. In order to understand the effective role that chemistry played in his famous monthly, «Il Politecnico», this paper examines the influence of the project to equip Milan with gas lighting on the very beginning of this journal in 1839.

In vita sua, l'autore di cui parlerò non toccò mai una provetta. Carlo Cattaneo era tutto fuorché un chimico o un ingegnere chimico di mestiere, ma era un accanito lettore e scrittore di cose chimiche. Giurista di formazione, era per vocazione e studi un letterato, e più precisamente uno studioso di linguistica comparata. I suoi maestri, le circostanze, le occasioni fecero di lui un economista di scuola classica, un fautore di Adam Smith e di Jean Baptiste Say. Era un liberista, il più convinto assertore del liberismo democratico di tutta la storia italiana, a pari merito con Luigi Einaudi.

Più di tutto, Cattaneo fu un maestro di giornalismo. Il novanta per cento della sua produzione è infatti costituita da saggi, interventi e polemiche destinati alla stampa periodica. Anche il suo libro più famoso, *L'insurrezione di Milano* (1849), è un saggio di storia immediata, così com'è un'opera collettiva in diretta con l'attualità il suo capolavoro, il mensile di cultura industriale «Il Politecnico», di cui egli fu l'artefice a Milano per cinque anni, dal 1839 al 1844.

* Università di Milano-Bicocca.

** Relazione presentata al X Convegno Nazionale di «Storia e Fondamenti della Chimica» (Pavia, 22-25 ottobre 2003).

Il «Politecnico» è infatti uno di quei casi in cui si può parlare di una rivista come di un'opera d'autore dove il giornale e il suo direttore formano una cosa sola. Tanto che, quando Cattaneo fu nominato all'Istituto Lombardo di Scienze, Lettere e Arti e non potè più dedicarsi interamente alla sua compilazione, piuttosto che cedere ad altri la direzione egli preferì interromperlo. E ciò dopo appena cinque anni di pubblicazioni durante i quali il giornale aveva visto accrescersi la propria reputazione e consolidarsi il numero di abbonati.

Vero è che cessato il «Politecnico», l'opera di Cattaneo in seno all'Istituto Lombardo fu come la sua continuazione in altro modo. Al capitale di esperienze e di collaborazioni maturato negli anni della sua direzione del giornale si devono infatti operazioni come l'opera collettiva delle *Notizie naturali e civili su la Lombardia* (1844) e l'istituzione di un ente privato di ricerca come la Società d'incoraggiamento d'arti e mestieri con i suoi insegnamenti pubblici di chimica e di meccanica industriali. Poi vennero, si sa, le giornate del '48, che significarono per Cattaneo, a quasi cinquant'anni, l'inizio di un'altra fase ancora diversa della sua vita. Eppure, anche da professore di filosofia del liceo cantonale di Lugano, egli non smise di scrivere, tra le tante sue altre cose, di chimica.[1]

Della presenza che ebbe la chimica nel corso di tutta una vita di studi e di lotte come quella di Carlo Cattaneo, vorrei qui esaminare solo un episodio, ma che mi sembra utile studiare da vicino, perché riguarda l'origine ideativa del «Politecnico». Tanto più che non ci sono pervenuti documenti sulle motivazioni che alla fine del 1838 lo indussero a rompere di punto in bianco ogni collaborazione con gli «Annali universali di statistica» del suo editore ed amico Francesco Lampato per gettarsi nell'impresa di fare da solo un giornale, pagandoselo di tasca propria.

In particolare, non si capisce di questa sua iniziativa editoriale la precipitazione, che gli impedì di predisporre con calma le cose in modo da fondare *ex novo* un giornale. Giacché invece di essere lui a tenere a battesimo il «Politecnico», si precipitò a rilevare questa testata che era allora in procinto di uscire con regolare autorizzazione della censura e così intitolata in quanto i suoi iniziali ideatori avevano originariamente previsto che dovesse occuparsi di tecnologia agraria in tutti i suoi aspetti, dalla chimica agraria alla zootecnia all'architettura rurale.[2] Ad avere avuto l'idea di un mensile di questo genere era stato infatti un chimico allora molto noto a Milano, il padre Ottavio Ferrario, affiancato da un letterato trentenne, Giovambattista Menini, collaboratore del quotidiano governativo la «Gazzetta di Milano».

Passaggi di conduzione editoriale, cessioni di proprietà e fusioni di testate erano abbastanza frequenti nel febbrile mondo della stampa periodica milanese della Restaurazione. Ma le modalità con cui Cattaneo ottenne dai titolari del «Poli-

[1] Cfr. la conferenza *Idea d'una Psicologia delle scienze* (1859), ora in CATTANEO, *Opere scelte*, a cura di Delia Castelnuovo Frigessi, Torino, Einaudi, 1972, 4 vol., IV, in particolare p. 133.

[2] Cfr. OTTAVIO FERRARIO, *Nozioni generali della tecnologia*, in CARLO G. LACAITA, *Alle origini del «Politecnico»*, «Rivista milanese di economia», IX, 1990, pp. 103-112.

tecnico» la gestione del giornale è fuori dalla norma. Contrariamente alle norme e alla prassi, dell'accesso di Cattaneo al ruolo di direttore giornale non fu infatti data comunicazione né ai lettori né alle autorità di censura. Anche l'accordo tra i due originari titolari e il nuovo conduttore non fu mai legalmente sottoscritto e rimase sempre consegnato a un puro patto privato tra gentiluomini.

Su questo aspetto di eccezionalità, gli archivi Cattaneo conservati al Museo del Risorgimento di Milano offrono un documento abbastanza eloquente, giacché si tratta di una bozza di contratto che Cattaneo aveva personalmente steso nell'estate del 1839 dietro la richiesta dei due titolari, i quali avevano chiesto di mettere i loro accordi nero su bianco. Vi si legge che per dare maggiore ampiezza al giornale i due proprietari si associavano a Cattaneo, conferendogli la conduzione e l'intera amministrazione dell'impresa. Da parte sua, egli si riservava la facoltà di notificare il proprio ruolo a tempo debito, qualora avesse ritenuto opportuno «far conoscere dall'Autorità competente la sua partecipazione». Da parte loro, Ferrario e Menini si impegnavano a continuare a figurare come direttori del giornali con tutto ciò che ne conseguiva sul piano legale: «intanto essi due già autorizzati [Ferrario e Menini] si obbligano a sostenere in faccia all'I. R. Governo le responsabilità da loro assunta». In cambio, «in corrispettivo delle responsabilità che essi intanto sosterranno», Cattaneo si impegnava a versare una somma annuale di seicento lire austriache a testa.[3]

Durante tutti i primi anni di vita del giornale Cattaneo firmava i propri saggi più originali e soltanto alcune recensioni di maggiore impegno, ma il suo ruolo di direttore unico e di redattore di tutte le recensioni e notizie pubblicate anonime, non appariva da nessuna parte. Anche il celebre testo del manifesto di lancio della rivista, o l'*Avviso ai sottoscrittori*, scritto di suo pugno da Cattaneo nel gennaio del 1839, fu stampato a firma della coppia Ferrario e Menini.

Un caso come questo, di una rivista presentata e diretta sotto nomi di comodo, è più unico che raro nella storia pur così variegata e complessa dei giornali tecnico-scientifici dell'Ottocento.

Nel caso del «Politecnico, però, si trattava di un giornale che si presentava come una macchina da guerra messa in campo puntando a una serie di prese di decisioni industriali di bruciante attualità. Da questo punto di vista, il desiderio di Cattaneo di restare nell'ombra poteva dipendere dal suo essere parte in causa nelle principali questioni trattate dal giornale. Ciò era particolarmente evidente per quanto riguardava, per esempio, un progetto ferroviario di cui in quei mesi era in corso l'approvazione: parliamo del controverso progetto della Strada ferrata Ferdinandea tra Milano e Venezia. Un progetto dalla cui gestione Cattaneo era stato estromesso appena qualche mese prima e sul quale rovesciava dalle pagine del

[3] Archivio del Museo del Risorgimento, Milano. *Carte Cattaneo*, cart. 35, pl. 5. Il documento è pubblicato in CATTANEO, *Epistolario*, a cura di Rinaldo Caddeo, Firenze, Barbera, 1949, 4 voll., I, pp. 405-407.

primo fascicolo del «Politecnico» una tempesta di indiscrezioni e insinuazioni anonime accanto a interventi firmati di alto profilo.[4]

A noi qui interessa maggiormente l'altra decisione incombente in quella primavera del '39, giacché riguardava la chimica, trattandosi di scegliere il sistema di produzione del gas per la prevista illuminazione a gas di Milano. Su questo verteva, nell'aprile del 1839, il saggio *Dei varj metodi d'illuminare e principalmente del metodo idro-bituminoso* pubblicato come primo articolo nel fascicolo iniziale del «Politecnico»; e si sa quanto la scelta dell'articolo di apertura sia importante per l'uscita di una nuova rivista.

L'articolo era a firma di un ingegnere francese, Jules-Achille Guilllard, e descriveva i vari e ben noti inconvenienti dei due tradizionali tipi di gas illuminante: l'uno, il classico gas di carbone, in quanto insalubre «per gli effluvi ammoniacali e idrosulfurei di cui è immisto e che nessun artificio chimico giunge a separare perfettamente», e l'altro, distillato da resine vegetali, per via dei costi di produzione proibitivi. Al loro confronto l'autore vantava le virtù di un nuovo tipo di gas prodotto a partire dall'olio di scisto, grazie alla distillazione del catrame separato riscaldando in forno roccia di scisti bituminosi: «bello al pari di quello di resina, ma a un prezzo non maggiore di quello di carbon fossile».[5]

I bene informati riconoscevano nell'autore dell'articolo l'ingegnere lionese, che era titolare della società candidata ad applicare all'illuminazione di Milano, il metodo idrobituminoso, forte della presenza in Lombardia di giacimenti di scisti di cui Guillard si era già premunito di ottenere dal governo la concessione. Era evidente che a parità di potere illuminante, la presenza della materia prima a poche decine di chilometri a nord di Milano rendeva imbattibile la convenienza di adottare questa nuova tecnologia rispetto al metodo tradizionale del gas di carbone, sul quale gravavano i costi di trasporto dalle miniere della Monarchia in Stiria o in Dalmazia lungo il Po e il canale Naviglio Pavese prima di giungere fino a Milano.

Nell'aprile del 1838, del resto, una relazione dell'industriale chimico Antonio de Kramer si era nettamente espresso a favore dell'efficacia del metodo proposto da Guillard e dopo una serie di esperienze di confronto eseguite pubblicamente in settembre, la commissione tecnica nominata dal municipio di Milano si accingeva adesso a formulare il suo responso.[6] La pubblicazione dell'articolo sul «Politec-

[4] Cfr. PIETRO REDONDI, *Introduzione*, in CARLO CATTANEO e GIOVANNI MILANI, *Ferdinandea. Scritti sulla ferrovia da Venezia a Milano, 1836-1841*, Firenze, Giunti, 2001, 2 voll., I, pp. 5-41.

[5] JULES-ACHILLE GUILLARD, *Dei varj metodi d'illuminare e principalmente del metodo idro-bituminoso*, «Il Politecnico», I, fasc. I, 1839, pp. 9-16, in particolare p. 14. Il gas di scisto era stato di recente presentato a Parigi, dove era stato insignito di un premio industriale della Société d'encouragement pour l'industrie nationale, cfr. *Description d'un système de production du gaz hydrogène carboné pour l'éclairage, inventé par M. Selligue, ingénieur mécanicien*, «Bulletin de la Société d'ecouragement pour l'industrie nationale», XXXVII, septembre 1838, pp. 396-398.

[6] Un sommario delle fasi della gara d'appalto per l'illuminazione pubblica di Milano in Archivio storico civico, Milano. *Consiglio comunale. Deliberazioni (1802-1860)*, cart. 37/642.1,

nico» dell'articolo di Guillard era chiaramente mirata a spronare la commissione a pronunciarsi e creare intorno al nuovo metodo un consensi presso l'opinione pubblica e l'amministrazione cittadina.

Il ruolo che in tutto ciò aveva Cattaneo non appariva, giacché non era ufficialmente lui alla guida del nuovo giornale, bensì il chimico padre Ferrario e Menini. Anche nel manifesto editoriale del «Politecnico», diffuso a firma di loro due, l'illuminazione cittadina a gas era in vetta ai settori d'impresa che Cattaneo dichiarava improrogabile sviluppare se si voleva conservare all'economia lombarda la sua «invidiata prosperità». Scopo di un giornale intitolato «Politecnico», concludeva il manifesto, era proprio quello di diffondere ogni innovazione industriale fonte di nuova ricchezza per la società lombarda, e non solo per «una generazione intraprendente, da cui lo Stato sembra potersi attendere nuovi incrementi di opulenza e di splendore».[7]

Il primo dei tre nuovi settori industriali di investimento specialmente citati nel manifesto del «Politecnico» era appunto l'illuminazione urbana a gas, seguita dall'estrazione mineraria, grazie alla scoperta di giacimenti di lignite nel territorio di Vicenza, e poi dalla costruzione di ferrovie come quella tra Milano e Venezia. Gas illuminante, combustibili fossili e ferrovie formavano una triade in perfetta sinergia imprenditoriale tra loro, giacché con la lignite si poteva far marciare la ferrovia Milano-Venezia, e con la ferrovia si poteva trasportare a Milano e Venezia la lignite, e qui trasformarla in oro, ossia in luce a gas.

Ora, come faceva Cattaneo ad essere così certo che un'industria come quella dell'illuminazione cittadina fosse un «incremento di opulenza e di splendore», e non invece una nuova speculazione di borsa come si erano rivelate essere le strade ferrate, con i loro rovinosi costi di costruzione che lasciavano sul lastrico gli azionisti delle compagnie e rendevano indispensabile l'intervento soccorritore della mano pubblica? Il problema dell'industria dell'illuminazione a gas era che il costo della materia prima limitava il mercato degli abbonati al servizio, mentre la sua remuneratività imprenditoriale dipendeva, come oggi per le reti informatiche cittadine, dal numero degli allacciamenti da parte dei privati che collegavano i loro palazzi e alloggi alla rete comunale.

Nel campo dell'illuminazione domestica, la luce a gas doveva inoltre competere con le moderne lampade a olio che avevano fatto toccare all'illuminazione a olio vegetale la sua perfezione, ossia le lampade Argand a doppio tiraggio, con camino di vetro e stoppino piatto che dava un pieno contatto dell'ossigeno con la superficie quasi totale della fiamma. Nelle case private, un altro concorrente della luce a gas erano le nuove candele industriali a base di stearina, da poco introdotte sul mercato dalla chimica industriale francese e prodotte in massa anche nel Regno lombardo-veneto.

14.2.1842. Cfr. MARIACHIARA FUGAZZA, *Cattaneo e il mondo imprenditoriale milanese prima del 1848*, «Studi storici», 4/2002, pp. 1029-1064.

[7] CATTANEO, *«Il Politecnico» 1839-1844*, a cura di Luigi Ambrosoli, Torino, Bollati Boringhieri, 1989, 2 voll., I, p. 11.

La luce a gas era quella con un maggior potere illuminante, era vero. Ma il *gaslight* idrogeno prodotto dalla conversione del carbone di terra in coke, secondo il brevetto del 1804 di William Murdoch e Frederic Windsor, era economicamente vantaggioso solo in città come Birmingham o Lione, dove la vicinanza di bacini minerari rendeva il carbone disponibile a basso costo. Altrove, il gioco non valeva la candela, se così si può dire.

Di fatto negli anni trenta l'illuminazione cittadina a gas portava con sé il ricordo di clamorosi fallimenti commerciali. Windsor aveva fatto fiasco quando nel 1815 aveva cercato di applicare il suo brevetto a Parigi illuminando i portici e le boutiques del Palais Royal. Fallite anche le due società francesi che qualche anno dopo avevano dotato di lampade a gas il Senato al Palazzo del Lussemburgo e il vicino teatro dell'Odéon. I pubblicisti denunciavano i rischi di esplosioni e le emissioni solforose della luce a gas, ma il suo vero tallone d'Achille erano i costi. In Francia, di fronte alla prospettiva della rovina delle coltivazioni di piante oleaginose da cui si produceva l'olio da lampada, la scienza ufficiale si era pronunciata dall'alto della cattedra di chimica applicata di Clément Desormes al Conservatoire des arts et mètiers. Per lui, industriale e scienziato di grande reputazione, il gas di carbone esponeva a rischi enormi gli imprenditori e i privati che ne avessero fatto uso: «l'illuminazione a gas quale è attualmente praticata in Francia e in Inghilterra è estremamente lontana dall'essere più economica o più ingegnosa di quella ad olio quale noi conosciamo». Meglio era pensare al gas d'olio vegetale, suggeriva Clement: «l'olio non è forse idrogeno carbonato liquido più carico di ogni altra sostanza di carbone allo stato gassoso, e perciò stesso, non è forse quella che, a parità di condizioni, dà la luce più viva?»[8]

Un conto era parlare di illuminazione a fini di sfarzo per le serate di gala di teatri d'opera come l'Odéon o la Scala, tutt'altra cosa se si trattava di una città di duecentomila abitanti come Milano. Nelle maggiori città europee i fanali a gas erano ancora limitati su scala di quartieri commerciali come Covent Garden a Londra o Batignolles a Parigi. Al momento dell'uscita del «Politecnico», a Torino un'impresa di Lione stava già posando una prima tubatura di illuminazione cittadina tra Porta Nuova, dov'era l'officina di produzione, e la piazza San Carlo con i suoi famosi caffè. Ma dopo due anni dall'apertura del servizio, come ha mostrato Marco Ciardi, gli abbonati non erano più di quattrocento: meno di un'élite.[9]

[8] Nicolas Clément Desormes, *Appréciation du procédé de l'éclairage par le gaz hydrogène du charbon de terre*, Paris, Delaunay, 1819, cit. in Amédée Fayol, *Philippe Lebon inventeur du gaz d'éclairage*, Paris, Les publications techniques, 1943, pp. 81-sgg. Un'altra alternativa rispetto ai costi del gas di carbone avanzata allora in Inghilterra, e ripresa anche a Milano da Giovanni Aldini in una *Memoria sull'illuminazione a gas dei Teatri* del 1819, era di estrarre il gas dal più economico olio di balena; cfr. Marco Ciardi, *La fine dei privilegi. Scienze fisiche, tecnologia e istituzioni scientifiche sabaude nel Risorgimento*, Firenze, Olschki, 1999, p. 208.

[9] M. Ciardi, *La fine dei privilegi* cit., pp. 215-sgg.

Per un'amministrazione pubblica, la luce a gas, più che una astratta questione di progresso, presentava un concreto problema di «tornaconto», come scriveva sulla «Biblioteca italiana», il mensile dell'Istituto Lombardo, il suo direttore Giuseppe Acerbi a giustificazione del rifiuto del governo di illuminare la Scala con lampade a gas di carbone come quelle del Covent Garden di Londra, dove però il carbone costava un terzo.[10] Beninteso, anche lo sfarzo più faraonico poteva essere un'utile fonte di tornaconto. Tant'è vero che fin dal 1832 dei grandi imprenditori meccanici e immobiliari come i fratelli De Cristoforis avevano dotato di illuminazione a gas di carbone la loro suntuosa Galleria aperta giorno e notte nel pieno centro di Milano. Ma era la Galleria De Cristoforis dei grandi ristoranti e delle botteghe esclusive, con acqua corrente in tutti i piani e dappertutto specchi e marmi che la sera la luce a gas faceva risplendere. Un servizio di illuminazione pubblica, però, era un'altra cosa.

A rendere di colpo un affare l'illuminazione a gas di Milano era stata la scoperta di giacimenti di lignite lungo la strada tra Milano e Venezia. Qui l'anno 1837 aveva visto varare un'operazione parallela mediante la costituzione quasi simultanea e da parte dei medesimi investitori di ben tre nuove società per azioni: una per la Strada ferrata tra Venezia e Milano; un'altra per la ricerca e lo sfruttamento dei combustibili fossili, e la terza per l'illuminazione a gas di Milano e Trieste. Al cuore di questo vortice di progetti e di affari milionari era il finanziere milanese Giovambattista Brambilla, ma la mente di tutte le operazioni industriali incrociate era il suo consulente industriale e socio in affari, Carlo Cattaneo: socio fondatore sia della società mineraria sia di quella della ferrovia nonché associato a Brambilla nell'affare del gas.

Nel 1837 Cattaneo aveva ottenuto per conto di Brambilla la concessione per l'illuminazione di Milano e di Trieste «con gas estratto da combustibili fossili della Monarchia» e aveva disegnato l'architettura societaria dell'impresa tra la banca Brambilla e la banca lionese Rast, Longin e Compagnie insieme a tre ingegneri pure di Lione per dirigere i lavori: i fratelli Jules e Prospère Renaux e Jean Bonnin.

In breve, quando Cattaneo aveva acquisito il «Politecnico», sul tavolo della Congregazione municipale c'erano dunque due sistemi di illuminazione urbana: il classico gas illuminante di carbone proposto dalla società di Brambilla e Cattaneo da una parte e, dall'altra, il nuovo metodo del gas di scisto proposto dalla società di Guillard. Dalle esperienze comparative effettuate nel settembre del 1838, come si è detto, la nuova tecnologia risultava vantaggiosa. In questa situazione Cattaneo si era mosso allo scopo di ottenere dietro le quinte un accordo con la società concorrente di Guillard in modo, come scriveva Cattaneo, «da sopprimere ogni conflitto e operare con libertà e vantaggio».[11]

[10] Cfr. GIUSEPPE ACERBI, *Proemio*, «Biblioteca italiana», XXI, 1821, pp. 362-sgg.

[11] Cattaneo a Girolamo Lotteri, 9.1.1839, *Carteggi di Carlo Cattaneo. Serie I. Lettere di Cattaneo, vol. I, 1820-15 marzo 1848*, a cura di Margherita Canarini Petroboni e Mariachiara Fugazza, Firenze/Bellinzona, Le Monnier/Casagrande, 2001, pp. 124-sgg.

L'intesa era stata raggiunta nel mese di gennaio del '39 (quando Cattaneo scriveva il manifesto del «Politecnico») e prevedeva il ritiro di entrambe le petizioni sul tappeto, per far presentare poi una nuova domanda di concessione da parte di una società in accomandita semplice intestata ad un prestanome: «sotto nome di persona che non abbia figurato nelle proposte fatte finora», così da ripartirsi gli appalti dell'illuminazione di Milano, Trieste e Venezia adottando caso per caso la tecnologia più opportuna: «consolidazione dell'affare di Trieste per parte nostra e di Venezia per parte loro con quello di Milano […] Per i sistemi da seguirsi si farebbe ciò che convenisse davvero, tolta che fosse la concorrenza».[12]

Da parte sua, Guillard intendeva conservare per sé la direzione dei lavori: «il signor Guillard trovò il partito accettabile, a condizione però di conservar la sua presente posizione alla testa delle operazioni tecniche».[13] Fu forse questo irrigidimento a impedire che l'intesa fosse accolta anche dai banchieri e dai tecnici francesi che si erano associati a Brambilla e Cattaneo. La strategia da lui suggerita fu così lasciata cadere e alla metà di maggio del '39, quando la commissione tecnica municipale emise le sue conclusioni, fu il sistema di Guillard a risultare vincitore.

La pubblicazione il mese prima dell'articolo di Guillard sul primo numero del «Politecnico» aveva dunque siglato il passaggio di campo di Cattaneo da una società all'altra e da una tecnologia all'altra. Alcuni mesi dopo il verdetto positivo della commissione, Guillard fece ritorno a Lione nominando Cattaneo suo procuratore per tutti gli affari connessi alla concessione delle cave di scisti e alla ratifica dell'appalto municipale, in cambio di una partecipazione agli introiti.[14]

Gli archivi di Cattaneo non lasciano trapelare se e come egli abbia esercitato questa funzione di procuratore, oppure se sia limitato solo a pubblicare nuovamente sul «Politecnico» un paio di altri articoli di Guillard rimaneggiati da Cattaneo in cui si chiedeva alla municipalità di rompere gli indugi e dare a Milano un «nuovo abbellimento» ben degno una città che era «prima fra le città d'Italia per vivere civile ed elegante».[15]

La concessione fu infatti ratificata all'inizio del 1844, senza indicare alcuna preferenza quanto al metodo di produzione. Allo stato della documentazione resta da appurare se fosse di carbone o di scisto il gas distribuito dall'officina milanese costruita dall'ingegner Guillard fuori Porta Ludovica. In ogni caso, quell'illuminazione finì per lasciare delusi gli uni e gli altri: l'amministrazione comunale per il

[12] *Ivi*, p. 125.

[13] *Ibidem*.

[14] Cfr. J.-A. Guillard a Cattaneo, 29.9.1840, *Carteggi di Carlo Cattaneo. Serie II. Lettere dei corrispondenti*, *vol. I, 1820-1840*, a cura di Carlo Agliati, Firenze/Bellinzona, Le Monnier/Casagrande, 2001, pp. 426-sgg.

[15] Cfr. J.-A. Guillard, *Delle varie materie dalle quali estrarre il Gas illuminante*, «Il Politecnico», I, fasc. III, 1839, pp. 225-236; Id., *Il gas illuminante a Milano*, ivi, VI, fasc. XXXV, 1843, pp. 484-486.

ritardo con cui la rete di lampioni a gas veniva estesa oltre al centro cittadino, e Guillard e Cattaneo che videro le loro ambizioni imprenditoriali frustrate dallo scarso numero di abbonati al servizio. Appena possibile, Guillard vendette tutto e nel 1847, dopo solo due anni di attività, il gasometro milanese passava sotto il controllo della francese Union de gas.[16]

In conclusione, l'affare dell'illuminazione a gas di Milano non fu quell'esaltante opportunità che il manifesto Cattaneo aveva scritto di sperare. Nondimeno, al pari dell'*affaire* della ferrovia, esso contribuì a dare i natali al suo «Politecnico» e può servire ad illuminarci su ciò che lo rendeva un giornale di segno tagliente e concreto come nessun altro. Tutte le altre testate scientifico-industriali di allora erano eclettiche e imparziali raccolte di divulgazione tecnologica e informazione economico-scientifica. Mentre il giornale di Cattaneo era selettivo e di parte: non registrava, bensì sceglieva e interveniva e per meglio sfruttare la capacità di influenzare politica, introduceva nella stampa economica e industriale la figura del direttore-ombra. Non è in questione qui l'onestà intellettuale di Cattaneo. Egli semplicemente non poteva dichiararsi apertamente il direttore di un giornale schierato come il suo perché la società dell'epoca non era ancora assuefatta come la nostra di oggi a vedere giornali e riviste nel ruolo di portavoce di interessi e poteri economici ben precisi. All'epoca del «Politecnico» essere allo stesso tempo un analista economico e un attore dell'economia era ancora considerato un paradosso, come voler essere insieme giudice e parte.

Riassunto – La chimica e specialmente la chimica industriale rivestì sempre un grande interesse nell'impegno dispiegato da Cattaneo a favore della scienza e della tecnologia. Per comprendere l'effettivo ruolo che ebbe la chimica nel suo famoso mensile «Il Politecnico», questo contributo studia il ruolo concreto che il progetto dell'illuminazione cittadina a gas di Milano svolse sull'esordio di questo giornale nel 1839.

[16] Sulla conclusione dell'attività imprenditoriale di Guillard a Milano, cfr. M. FUGAZZA, cit., pp. 1050-sgg.

ERMINIO MOSTACCI* – LUIGI CERRUTI*

Chimica e informazione scientifica nel *Politecnico* di Carlo Cattaneo, 1860-1865**

Chemistry and scientific information at Carlo Cattaneo's *Politecnico*, 1860-1865

Summary – Popularization and scientific information during the 19th century in Italy is a very interesting storiographic theme, because it furnishes important indications about the engagement of intellectuals in relation to 'the quality' of the development, before and after unification, in our Country. In this context, the role of Carlo Cattaneo represents an obliged point of reference. In our work, we have studied publishing aspects and content of the second and third series of «*Politecnico*» (1860-1864), stressing Cattaneo's political and cultural purposes and also the scope of topics on his magazine. In particular, we have analyzed some contributions of well-known collaborators on chemistry, natural sciences, and also on the complex relationship between civil progress and technological development.

Il processo di unificazione dell'Italia nell'Ottocento non solo si è sviluppato attraverso eventi insurrezionali e bellici, ma si è costantemente intrecciato con una tensione nella società civile verso condizioni di vita più progredite, verso modelli che di volta in volta venivano ritrovati in Francia, in Inghilterra, nella vicina Svizzera come nei lontani Stati Uniti. La nostra attenzione si è rivolta da tempo ad un aspetto importante di quella 'tensione' a cui si accennava, e cioè all'impegno nella divulgazione e informazione scientifico-tecnica di molti intellettuali, di varia provenienza culturale e di diverso orientamento politico.[1] Nel contesto della nostra ricerca era inevitabile un incontro con il *Politecnico* di Cattaneo, con motivazioni

* Università di Torino, Dipartimento di Chimica Generale ed Organica Applicata.

** Relazione presentata al X Convegno Nazionale di «Storia e Fondamenti della Chimica» (Pavia, 22-25 ottobre 2003).

[1] E. MOSTACCI, *Fisica, chimica e divulgazione scientifica nel Risorgimento. Il* Dagherotipo*, le* Letture popolari *ed altri fogli torinesi, 1839-1848* (in corso di stampa).

assai ampie, sia di carattere storiografico, sia di carattere intrinseco – dato il valore assoluto dell'impresa cattaneana.

Carlo Cattaneo (1801-1869) è stato uno dei maggiori intellettuali democratici del nostro Risorgimento, si comprende quindi come la sua attività come Direttore e redattore del *Politecnico* sia già stata studiata più volte, e da diversi punti di vista. Tuttavia l'attenzione degli storici si è quasi sempre limitata agli scritti politici pubblicati da Cattaneo sul *Politecnico*, con l'eccezione di alcuni ricercatori che hanno considerato anche i contributi scientifici e tecnologici.[2] Due aspetti sono stati trascurati a proposito del *Politecnico*, e dello stesso pensiero di Cattaneo. Per il giornale non si è tenuto molto conto che aveva l'ambizione di fornire una informazione complessiva sui progressi della scienza e della tecnica, e nel pensiero di Cattaneo si sono privilegiati gli aspetti politici e filosofici, a scapito di quelli epistemologici. A quest'ultima lacuna si è cercato di sopperire in un lavoro precedente, dove si è fatta un'ampia analisi dell'epistemologia di Cattaneo e della sua scelta della chimica come *scienza modello*.[3]

Cattaneo pubblicò il suo giornale con il titolo *Il politecnico: repertorio mensile di studj applicati alla prosperità e coltura sociale*. Della rivista furono pubblicate tre serie fra il 1839 e il 1865; una prima serie negli anni 1839-1844, una seconda negli anni 1860-1861, e infine una terza negli anni 1862-1865. Vi è un certo distacco come contenuti e politica editoriale fra la serie pubblicata prima dell'Unità e quelle edite dopo il 1860. La prima serie ebbe una schiera nutrita di collaboratori, ma è comunque dominata dagli scritti dello stesso Cattaneo, scritti che in buona parte riguardano la chimica e le tecnologie chimiche. L'attenzione storiografica dedicata a questa serie è stata calamitata dalla ricchezza e notorietà dei contributi delle stesso Cattaneo; in particolare Ambrosoli per la sua bellissima edizione degli scritti cattaneani sul *Politecnico* ha anche compiuto una faticosa ricognizione bio-bibliografica sui numerosi collaboratori della rivista.[4] In parte anche la presente nota si muove in questa stessa direzione, di comprendere meglio quale era l'ampiezza dell'orizzonte scientifico-tecnico e culturale che Cattaneo voleva aprire ai lettori del *Politecnico*. Diciamo 'in parte' perché il nostro contributo non ha alcuna pretesa di completezza, data la necessaria brevità, e si concentra sulle serie post-unitarie.

Le serie del *Politecnico* pubblicate dopo il 1860 vedono la collaborazione di alcuni dei migliori scienziati italiani del tempo, come Luigi Cremona, Gilberto Govi, Angelo Pavesi, Giovanni Polli, Antonio Stoppani, Paolo Mantegazza, Filippo De Filippi. Abbiamo analizzato più da vicino questo ultimo tipo di contributi, a

[2] Citiamo un contributo esemplare da questo punto di vista: C.G. LACAITA, *Introduzione*, in C. CATTANEO, *Scritti scientifici e tecnici*, Firenze, Giunti Barbera, 1969, pp. V-XXXVI.

[3] L. CERRUTI, *E così ringiovanir mano mano tutte le industrie. La chimica nel pensiero di Cattaneo*, in corso di stampa.

[4] C. CATTANEO, *«Il Politecnico» 1839-1844*, 2 voll., Torino, Bollati Boringhieri, 1989. Il repertorio curato da L. AMBROSOLI si trova alle pp. 1881-1920.

scapito di quelli di Cattaneo, in quanto meno noti e perché nel complesso dimostrano il tentativo dei nostri intellettuali-tecnici di avviare lo svecchiamento della cultura italiana – e non solo dal punto di vista strettamente scientifico.

Aspetti editoriali della seconda e terza serie del Politecnico

La partecipazione di Cattaneo alle vicende editoriali del *Politecnico* post-unitario non fu lineare, e i tempi del suo coinvolgimento possono essere scanditi in tre periodi. Il primo periodo va dal ritorno di Cattaneo a Milano nell'agosto del 1859 al febbraio 1862, quando comincia il suo contrasto con l'editore della rivista, G. Daelli. Inizia così il secondo periodo che dura circa due anni, vede lo sfociare del contrasto in un totale disaccordo, e addirittura l'apertura di una causa civile nel settembre 1863, conclusasi nel successivo dicembre con la cessione dell'effettiva direzione da parte di Cattaneo, che comunque manteneva la proprietà di un terzo degli utili e continuava la collaborazione al giornale. Il terzo periodo decorre dalla fine del 1863 alla fine del 1865, quando si conclude la vita del *Politecnico* cattaneano.

Ci siamo chiesti se questi tempi diversi abbiano lasciato delle tracce nella struttura editoriale della seconda e terza serie del *Politecnico*. In Tabella 1 abbiamo raccolto i dati quantitativi riferiti ai 20 volumi del *Politecnico* pubblicati fra il 1860 e il 1865. Dai dati si vede che il passaggio dalla seconda alla terza serie, avvenuto con il primo fascicolo del 1862 coincide con trasformazioni editoriali importanti: il numero di pagine complessive aumenta, l'annata è scandita in quattro volumi e non più in due, e viene compilato e pubblicato al termine di ogni volume un notevole «Indice dei nomi propri e delle cose notabili». La compilazione di questo indice, sicuramente assai laboriosa, si interrompe con l'ultimo trimestre del 1862, proprio quando la controversia fra Cattaneo e Daelli si inasprì al punto di rimetterla nelle mani di due arbitri, A. Bertani e M. Macchi.

Riferendosi a queste vicende e al rapporto di Cattaneo con il *Politecnico* Ernesto Sestan parla di un «disamorarsi della sua creatura»,[5] e in effetti il passaggio dalla seconda alla terza serie è segnato non solo da cambiamenti editoriali ma dalla tacita ammissione da parte dell'intellettuale milanese di non essere più in grado di orientare il *suo* giornale. Cattaneo aveva la consuetudine di porre all'inizio del primo fascicolo di ogni nuovo volume una prefazione, sul cui significato profondo a livello di politica editoriale si era espresso molto chiaramente nella prefazione al volume IX, il secondo del 1860. In quella occasione aveva scritto: «Ad ogni volume siamo soliti prefiggere una prefazione. È uno sguardo che rivolgiamo indietro per adunare le idee, sparse in cammino sugli argomenti che le occasioni offersero.

[5] Le notizie sulle vicende editoriali della seconda e terza serie del *Politecnico* sono tratte da E. SESTAN, *Cattaneo, Carlo*, in *Dizionario Biografico degli Italiani*, Roma, Istituto dell'Enciclopedia Italiana, *ad vocem*.

Tabella 1 – Struttura editoriale del *Politecnico*, seconda e terza serie.

Anno	Serie	Volume	Pagine del volume	Prefazione	Notizie	Indici
1860	2	VIII	644	si	si	
1860	2	IX	670	si	si	
1861	2	X	758	si	si	
1861	2	XI	700	si	si	
1862	3	XII	390	no	si	Indice*
1862	3	XIII	392	no	si	Indice*
1862	3	XIV	384	no	si	Indice*
1862	3	XV	332	no	si	Indice*
1863	3	XVI	340	no	si	
1863	3	XVII	336	no	si	
1863	3	XVIII	388	no	no	
1863	3	XIX	374	no	no	
1864	3	XX	360	no	no	
1864	3	XXI	392	no	si	
1864	3	XXII	344	no	no	
1864	3	XXIII	344	no	no	
1865	3	XXIV	356	no	si	
1865	3	XXV	368	no	si	
1865	3	XXVI	352	no	no	
1865	3	XXVII	348	no	si	

* Si legge: «Indice dei nomi propri e delle cose notabili del presente volume», l'Indice è seguito dal solito Indice del volume diviso in categorie, da «Armi e Ferrovie» a «Letteratura, Belle Arti, ecc.», non in ordine alfabetico.

Giova a tener dritto il sentiero».[6] L'abbandono di questa consuetudine proprio all'esordio della terza serie sembra indicare che Cattaneo non sperava più di poter «tenere dritto il sentiero».

Il 'pezzo' d'apertura di un nuovo volume rappresenta comunque una scelta editoriale significativa, ed infatti nel volume XII, il primo senza la prefazione di Cattaneo, l'apertura è affidata nientemeno che ad una 'lettera' di Alessandro Manzoni sul problema dell'attesa legislazione sui diritti d'autore.[7] Qui Cattaneo fa ancora sentire

[6] C. Cattaneo, *Prefazione*, «Il Politecnico», IX, 1860, pp. 5-24.

[7] A. Manzoni, *Intorno a una questione di così detta PROPRIETÀ LETTERARIA, lettera al professor Girolamo Boccardo*, «Il Politecnico», XII, 1862, pp. 5-50.

la sua voce con una nota redazionale che si dichiara in favore di una legge per l'Italia «rifatta nazione», e che richiama l'impegno di ogni *incipit* di volume: «consacriamo i nostri voti, inauguriamo i nostri studi con il nome di ALESSANDRO MANZONI».[8] L'apertura del volume XIII è affidata ad una Prelezione di Giberto Govi (1826-1888), tenuta il 3 gennaio 1862 all'Istituto superiore di Firenze e dal titolo «Della fisica e del modo di studiarla e d'insegnarla ne' tempi passati e a' dì nostri»;[9] il contributo di Govi è interessante perché connette la scienza con la sua storia, tema questo caro a Cattaneo. Il volume XIV si apre con un articolo[10] di Carlo Matteucci (1811-1868), significativo anche politicamente in quanto Matteucci era allora Ministro dell'Istruzione Pubblica, e il Direttore del Politecnico non concordava in punti rilevanti con la riforma universitaria proposta dallo scienziato toscano.[11] Infine, nell'ultimo volume dell'annata 1862 troviamo nelle prime pagine un contributo di Paolo Marzolo (1811-1868), fisiologo e cultore di lingue.[12] Anche in questo caso il tema del rapporto fra lettere e scienze si inserisce nella visione cattaneana di una cultura scientifica in grado di abbracciare un ampio orizzonte delle attività umane. Nei volumi successivi si va smorzando l'eccezionalità culturale del 'pezzo' d'apertura, e così, anche da questo punto di vista editoriale, il 1862 è un anno di transizione.

Una delle caratteristiche della prima serie del *Politecnico* era stata la presenza costante di una rubrica di 'notizie', compilata in gran parte da Cattaneo, sugli aspetti più vari della scienza e della tecnica, con un qualche privilegio attribuito alla chimica applicata. La seconda serie si avvia in questa direzione con una forte continuità di politica editoriale: nel volume VIII troviamo un repertorio di notizie tipicamente cattaneano: pane senza lievito, armi di alluminio, argento disciolto nell'acqua di mare, polvere disinfettante.[13] Nel volume IX si leggono ancora notizie su un nuovo metodo di filtrazione, un oculare micrometrico, vagoni illuminati a gas, il filo telegrafico fra Europa e America, diverse miniere, e la storia naturale degli «animali politici» (api, formiche).[14] Negli anni successivi la vena informativa del-

[8] *Ivi*, p. 5.

[9] G. GOVI, *Della fisica e del modo di studiarla e d'insegnarla ne' tempi passati e a' dì nostri*, «Il Politecnico», XIII, 1862, pp. 5-26. Govi aveva partecipato alle vicende militari del Risorgimento sia nel 1848, sia nel 1859; cfr. *Dizionario biografico degli scienziati e dei tecnici*, a cura di G. Dragoni, S. Bergia, G. Gottardi, Bologna, Zanichelli, 1999, *ad vocem.*

[10] C. MATTEUCCI, *Del metodo sperimentale e delle teorie fisiche*, «Il Politecnico», XIV, 1862, pp. 5-16.

[11] C. CATTANEO, *Di alcuni rami d'insegnamento scientifico da istituirsi a Milano*, «Il Politecnico», XIV, pp. 84-93.

[12] P. MARZOLO, *Dei rapporti e delle differenze tra le lettere e le scienze*, «Il Politecnico», XV, 1862, pp. 5-26. Medico nelle Venezie, Marzolo fu chiamato nel 1861 all'Università di Napoli come professore di letteratura latina, e nel 1862 a Pisa, come docente di grammatica e lingue comparate. Marzolo viene anche ricordato per essere stato nel 1851 lo 'scopritore' dell'allora giovanissimo Cesare Lombroso (1836-1909).

[13] «Il Politecnico», VIII, 1860, pp. 399-403.

[14] «Il Politecnico», IX, 1860, pp. 115-120.

l'attività giornalistica di Cattaneo si esaurisce, le notizie man mano cambiano di contenuto e stile, ospitando più saggi e articoli brevi che concise note d'attualità; a partire dalla seconda metà del 1863 la presenza delle notizie diventa sporadica.

In definitiva possiamo dire che il crescente 'disinnamoramento' di Cattaneo ha lasciato abbondanti tracce nel tessuto editoriale del *Politecnico*. I venti volumi pubblicati dal 1860 al 1865 occupano un totale di 17144 pagine. Dinanzi ad un simile *corpus*, e con il vincolo di una breve comunicazione, non possiamo che limitarci ad una 'campionatura' dei moltissimi testi ed autori interessanti.

Le intenzioni del 1860: scienza e tecnica per i cittadini

Il fascicolo del *Politecnico* edito da Cattaneo fra la fine del 1859 e l'inizio del 1860 si apre con un importante «Manifesto»; già nella prima frase del testo il Direttore del giornale riesce a comunicare l'eccezionalità della situazione politica: «tutte le nazioni civili hanno gli occhi intenti all'Italia e l'arcano vortice della sua politica avvolge seco gli interessi dei regnanti e i timori e le speranze dei popoli». Ma anche in questa situazione, anche se presi in un «arcano vortice»:

> Ragionar di scienza e arte non è sviare le menti dal supremo pensiero della salvezza e dell'onore della patria. La legislazione è scienza; la milizia è scienza; la navigazione è scienza; alla luce della fisica e della chimica si vanno trasformando tutte le arti onde si nutrono i popoli e s'ingrossano i nervi della guerra.

In questo contesto esaltante, Cattaneo segue il suo gusto per gli slogan concisi ed efficaci, e apre la seconda pagina del «Manifesto» con una frase ad effetto di tre sole parole: «Scienza è forza».

Lo scritto è breve, non più di tre pagine a stampa, ma esprime con estrema chiarezza le *intenzioni politiche* del Direttore del *Politecnico*: svolgere un'azione di divulgazione e informazione sulla cultura scientifica del tempo, in modo da favorire un complesso processo sociale:

> Nostra mente è d'accommunare al maggior numero ogni nuovo sapere dei pochi; è di spingere innanzi i pochi, facendo loro sentire il pronto eco della pubblica ragione e il fremito quotidiano del nazionale progresso, nel tempo medesimo l'assenso popolare, costantemente sollecitato e desto, li farà sicuri dall'opposizione e dall'abbandono dei servili e degli inerti.

Il progetto cattaneano punta quindi a saldare gli studi degli scienziati e dei tecnici con la vigile attenzione e l'appoggio critico dell'opinione pubblica; è un progetto ambizioso che vuol trovare il suo punto di forza negli sviluppi tecnologici delle scienze: «All'esposizione di tutto ciò che nella scienza è più **nuovo** aggiungeremo, come abbiamo già fatto, tutto ciò che vi è di più **pratico** e applicabile alla vita; perocché infine ogni scienza deve generare un'arte». Le parole poste eccezionalmente da Cattaneo in grassetto definiscono le *intenzioni editoriali* del Direttore: portare ad un pubblico vasto le ultime novità della scienza, accompagnate dalle

applicazioni. «Come abbiamo già fatto», sottolinea Cattaneo; è quindi con un impegno di continuità editoriale che si avvia la seconda serie del *Politecnico*.[15]

Nell'impaginazione di questo primo fascicolo al «Manifesto» segue senza titolo – come di consueto[16] – una prefazione al volume, che conferma gli impegni editoriali del *Politecnico*, collocandoli però in un contesto politico molto più ampio. Il paragrafo iniziale può essere ripreso integralmente:

> Dopo l'intervallo di alcuni procellosi anni, ripiglia questa raccolta il duplice officio suo d'adombrare in agevoli forme i più nuovi pensamenti della scienza e di porgere pratico lume ai promotori della patria cultura e prosperità.

Cattaneo riprende l'aggettivazione su citata (*nuovi*, *pratico*), tuttavia il pubblico a cui si rivolge il *Politecnico* è molto più ristretto e qualificato di quello evocato nel «Manifesto»: là si parlava di «assenso popolare», qui di «promotori della patria cultura e prosperità», e cioè di intellettuali, industriali e politici. Detto in termini immediati, qui Cattaneo è ben consapevole di indirizzarsi alla classe dirigente del Paese.

Una parte cospicua della prefazione è dedicata da Cattaneo a illustrare e a mettere in discussione il dilagare dell'uomo occidentale in ogni angolo della Terra, con una esplicita contrapposizione fra Occidente e Oriente: «Mille anni avanti l'era nostra, l'Oriente versava ancora la pienezza della vita sul vuoto e selvaggio Occidente. Ma ora colà non v'è più forza nuova d'idee che faccia equilibrio alla soverchiante attività dell'Europa». Non possiamo in questa sede seguire nei dettagli il *ragionamento* di Cattaneo, pur così straordinariamente attuale, e tuttavia almeno un punto deve essere messo in rilievo, quello dell'espansionismo religioso delle «tante sette europee», il cui sogno è di «trionfar di tutte le antiche religioni dell'Asia». Cattaneo pensa che nel perseguire «questa immensa impresa […] si profonderebbero per molte generazioni mari di sangue», invece «la scienza sperimentale» potrebbe suscitare pacificamente lo «stesso risurgimento mentale e morale». La posizione del nostro grande intellettuale risorgimentale è chiarissima:

> Laddove dunque l'Europa anela alla conquista e alla rapina, noi vediamo prepararsi un'impresa finale di libertà e d'umanità. Dove altri vede solo idoli da infrangere e idolatri da sperperare, noi […] vediamo futuri compagni e continuatori dell'opera della ragione.[17]

[15] C. CATTANEO, *Manifesto*, «Il Politecnico», VIII, 1860, pp. 5-8; lo scritto è datato 1° Novembre 1859. Cit. alla p. 5.

[16] Sappiamo che la 'consuetudine' si era interrotta nel 1844, quando Cattaneo aveva chiuso la prima serie per dissapori con l'editore e perché «distratto anche dall'impresa di offrire ai convenuti per il Congresso degli scienziati del 1844 a Milano una illustrazione della città estesa a tutta la Lombardia» (Cit. dal Rif. 5).

[17] C. CATTANEO, *Prefazione*, «Il Politecnico», VIII, 1860, pp. 9-19; cit. alla p. 13.

Anacronisticamente potremmo dire che Cattaneo stia usando un linguaggio anti-imperialista, senza però dimenticare che l'intellettuale milanese era tutt'altro che un inerme pacifista. Il suo motto «Armi e ferrovie» continuò a ricorrere negli indici del *Politecnico*, e lo ritroviamo scandito con un punto esclamativo nella «Prefazione» del volume successivo.[18] In ogni caso la fiducia di Cattaneo nella democrazia costituisce il pilastro di ogni sua proposta politica; così la «Prefazione» che stiamo leggendo discute nella parte finale i possibili modelli di difesa, e si conclude con queste parole: «Ma la suprema delle nazionali difese sarà sempre il libero uso della parola e il progresso della pubblica ragione».[19]

Con forte continuità con il *Politecnico* di sedici anni prima la «Prefazione» dedica ampio spazio alle scienze e in particolare alla chimica, scienza che qui assume il ruolo più rilevante nel progresso dell'umanità. A partire dal vistoso esempio inglese Cattaneo può giungere ad affermare: «tutta l'agricoltura è infine un'operazione chimica». Inizia così una vera esaltazione della chimica, che vede il Direttore del *Politecnico* stupito e spaesato. «Le medesime sostanze in proporzioni poco diverse formano l'esca più salubre, la più nauseosa putredine, il tossico più mortale», scrive Cattaneo, e aggiunge: «l'organochimica è scienza così nuova che chiunque di noi per poco s'indugi a seguire i passi delle scoperte, in breve non sa più di che si parli, è quasi viandante smarrito in paese si strania lingua». Malgrado le evidenti difficoltà conoscitive il nostro Autore intravede con grande chiarezza e lungimiranza lo sviluppo della chimica di sintesi e della industria chimica:

> le più squisite essenze che l'antichità credeva piovere da speciali influssi degli astri entro le piante aromatiche salutari, son combinazioni numeriche che possono effettuarsi esattamente nelle officine. Nessuno può anticipare sin dove l'organochimica associata all'agricoltura potrà giungere nel tradurre le materie inutili o ingrate o nocive in nuove forme atte ad alimentare la vita o confortare i sensi.[20]

Le intenzioni editoriali e politiche di Cattaneo sono ispirate dalla visione di una prospettiva precisa: «La maggioranza del genere umano, sotto il duplice influsso della scienza e della socialità, non andrà più digiuna, seminuda e semibarbara sovra una terra inospitale». *Scienza* e *socialità* sono le parole chiave della proposta culturale di Cattaneo. Vedremo nelle prossime sezioni alcuni esempi concreti di questa proposta.

L'informazione scientifica: la chimica

Come si è già ricordato la chimica rivestì un ruolo di primo piano anche nelle pagine della seconda e terza serie del Politecnico. Però mentre nella prima serie la

[18] C. CATTANEO, *Prefazione*, «Il Politecnico», IX, 1860, pp. 5-24. Alla p. 5 si legge: «Armi e ferrovie! Queste son le due parti della difesa nazionale, l'una delle quali rende necessaria l'altra».

[19] C. CATTANEO, *Prefazione*, «Il Politecnico», VIII, cit. alla p. 19.

[20] *Ivi*, p. 17.

chimica è esposta ad un livello sostanzialmente divulgativo, in prevalenza su temi di chimica generale ed inorganica, dallo stesso Cattaneo, nelle due serie post-unitarie, gli autori si concentrarono anche su aspetti applicativi e tecnologici. In particolare sono affrontati argomenti di chimica organica e questioni relative alla sintesi organica, ai materiali, allo sfruttamento ottimale dei combustibili, etc. Per offrire ai lettori uno spaccato, un campione di tanta ricchezza, ne considereremo tre, rimandando ad altra sede l'analisi di altri, che pur sono, a nostro giudizio, di grande interesse. I tre 'pezzi' sono nell'ordine: un discorso di apertura del corso di chimica dell'università di Pavia di Pavesi, un articolo sul trattato di chimica organica di Berthelot e un contributo sugli ultimi progressi della chimica di Polli.

Il primo di essi,[21] consta di una decina di pagine, è opera di Angelo Pavesi, (1830-1896), professore di chimica all'Università di Pavia, quindi di Chimica Agraria alla Scuola Superiore di Agricoltura di Milano e direttore della Stazione di Chimica Agraria della stessa scuola dal 1870 al 1878. Si tratta di un saggio suggestivo sul tema dei compiti della scienza e della ricerca scientifica. Viene presentato con un'analisi concisa ed elegante, sotto il profilo storico e filosofico, quanto è stato scoperto sull'intima natura delle cose, a partire dagli antichi filosofi greci, arrivando agli studi dei più importanti scienziati contemporanei. Traspare in tutto il saggio la passione per il fine nobilmente didattico – formativo del suo intervento; in particolare, sono senz'altro da ricordare le sue parole contro una scienza ridotta a mero tecnicismo:

> non potei resistere al desiderio d'intrattenervi di questa estetica delle scienze fisiche, dalla quale solo può ottenersi un'educazione armonica e complessiva. A questo intento è insufficiente una istruzione puramente tecnica [...] che vi farebbe simili agli operaj di quelle manifatture ove ognuno sa preparare il suo pezzo, e nessuno è più capace d'intendere la machina intera.

In un altro passo, Pavesi fa notare come la scienza, le applicazioni tecnologiche e l'industria che da essa promanano, abbiano il compito di portare ad una svolta storica di grande impatto sociale, che ben s'inquadra nelle finalità ideali dell'intera rivista cattaneana:

> …è il lavoro sostituito al privilegio; è l'idea della funzione sostituita a quella della nascita; è il più possente fattore d'eguaglianza e di libertà. Innanzi al fumo delle officine si anneriscono gli aviti blasoni; in faccia alle progredite esigenze della civiltà, divengono ridicole le pretese di una casta nata a dominare…

Il secondo articolo è di Marcelin Berthelot (1827-1907), chimico francese, professore alla Scuola Superiore di Farmacia (1859) e al Collegio di Francia dal 1865, fu infine membro dell'Accademia Francese (1900). Fu uno dei fondatori della moderna chimica organica e fu tra i primi a produrre sinteticamente svariati com-

[21] A. Pavesi, *Discorso d'apertura al Corso di Chimica letto all'Università di Pavia, nel Dicembre 1859*, «Il Politecnico», VIII, 1860, pp. 213-224.

posti organici, condusse inoltre importanti studi di termochimica e sugli esplosivi. Tra i suoi lavori devono essere ricordati due volumi: la *Chimie organique fondée sur la syntèse* (1860) e le *Leçons sur la thermochimie* (1897). Si noti che proprio al testo sulla chimica organica fondata sulla sintesi si riferisce il sunto dell'autore (in una ventina di pagine), che venne pubblicata sul Politecnico nel 1863, ciò rende conto della formidabile opera di divulgazione svolta dalla rivista in quegli anni. Si riportano di seguito alcune righe che, vista la chiarezza d'intenti, non richiedono alcuna presentazione specifica:

> [Il libro] è consacrato allo studio dei metodi coi quali si può realizzare la formazione dei principj immediati organici, senza il concorso delle forze particolari alla natura vivente… Noi proveremo che le affinità chimiche, il calore, la luce, l'elettricità bastano per determinare gli elementi a costituirsi in corpi organici.[22]

In altri passi si possono leggono le conclusioni dell'autore e si traccia già il cammino che la scienza potrà/dovrà percorrere: «Così cade definitivamente la barriera ritta fra la chimica organica e la chimica minerale […]. Furono già riprodutti coll'arte [della sintesi] una multitudine di principj naturali». Un esempio che merita di essere ricordato è la sintesi che a partire dagli alcoli porta per ossidazione a composti carbonilici, agli acidi carbossilici ed infine ai moltissimi derivati di questi ultimi. Le ultime righe dell'articolo di Berthelot possono costituire una sorta di viatico ideale verso i temi sviluppati dal medico e chimico Giovanni Polli nel suo «Ultimi progressi della Chimica».[23] L'articolo è dedicato alle applicazioni industriali e tecnologiche delle scoperte chimiche, risulta quindi di eccezionale interesse. In esso si affrontano con uno stile caratterizzato da estrema chiarezza, argomenti pratici di notevole complessità quali: tecniche e metodi dell'illuminazione, uso di combustibili, formulazioni di colle, etc. Anche Polli concorda sul potente progredire della chimica organica: «Se gli ultimi progressi della chimica nel trattare i composti minerali furono di grande momento, e qualche volta veramente sorprendenti, certamente essi sono vinti e nell'importanza e nella meraviglia che destano, e più ancora nell'avvenire che aprono alle utili applicazioni da quelli che fece in questi ultimi tempi la chimica dei corpi organici». L'autore pone in risalto lo strettissimo legame fra il suo articolo e quello precedente di Carlo Cattaneo presente nella prima serie del Politecnico, intitolato «Varietà chimiche pei non chimici»:[24] «I cenni in esso contenuti non sono scritti pei chimici. Essi mirano a porgere una specie di continuazione alle notizie pubblicate nel volume V col titolo: Varietà chimiche pei non chimici. Sono notizie scientifiche esposte solo in quella parte che può interessare e rendersi accessibile ad ogni culto lettore».

[22] M. BERTHELOT, *Chimie organique etc. - Chimica organica fondata sulla sintesi*, «Il Politecnico», XVI, 1863, pp. 83-104.

[23] G. POLLI, *Ultimi progressi della chimica e sue applicazioni*, «Il Politecnico», XVI, 1863, pp. 140-155.

[24] C. CATTANEO, *Varietà chimiche pei non chimici*, «Il Politecnico», V, 1842, pp. 97-147.

Per concludere con degli esempi il nostro breve percorso nel campo specifico della chimica sul *Politecnico* può essere utile leggere alcune righe dell'articolo di Polli dedicate alla divulgazione di aspetti concernenti la formulazione e la produzione di materiali e prodotti. Il primo esempio riguarda la trasformazione, mediante reazione di saponificazione, di grassi naturali in acido stearico e la successiva produzione di prodotti da impiegare in vari ambiti industriali, fra cui merita un cenno l'industria tessile:

> La scoperta della scomposizione dei grassi colla calce insegnò la conversione dei seghi e dei grassi in acido stearico e margarico coi quali si fabbricano le candele, in oleina impiegata a preparare saponi economici, ed in glicerina, base organica, dolce, degli oli, largamente utilizzata nella medicina chirurgica, dalla profumeria, e recentemente anche dalla manifattura tessitrice, giacché preparate con essa le trame, la loro essicazione è impedita, e gli operaj non sono più costretti a tessere in luoghi umidi.

Ricompare qui un tema che già abbiamo posto in risalto in un precedente lavoro,[25] di strettissima attualità ed importanza allora come adesso, infatti in molte riviste risorgimentali furono pubblicati articoli sul tema della salute e della condizione di sicurezza negli ambienti di lavoro. Appare rimarchevole che tali argomenti fossero oggetto di dibattito ed elaborazione teorica, soprattutto se si considera che oggi, a fronte di una situazione sempre più 'flessibile', alcune certezze e norme essenziali non sono tenute in Italia nella debita considerazione. Il secondo esempio è una vera e propria formulazione basata sul processo della distillazione di grassi animali per la produzione finale di candele. Il processo era in grado di ottimizzare la qualità del prodotto finito, anche utilizzando materie prime naturali piuttosto scadenti e di composizione assai variabile nel tempo: «Il processo di saponificazione dei grassi coll'acido solforico e la distillazione degli acidi ha portato quest'industria al punto, che può utilizzare tutti i varii olii di pesce, ed i grassi più scadenti e impuri, cosicché la grande manifattura di candele di Price, a Londra, la più colossale del mondo, ora prepara l'acido grasso per le candele unicamente colla distillazione».

L'informazione scientifica: il mondo della natura e dell'uomo

Sfogliando le pagine del *Politecnico* si coglie immediatamente la vastissima gamma di argomenti riguardanti il mondo della natura e dell'uomo, con interventi che vanno dai resoconti di viaggi ed esplorazioni ad analisi antropologiche, dalla botanica ed agronomia alla psicologia, dalla biologia alla linguistica. Nel caso delle scienze fisico-matematiche la nostra indagine si è focalizzata sulla chimica, in questa area tematica ci siamo fatti guidare dalla fama degli Autori e dalla risonanza dei temi trattati.

[25] E. MOSTACCI, *Fisica, chimica e divulgazione scientifica nel Risorgimento* cit.

Il primo Autore che dobbiamo citare è Antonio Stoppani (1824-1891), una figura straordinaria di sacerdote-scienziato, che legò inestricabilmente nella sua biografia l'amore per la Patria con quello per la scienza – segnatamente per la geologia. Ancora seminarista aveva partecipato alle Cinque giornate, e negli anni successivi aveva vissuto non poche traversie per le sue idee liberali. La collaborazione al *Politecnico* lo vede professore di geologia all'Università di Pavia, e si avvia con un lungo saggio sulla paleontologia.[26] Di maggiore rilevanza, anche per la stretta connessione con problemi chimici, il corposo «Saggio di una storia naturale dei petroli», letto nel R. Istituto Lombardo il 7 e il 21 luglio 1864. La discussione comportava spesso argomenti di chimica, e però Stoppani confessa le sue difficoltà conoscitive: «Noi siamo, ripeto, così profani alla chimica che dovremmo temere di accostarcele come dell'avventurarsi sopra ignoto sentiero. Tuttavia non so perché non si possa ammettere che dati l'idrogeno e il carbonio, indipendentemente dalle sostanze organiche, gli idrocarburi possano formarsi per l'azione chimico-fisica dell'interno del globo così varia, così potente».[27]

Il contributo di Stoppani è di rilievo perché si poneva all'inizio di una campagna di ricerca che lo portò a raccogliere campioni di petrolio attorno a Fornovo di Taro. Ben altro inizio fu quello avviato da Filippo De Filippi (1814-1867) con la «lezione pubblica» tenuta a Torino la sera dell'11 gennaio 1864. «L'uomo e le scimie» era il titolo scelto dal naturalista torinese, e l'incuriosito pubblico subalpino non deve essere rimasto deluso, in quanto il contenuto della conferenza era in diversi punti 'scandaloso'. Per il nostro Autore «Carlo Darwin» ha suscitato «una vera rivoluzione nella filosofia zoologica […] in un'opera che forma epoca nella scienza».[28] L'argomentazione di De Filippi non è priva di inconsapevoli sfumature razziste, in quanto discutendo del cranio delle scimmie e del cranio umano non esita a riprendere un paragone diffuso nella letteratura antropologica dell'epoca: «la enorme distanza fra i due estremi, quali sarebbero per esempio un cranio della razza umana caucasica, ed un cranio di babbuino, scema mettendo a confronto un cranio di un nero dell'Australia […] dall'altro un cranio di chimpansé nella prima

[26] A. Stoppani, *Dei precipui fatti della paleontologia*, «Il Politecnico», XIX, 1863, pp. 172-201; Id., XX, 1864, pp. 64-105.

[27] A. Stoppani, *Saggio di una storia naturale dei petroli*, «Il Politecnico», XXIII, 1864, pp. 5-94.

[28] F. De Filippi, *L'uomo e le scimie*, «Il Politecnico», XXI, 1864, pp. 5-32; cit. alla p. 7.

[29] *Ivi*, p. 17. Cattaneo aveva già avversato simili rappresentazioni. Contro Samuel Morton (1799-1851) aveva scritto che malgrado Morton fosse «pensilvano e quacchero», in omaggio ai suoi «amici ed eredi scientifici che vivono nell'Alabama, e per loro sventura hanno gli interessi e perciò i pregiudizi che la schiavitù inspira a chi ne ha profitto», costringeva i lettori a «torre dal [suo] prezioso volume quel foglio [che delinea] il volto e il cranio d'un Negro tra quelli dell'Apollo di Belvedere e d'una scimmia». L'invettiva si chiudeva con una secca affermazione di principio: «tutte [le nazioni] per noi sono egualmente inviolabili; e non riconosciamo egemonie del genere umano»; C. Cattaneo, *Types of Mankind ecc., Tipi del genere umano di T.C. Noot, M.D. e*

età».[29] De Filippi sottolinea che «i precisi confini fra l'uomo e la scimia sono ancora oggi la tortura degli anatomici», e conclude serafico: «la teoria di Darwin non ha nulla di allarmante», «dire che l'uomo deriva da una scimia, non è altro che esprimere un fatto anatomico, e connetterlo […] ad una induzione fisiologica».[30] Il saggio di De Filippi apriva il primo fascicolo del *Politecnico* del 1864, fu pubblicato quindi in 'tempo reale', e certamente il giornale di Cattaneo fu lo strumento principale di diffusione nazionale dello 'scandalo' suscitato dalle riflessioni del naturalista torinese.[31]

Cattaneo era stato tra i primi a recensire l'opera capitale di Darwin,[32] tuttavia la presenza della teoria darwiniana sul *Politecnico* è minima se la si confronta con lo spazio dedicato al dibattito sulla generazione spontanea. Lo scenario internazionale all'*interno* del quale si svolse il dibattito sulle pagine del *Politecnico* era assai più articolato di quanto normalmente si pensi ora, condizionati come siamo dall'immagine ricevuta di un Pasteur trionfante su avversari ancorati a paradigmi obsoleti. Nel 1859 Félix Pouchet (1800-1872), un naturalista francese, aveva pubblicato con il titolo *Hétérogénie ou traité de la génération spontanée* un'opera che aveva avuto grande risonanza, e che aveva indotto l'Accademia delle Scienze parigina ad istituire nel 1860 un premio per chi fosse stato in grado di proporre i migliori esperimenti sulla questione. Fu questo terreno (allora molto scivoloso) che Pouchet dovette affrontare lo scontro con Louis Pasteur (1822-1895); tralasciando ogni dettaglio ricordiamo che lo scontro diretto terminò nel gennaio 1864, con il ritiro di Pouchet dalla competizione, e che però il dibattito internazionale non si spense con la vittoria accademica del chimico Pasteur sul naturalista Pouchet.[33]

Il *Politecnico* dedicò alla controversia sulla generazione spontanea parecchi interventi, di collaboratori più o meno abituali come Ezio Castoldi, Paolo Lioy e Paolo Mantegazza, e della stessa redazione (cioè di Cattaneo). Nel 1862 Ezio Castoldi pubblicò due saggi dal titolo comune «I fenomeni della generazione spontanea considerati nello stato presente della scienza». Nel primo articolo Castoldi contrastò le posizioni di Lioy, avversario della generazione spontanea, e criticò le

G.R. Glitton, con frammenti inediti di Samuele Morton, «Il Politecnico», XIV, 1862, pp. 336-357; cit. alla p. 357. Queste osservazioni di Cattaneo furono scritte mentre negli Stati Uniti infuriava la guerra civile.

30 De Filippi, *L'uomo e le scimie* cit., pp. 12 e 25.

31 L'impatto della conferenza di De Filippi ci pare sottovalutato da Pancaldi; cfr. G. Pancaldi, *Darwin in Italia. Impresa scientifica e frontiere culturali*, Bologna, Mulino, 1983, pp. 174-175.

32 C. Cattaneo, On the origin etc. *Sulla origine delle specie con mezzi di scelta naturale, ossia la Conservazione delle razze favorite nella lotta per vivere*, «Il Politecnico», IX, 1860, pp. 110-112.

33 L'analisi storiografica ha dimostrato che «se Pouchet non si fosse ritirato, Pasteur avrebbe avuto molte difficoltà a cogliere in fallo il suo avversario, che poteva mostrare come la immissione di ossigeno puro fosse capace di dare origine a culture microbiche»; B. Fantini, *La microbiologia*, in P. Rossi (a cura di), *Storia della scienza moderna e contemporanea*, Torino, UTET, 1988, 3 voll. in 5 t., II, pp. 931-951, cit. alla p. 942.

«esperienze chimiche del Pasteur che vorrebbe spiegare la generazione degli infusori colla deposizione di germi contenuti nell'aria».[34] La definizione degli esperimenti di Pasteur come *esperienze chimiche* è rivelatrice del particolare orizzonte 'biologico' di Castoldi. Il secondo articolo si muove anche sul piano sperimentale, e l'Autore sottolinea l'attività dell'ossigeno nei fenomeni di putrefazione: «allucinato dalla preconcetta convinzione antieterogenica che veniva accarezzata in questi esperimenti, [Pasteur] rinnegò una delle più note proprietà di questo gas [l'ossigeno che induce putrefazione]». In definitiva Castoldi è certo di quanto afferma: «la generazione spontanea è un fatto»,[35] ma Cattaneo aggiunse al titolo di questo secondo articolo una nota redazionale: «I redattori aprono queste pagine alla libera e feconda discussione, la quale per lo meno farà conoscere quali siano in questo argomento i precisi odierni limiti della scienza sperimentale; ciò che il maggior numero degli uomini più culti ignora».[36]

Seguendo la cronologia degli interventi sul *Politecnico* troviamo una lettera «alli Editori» di Paolo Lioy (1834-1911), il naturalista e viaggiatore vicentino. Il 'pezzo' è editorialmente interessante perché alla lettera, stampata in corpo minore viene fatta precedere una lunga premessa che fa il punto sul dibattito pubblico in Italia. Qui apprendiamo dell'apprezzamento di Pouchet verso gli studi di Castoldi, e lo stesso Lioy, rivolgendosi direttamente all'editore del *Politecnico*, afferma: «Mio caro Daelli, io ho protestato altre volte la mia sincera stima per gli eterogenisti veramente sapienti come il dott. Pouchet, Mantegazza ed oggi […] il dott. Castoldi».[37] Dall'ultimo intervento nel dibattito apprendiamo però che non tutto si svolse con un simile atteggiamento da gentiluomini. Paolo Mantegazza (1831-1910) fu medico patologo, antropologo, igienista e scrittore, e sul *Politecnico* pubblicò fin dal 1861,[38] quando era ancora dalla fama che lo rese uno degli scrittori di scienza più noti del nostro Ottocento scientifico. Nel 1864 Mantegazza pubblicò delle «note sperimentali» in cui si schierava a favore della generazione spontanea, «desiderando […] un po' meno di stizza, e molto meno di intolleranza per le opinioni contrarie». Il medico-antropologo giustificava così il proprio sfogo: «Io da dodici anni, per esperimenti miei e d'altri, sono convinto della realtà della generazione spontanea in

[34] E. Castoldi, *I fenomeni della generazione spontanea considerati nello stato presente della scienza*, «Il Politecnico», XIII, 1862, pp. 287-300, cit. alla p. 298.

[35] E. Castoldi, *I fenomeni della generazione spontanea considerati nello stato presente della scienza. II. Prove della generazione spontanea*, «Il Politecnico», XIV, 1862, pp. 39-84; cit. alle pp. 78 e 82.

[36] *Ivi*, p. 39.

[37] P. Lioy, *Sovra la generazione spontanea*, «Il Politecnico», XV, 1862, pp. 210-219, cit. alla p. 219.

[38] P. Mantegazza, *Prime linee di fisiognomia comparata delle razze umane*, «Il Politecnico», X, 1861, pp. 1-21, 113-140; la seconda parte del lungo saggio apparve «corredata di sei ritratti», una «iconografia umana» che era con i saggi uno dei risultati del lungo soggiorno di Mantegazza in Sud America.

alcuni infusorj semplicissimi», «desidero il trionfo delle mie opinioni, ma più ancora anelo a non credere una cosa falsa».[39]

Scienza, tecnologia e società

Questa ultima sezione tocca una area amplissima, si sono dovuti ovviamente tralasciare tanti argomenti, ma riteniamo di aver scelto i contributi più significativi, sotto diversi profili fra cui la stretta correlazione con *argomenti chimici*, l'autorevolezza degli autori, l'attualità delle argomentazioni. In estrema sintesi si daranno possibili chiavi di lettura sui seguenti temi: acqua e risorse idriche, igiene e salute, macchine termiche, tecnologia e motori termodinamici.

Per quanto riguarda l'argomento dell'acqua, un articolo tra gli altri ha suscitato il nostro interesse, si tratta di quello di Felice Abate intitolato: *Studii sull'aquidutto Claudio*.[40] È un articolo di alto tenore culturale, e contemporaneamente un'approfondita disamina sulla situazione dell'approvvigionamento idrico delle grandi città nella seconda metà dell'ottocento. Nella seconda parte è riportato un esame tecnico approfondito dei bacini e dello stato generale delle condotte di epoca romana, considerando anche quelle sotterranee. Si fa menzione inoltre della situazione del fabbisogno idrico delle grandi metropoli dell'epoca e di Londra in particolare e della situazione in Francia. Nell'ultima parte si esamina la situazione economica per il ripristino delle antiche condotte con analisi e previsioni di spesa, comprensive di calcoli sul conseguente ritorno economico in campo agricolo ed industriale.

In ogni caso per poter valutare in un contesto più ampio l'importanza dell'autore e del lavoro pubblicato è bene fare riferimento anche ad altre fonti bibliografiche di sicuro interesse.[41, 42]

Abate dedica gran parte dell'elegante introduzione allo studio storico dei metodi e delle tecnologie usate nell'antichità per risolvere il problema dell'approvvigionamento idrico.

> L'arte veramente salutare, di fornire d'aqua potabile le città surta a mirabile grandezza durante il dominio di Roma, venne declinando nel medio evo, e pigliò a risurgere solo al principio del nostro secolo; laonde la sua storia, come quella di quasi tutte le arti, può dividersi in due periodi, l'antico e il moderno, il primo dilatantesi nell'Oriente, il secondo rappresentativo de' molteplici progressi della scienza, la quale rifeconda e rimuta le pratiche de' progenitori.

[39] P. MANTEGAZZA, *Sulla generazione spontanea*, «Il Politecnico», XXI, 1864, pp. 101-125, cit. alla p. 125.

[40] A. FELICE, *Studii sull'aquidutto Claudio e progetto per furnire d'aqua potabile la città di Napoli. Napoli, 1864*, «Il Politecnico», XXIV, 1865, pp. 238-248.

[41] F. ABATE, *Delle acque pubbliche della citta di Napoli: idee intorno la ripristinazione dell'acquedotto Claudio, il riordinamento di quelli del Carmignano e della Bolla, ed altre opere che ne conseguono*, Napoli, Tipografia Flautina, 1840.

[42] F. ABATE, *Delle acque potabili ne' comuni italiani. Loro attuali difetti e proposta di mezzi per provvedere tutti Comuni di acque condotte.* Napoli, 1876, pp. 22.

In particolare è descritta la situazione idrogeologica del territorio circostante con una specifica caratterizzazione delle sorgenti e del suolo; importanti sono pure le considerazioni sulle caratteristiche delle acque potabili:[43]

> E innanzi tutto si è riconosciuto che nella scelta delle aque debbansi grandemente preferire le aque di surgente, sperimentate buone, a quelle di fiume, quand'anche le prime sieno remote e le seconde si abbiano sotto mano… [L'acqua] attraversando il suolo, si purifica, e raccogliesi in un terreno vergine in cui si meschia a que' sali calcarei e a quell'acido carbonico che la rendono meglio digeribile e più confacente all'organismo umano. La poesia s'informa al vero quando canta le dolci e fresche aque, che ignorano ogni contaminazione vegetale od animale, e che serbano la nativa innocenza.

Un articolo connesso al precedente è quello di Enrico Fano dal titolo: *Delle publiche lavanderie in Inghilterra e Francia.*[44] Enrico Fano (1834-1899) si era laureato in giurisprudenza a Pavia; nel 1859 era stato commissario del Re nel campo di Garibaldi e nel corso della X legislatura aveva sostituito nella rappresentanza del 1° collegio di Milano Cattaneo, che come noto non volle mai partecipare alle riunioni del Parlamento della monarchia sabauda. Fano fu confermato nelle quattro legislature successive; moderato, nominato senatore nel 1890. occupò cariche importanti in istituzioni bancarie e di beneficenza. I suoi contributi al *Politecnico* sono in linea con i suoi interessi. L'articolo a cui ci riferiamo è particolarmente importante per la divulgazione delle necessarie avvertenze e norme igieniche come misura sociale preventiva di gravi malattie:

> Così certe cose del mondo sono di spettanza comune e universale godimento, come la luce e il calore e l'aria, che sono necessità continua e pane d'ogni minuto […]. Una persona linda e tersa, una casa pulita in cui si respiri l'odore del bucato, una città che appare con le vie nette e le mura immacolate, si raccomandano già, per se stesse, ed aprono il cuore a simpatica impressione.

Si pone l'attenzione proprio sullo stretto connubio fra differenziazione sociale e pulizia del corpo (e degli indumenti, uso di bagni pubblici etc.). Fano fa espresso riferimento ad un altro interessante articolo apparso sul Politecnico ancora sul tema dei bagni pubblici.[45] Ricordiamo che il medesimo autore ha pubblicato diversi contributi sul Politecnico, fra cui merita menzionarne uno sulla previdenza e sulla condizione dei lavoratori in Italia.[46]

Infine, soltanto come cenno, riportiamo alcune brevissime considerazioni su

[43] Le caratteristiche citate da Abate risultano peraltro assai simili a quanto prevedono le attuali norme legislative relative alle acque potabili.

[44] E. FANO, *Delle publiche lavanderie in Inghilterra e Francia, e della loro introduzione in Italia*, «Il Politecnico», XXIV, 1865, pp. 227-237.

[45] C. GOLA, «*Dell'importanza dei bagni e segnatamente dell'utilità dei bagni turchi*», «Il Politecnico», 1863, XIX, pp. 106-121.

[46] E. FANO, *Delle istituzioni di previdenza e della condizione delle classi lavoratrici in Italia,* «Il Politecnico», 1863, XVI, pp. 121-139.

articoli di taglio maggiormente applicativo-tecnologico, sulle macchine e le applicazioni termodinamiche; il primo tratta del motore dovuto a Eugenio Barsanti (1821-1864) e Felice Matteucci (1808-1887).[47] In esso si descrive con parecchi dettagli l'ideazione e la messa a punto di un motore funzionante a gas detonante piuttosto che a vapore. Le parti più rimarchevoli sono costituite dagli aspetti costruttivi e di funzionamento e dall'analisi 'dimensionale' del motore, con lo scopo evidente di poterne prefigurare i possibili impieghi: navigazione, perforazione di gallerie, macchine utensili, etc. Il secondo articolo è una vera e propria memoria sulle macchine termodinamiche dovuta a Giovanni Codazza (1816-1877), un fisico che si era fatto buona fama con contributi teorici ma che, come si vede qui, non era alieno da interessi pratici.[48] L'articolo un corposo e dettagliato trattato sulle macchine a vapore ed anche, a nostro parere, un importante tentativo di approfondita divulgazione, sia sul fronte storico-scientifico, sia su quello tecnologico. Sono infatti riportati i progressi costruttivi ottenuti all'epoca, destinati all'ottimizzazione delle macchine termiche ed al risparmio dei combustibili.

Una riflessione conclusiva

La brevità della nota ci ha costretto a rinunciare persino a temi essenziali come quello della linguistica, e a non menzionare contributi importantissimi come quelli di Graziadio Isaia Ascoli (1829-1907), collaboratore del giornale cattaneano fin dal 1861. Malgrado l'estrema sintesi del nostro contributo è tuttavia evidente l'ampiezza dell'orizzonte informativo/formativo delle serie post-unitarie del *Politecnico*. Molto rimane da studiare e da elaborare, in particolare appare promettente la messa in evidenza della connessione fra sviluppo scientifico-tecnologico e progresso civile. Nel 1860, quasi un secolo e mezzo fa, Cattaneo vedeva già con chiarezza l'aprirsi di uno scenario mondiale, dominato dalla tecnica. Sul «telegrafo elettrico» scriveva:

> Sarà in breve la superficie della terra simile a corpo vivo rivestito da rete quasi di nervi per entro la quale ogni uomo, come se il globo fosse un'appendice del suo corpo, potrà far vibrare con velocità di fulgure ogni atto del suo pensiero e della sua volontà.[49]

Non si può leggere questo passo senza emozione, senza sentire insieme a Cattaneo la contraddizione terribile fra ciò che scienza e tecnica potevano fare in favore dell'umanità, e le condizioni miserabili e umilianti in cui erano mantenute masse immense di uomini e donne dall'uso di quelle stesse forze produttive. *Ogni uomo potrà*, scriveva Cattaneo, certamente consapevole della distanza fra il progetto

[47] E. BARSANTI, *Sul nuovo motore Barsanti e Matteucci; notizie e considerazioni*, «Il Politecnico», 1863, XIX, pp. 51-65.

[48] G. CODAZZA, *Delle machine a vapore e delle machine termodinamiche*, «Il Politecnico», 1861, XI, pp. 129-162.

[49] C. CATTANEO, *Prefazione*, «Il Politecnico», VIII, cit. p. 17.

democratico e il futuro della società del capitalismo reale. Il grande intellettuale risorgimentale non dubitava che la tecnica avrebbe presto unificato il mondo, e abbiamo visto che egualmente sperava che l'unificazione non si realizzasse con «mari di sangue». A tanta distanza di tempo possiamo solo dire che la storia non tollera giudizi, e nemmeno alimenta speranze.

Riassunto – La divulgazione e l'informazione scientifica nell'Italia dell'Ottocento è un tema storiografico assai interessante, sull'impegno degli intellettuali nei confronti della 'qualità' dello sviluppo nel nostro Paese, prima e dopo l'Unità. In questo ambito la figura di Carlo Cattaneo rappresenta un punto di riferimento obbligato. In questa comunicazione si sono studiati gli aspetti editoriali e di contenuto della seconda e terza serie del *Politecnico* (1860-1864), mettendo in evidenza gli obbiettivi politico-culturali di Cattaneo e l'ampiezza dei temi trattati sul suo giornale. In particolare si sono analizzati alcuni contributi dovuti ai collaboratori di maggior rilievo sulla chimica, sulle scienze naturali e dell'uomo, e sul complesso rapporto fra progresso civile e sviluppo tecnologico.

MARCO CIARDI*

San Pietroburgo, Karlsruhe, Pisa: Aleksandr Porfirievič Borodin e la chimica italiana nell'età del Risorgimento**

St. Petersburg, Karlsruhe, Pisa: A. P. Borodin and Italian chemistry in the Risorgimento

Summary – Science and music have always been related in many different ways. So it is not surprising to find renowned musicians actively involved with chemical researches. This paper analyses the case of Aleksandr Porfirievič Borodin. In particular, the author aims to focus his attention on the years 1855-1862. In this period Italy and Russia began the dual processes of professionalization and the formation of a distinct national community. Borodin's life and scientific career show us new points of view about the relationship, during the mid-nineteenth century, between Russian and Italian chemistry.

1. Questo articolo intende presentare un piccolo frammento di un più ampio progetto, avviato dalle ricerche di Ferdinando Abbri, dedicato allo studio delle relazioni fra chimica e musica.[1] Come nel caso delle relazioni fra scienza e letteratura,[2] esistono sostanzialmente quattro casi a cui far riferimento: 1) chimici che hanno prodotto opere o composizioni musicali, o che comunque si sono dedicati alla musica, sia dal punto di vista pratico che teorico; 2) opere chimiche che fanno

* Università di Bologna, Dipartimento di Filosofia.

** Relazione presentata al X Convegno Nazionale di «Storia e Fondamenti della Chimica» (Pavia, 22-25 ottobre 2003).

[1] Cfr. F. ABBRI, *Chimica e musica: le inedite «Notes sur la musique» di Lavoisier*, in F. ABBRI, M. CIARDI (a cura di), *Atti dell'VIII Convegno Nazionale di Storia e Fondamenti della Chimica* (Arezzo, 28-30 ottobre 1999), Roma, Accademia Nazionale delle Scienze detta dei XL, 1999, pp. 115-123.

[2] Cfr. M. CIARDI, *Men of letters and science. The case of Xavier de Maistre*, «Nuncius. Annali di Storia della Scienza», XII, n. 2, 1997, pp. 447-469.

uso di concetti o di teorie provenienti dall'ambito musicale;[3] 3) Opere o composizioni musicali che contengono specifici riferimenti alla chimica o fanno uso di metafore che rimandano al linguaggio della chimica; 4) musicisti che si sono dedicati o interessati alla ricerca chimica.

Com'è noto la figura di Borodin rappresenta un caso privilegiato nell'ambito delle relazioni fra scienza e musica in quanto l'intellettuale russo è stato certamente un protagonista di rilievo sia nella storia della prima che della seconda.[4] Gli studi esistenti, tuttavia, nella maggior parte dei casi, oltre a ripetere informazioni e situazioni già conosciute, tendono a soffermarsi sull'analisi «interna» della produzione in campo musicale e chimico di Borodin, senza prestare particolare attenzione alle intersezioni fra i due ambiti o al contesto storico, politico e culturale in cui l'intellettuale russo svolse la sua attività. Abbri ha sottolineato, ad esempio, come «sia ancora aperto il problema dell'eventuale influenza, sul testo del Principe Igor, delle metafore chimiche».[5]

[3] È questo il caso di John Alexander Reina Newlands e la sua «Legge delle Ottave», uno dei più interessanti tentativi di classificazione periodica degli elementi precedenti a quello realizzato da Mendeleev; cfr. JAN W. VAN SPRONSEN, *One Hundred Years of the «Law of Octaves»*, «Chymia», XI, 1966, pp. 125-137; LUIGI CERRUTI, *Il luogo del «Sunto»*, in STANISLAO CANNIZZARO, *Sunto di un corso di filosofia chimica*, Palermo, Sellerio, 1991, pp. 235-237.

[4] Sui rapporti fra scienza e musica nella Russia dell'Ottocento, cfr. anche DIMITRI BAYUK, *Literature, music and science in nineteenth century Russian culture: Prince Odoyevskiy's quest for a natural enharmonic scale*, «Science in context», XV, 2002, pp. 183-207. Più in generale, cfr. MARCO SEGALA, *Musica romantica e storia delle idee*, in F. ABBRI (a cura di), *Filosofia e musica nell'età contemporanea. Studi e ricerche. II*, Dipartimento di Studi Storico-Sociali e Filosofici dell'Università di Siena con sede in Arezzo, 1997, pp. 1-31.

[5] F. ABBRI, *Chimica e musica* cit. p. 118. Cfr. F. WILLIAM SUNDERMAN, *A. P. Borodin, physician, chemist and composer*, «Annals of medical history», X, 1938, pp. 445-453; GEORGE SARTON, *Borodin (1833-87)*, «Osiris», VII, 1939, pp. 225-260; GEORGE B. KAUFFMAN, IAN D. RAE, IURIJ IVANOVIČ SOLOV'EV, CHARLENE STEINBERG, *Borodin. Chemist and Composer*, «Chemical and Engineering News», LXV, 1987, pp. 28-35; A.D. WHITE, *Alexander Borodin: Full-Time Chemist, Part-Time Musician*, «Journal of Chemical Education», LXIV, 1987, pp. 326-327; C.B. HUNT, *Alexander Borodin: chemist and composer*, «Chemist in Britain», XXIII, 1987, pp. 547-550; G.B. KAUFFMAN, KATHRYN BUMPASS, *An apparent conflict between art and science: the case of A. P. Borodin*, «Leonardo», XXI, 1988, pp. 429-436. In ogni caso, come ha scritto Gianni Fochi, che in un suo recente libro di divulgazione scientifica dedicato alla chimica (*Il segreto della chimica. Viaggio tra gli elementi del nostro universo*, Milano, Longanesi, 1999) ha tracciato un breve profilo della figura di Borodin (*Molecole e melodie*, pp. 260-267), «nel 1987, quando in tutto il mondo fu celebrato il centenario della morte, sporadici e fugaci furono gli accenni al suo intenso impegno nella ricerca, che continua a essere pressoché ignorato dai più» (*ivi*, p. 261). Del resto è necessario ricordare che la maggior parte delle letteratura su Borodin, sia per quanto riguarda le fonti primarie che secondarie (un'avvertenza, questa, da estendere all'intera storia della scienza russa) è reperibile in lingua originale. Ciò spiega in larga misura l'apparente ruolo secondario nell'ambito della storia della scienza di scuole e tradizioni di ricerca non appartenenti ad un contesto anglofono o francofono, dovuto all'incapacità degli storici di confrontarsi con fonti e documenti non facilmente accessibili da un punto di vista linguistico (tali considerazioni valgono anche per il

Rimandando ad un'altra occasione l'analisi di tale problematica, in questa sede cercherò invece di dare spazio all'analisi del contesto in cui si svolse l'attività chimica di Borodin, cercando di mettere in evidenza alcuni aspetti che forse potranno consentire di aggiungere nuovi elementi allo studio di questo affascinante e straordinario personaggio. Ritengo inoltre che le pagine che seguiranno potranno forse essere di un qualche interesse per lo sviluppo dello studio della chimica russa nell'ambito della storia europea e dell'analisi delle relazioni fra la nascente scuola russa e quella italiana, sia sotto il profilo strettamente scientifico che dal punto di vista delle convulse e animate vicende politiche di quegli anni. E tali vicende, credo lo si possa affermare con una certa serenità, non rappresentano certo un capitolo marginale nella storia sia della chimica che della politica europea dell'Ottocento.

2. Aleksandr Porfirievič Borodin nacque a San Pietroburgo il 12 novembre 1833. Figlio illegittimo di un principe georgiano e di una giovane donna della borghesia pietroburghese,[6] fin dalla prima infanzia Borodin mostrò uno spiccato interesse per la musica e le scienze. All'età di nove anni compose una *Polka in re minore*. In questo periodo non era possibile in Russia frequentare un regolare corso di studi musicali o studiare musica in maniera professionale. Ancora non esistevano, infatti, né conservatori né scuole musicali.[7] Anche gli altri membri del famoso Gruppo dei Cinque (che praticamente si costituì fra il 1862 ed il 1865), Musorgskij,

caso italiano). Un'importante biografia russa del 1950 su Borodin chimico è stata comunque tradotta il lingua inglese: NIKOLAIJ ALEKSANDROVIČ FIGUROVSKIJ, I.I. SOLOV'EV, *Aleksandr Porfirievič Borodin: A chemist's biography*. Translated from the Russian by C. Steinberg and G. B. Kauffman, Berlin, Springer-Verlag, 1988. Uno dei testi classici (la cui prima edizione risale al 1955) sulla vita e le opere dell'intellettuale russo è invece disponibile anche in italiano: SERGEJ ALEKSANDROVIČ DIANIN, *Aleksandr Porfirievič Borodin. Biografia. Tutti gli scritti musicali, le lettere e i saggi scientifici del compositore*, a cura di Valerij Voskobojnikov, Napoli, Edizioni Scientifiche Italiane, 1994. Si vedano anche il breve profilo di NINA NIKOLAEVNA BERBEROVA, *Genio e regolatezza: Aleksandr Borodin* (1938). Prefazione di Roman Vlad, Firenze, Passigli, 1993; GIACOMO SCARPELLI, *Borodin*, in ROY PORTER (a cura di), *Dizionario Biografico della Storia della Medicina e delle Scienze Naturali*, Milano, Franco Maria Ricci, 1985, 3 voll., vol. I, pp. 122-123; il catalogo della mostra *Aleksandr Borodin. Musicista e scienziato, 1887-1997 (Sala Maffeiana, Verona, novembre-dicembre '87)*, Verona, Edizioni Ente Arena di Verona, 1987; DIEGO FRANCESCHETTI, FRANCESCO RASPADORI, *Aleksandr P. Borodin: un medico tra musica e biochimica*, in GIUSEPPE ARMOCIDA, FRANCESCO AULIZIO (a cura di), *Atti del XXXVII Congresso Nazionale della Società Italiana di Storia della Medicina* (Bari-Monopoli, agosto 1995), «Rivista di storia della medicina» VI, n.s., 1996, pp. 167-170. Utile anche, per documenti ed iconografia, il sito http://web.tiscali.it/no-redirect-tiscali/lanzieri/Borodin/scienziato.htm, curato da Claudio Lanzieri Pierre Tijskens.

[6] Si trattava del principe georgiano Luka Stepanovič Gedianov e della giovane, futura moglie di un dottore militare, Avdotiia Konstantinovna Antonova. Ricevette il cognome Borodin e il patronimico Porfirievič da un valletto del principe Gedianov, di nome Porfirij Ionovič Borodin.

[7] LUIGI PESTALOZZA, *La Scuola nazionale russa*, Milano, Ricordi, 1958; R. VLAD, *Prefazione*, in N.N. BEREBROVA, *Genio e regolatezza* cit.

Balakirev, Cui e Rimskij-Korsakov, inizieranno la loro attività musicale in maniera dilettantistica, dovendo svolgere contemporaneamente altre professioni.

Nel 1847 Borodin compose un *Concerto per flauto e pianoforte* ed il *Trio in sol maggiore per due violini e violoncello*. Contemporaneamente alle sue prime produzioni musicali, Borodin iniziò a baloccarsi con gli esperimenti di chimica. Si era costruito in casa un piccolo laboratorio, dove, oltre ad effettuare pericolose reazioni, si applicava nella galvanoplastica e tentava di produrre colori per acquerello.[8] Anche Balakirev, uno dei Cinque, studiò e insegnò chimica per un certo periodo.[9] La sua, tuttavia, fu una scelta forzata. Per Borodin, invece, chimica e musica resteranno sempre due ambiti complementari, anche se in più di un'occasione egli si sforzò di rimarcare di essere soprattutto uno scienziato, più che un musicista:

> Per i miei amici la musica è la loro principale occupazione, il loro lavoro e lo scopo della loro vita. Per me è un riposo, un passatempo che mi distrae dalla mia attività scientifica principale, l'insegnamento. Io non seguo l'esempio di Cui. Io amo la mia professione e la mia scienza. Amo l'Accademia e i miei allievi. Il mio insegnamento è di un carattere pratico e proprio per questo mi porta via molto tempo. Bisogna che sia costantemente in contatto con i miei allievi, maschi e femmine, perché per guidare il lavoro dei giovani bisogna stare sempre con loro. Mi stanno a cuore gli interessi dell'Accademia. Se da un lato io vorrei dedicarmi alla musica, dall'altro temo di farlo troppo assiduamente e di trascurare gli impegni scientifici.[10]

Nel 1850, dopo aver sostenuto gli esami di maturità, Borodin si iscrisse all'Accademia Medico-chirurgica di San Pietroburgo.[11] Qui ebbe modo di approfondire in maniera sistematica lo studio della chimica, grazie all'insegnamento di uno dei più importanti chimici russi del momento, Nikolaj Nikolaevič Zinin (1812-1880), la cui fama internazionale era legata soprattutto alle ricerche che lo avevano condotto nel 1842 alla sintesi dell'anilina.[12] Assieme ad Aleksandr Voskresenskii, l'insegnante

[8] Un compagno di giochi di Borodin, Mikhail Romanovich Shchiglev, avrebbe raccontato in proposito: «Quasi tutto l'appartamento era invaso da beker, storte, ed ogni specie di attrezzatura chimica. Ovunque sulle finestre erano disposti tubi con diverse soluzioni cristalline. E tra tutto questo si aggirava Sasha Borodin, bonariamente criticato, perché tutta la casa era riempita dai maleodoranti "effluvi" dei suoi esperimenti e perché tutti temevano un possibile incendio. Nel suo tempo libero dalle lezioni, studiava schemi su fogli bagnati, si occupava di galvanoplastica e teorizzava e realizzava soluzioni acquose colorate»; citazione tratta dal sito curato da Lanzieri e Tijskens.

[9] Cfr. L. PESTALOZZA, *La Scuola nazionale russa* cit., p. 36.

[10] *Ivi*, p. 208.

[11] Per un quadro sulle istituzioni scientifiche russe nell'età moderna, cfr. YAKOV M. RABKIN, SUMITRA RAJAGOPALAN, *Les sciences en Russie: entre ciel et terre*, in MICHEL BLAY, EFTHYMIOS NICOLAÏDIS (sous la direction de), *L'Europe des sciences. Construction d'un espace scientifique*, Paris, Éditions du Seuil, 2001, pp. 217-261.

[12] Prima di trasferirsi a San Pietroburgo, Zinin aveva insegnato all'Università di Kazan. Grazie alle capacità organizzative di Nikolaj Ivanovič Lobačevskij, rettore dal 1827 al 1846, l'Università di Kazan era divenuto uno dei maggiori centri della scienza russa. All'Università di Kazan si formò anche Aleksandr Mihajlovič Butlerov (1828-1886). Sulla prima parte della carriera di

di chimica di Mendeleev, può essere considerato uno dei fondatori della scuola chimica nazionale. Così si esprimerà in uno scritto del 1882 l'inventore della tavola periodica degli elementi:

> Russi fin nel profondo dell'animo, russi d'origine, russi per i principi ai quali aderivano, essi si posero come compito primario e fondamentale quello di liberare la loro patria dalla necessità di andare a riverire gli stranieri. Per far sì che alla loro scuola si imparasse effettivamente un oggetto tanto vivo, quale è la conoscenza chimica, essi non si limitarono a esporre e a raccontare la sostanza di questo indirizzo d'indagine, né si accontentarono di fare loro stessi per la chimica ciò che facevano i forestieri, vale a dire stimolare l'interesse per questa scienza, appropriarsi fino in fondo di tutti i suoi segreti e dei suoi aspetti più reconditi, elaborare e sviluppare i suoi metodi e i suoi contenuti. No, oltre a tutto questo, seppero concentrare la loro attenzione anche sull'esigenza di infondere in chi li ascoltava l'aspirazione a un ulteriore sviluppo della ricerca in questo campo con l'ausilio delle nostre forze natie, e proprio per questo si adoperarono in ogni modo per far nascere i primi laboratori, certo ancora carenti sotto il profilo delle attrezzature e delle dotazioni, ma nondimeno in grado di fungere da ottimo punto di inizio per la formazione e la ricerca. Proprio da questa esperienza sono venuti fuori i primi chimici russi, che avevano studiato nella loro patria e che in essa lavoravano.[13]

Borodin completò il suo corso di studi cinque anni più tardi «cum eximia laude», risultando uno dei migliori studenti. Egli ebbe modo di approfondire materie fondamentali come l'anatomia, la cristallografia e la botanica, che resterà una delle passioni principali della sua vita. Nel frattempo, oltre ad aumentare le sue conoscenze in campo musicale e ad affinare le capacità compositive, Borodin iniziò a prendere confidenza con l'idea che la musica russa, per avvicinarsi al livello di quella internazionale, dovesse essere riformata e trasformata, dando vita ad una scuola nazionale. Non a caso, nel *Trio per archi* composto intorno alla metà degli anni '50 è già rintracciabile l'influenza di Glinka, il padre della scuola musicale russa. Un fatto da non sottovalutare, perché lo stesso atteggiamento sarà mantenuto da Borodin nei confronti della chimica.

Zinin si veda NATHAN M. BROOKS, *Nikolai Zinin at Kazan University*, «Ambix», XLII, 1995, pp. 129-142. Cfr. anche ALEXANDER VUCINICH, *Science in Russian Culture: A History to 1861*, Stanford, California, Stanford University Press, 1963, pp. 332-335. Più in generale, S.N. VINOGRADOV, *Chemistry at Kazan University in the Nineteenth Century: A Case History of Intellectual Lineage*, «Isis», LVI, 1965, pp. 168-173.

[13] Cit. in SILVANO TAGLIAGAMBE, *Introduzione* a D.I. MENDELEEV, *Sullo spiritismo*, Torino, Bollati Boringhieri, 1992, p. XLV-XLVI. Zinin, oltre al laboratorio dell'Accademia, aveva anche un laboratorio privato presso la sua abitazione. Il laboratorio dell'Accademia non doveva essere un gran che; cfr. la citazione in N.M. BROOKS, *Russian Chemistry in the 1850s: A Failed Attempt at Institutionalization*, «Annals of Science», LII, 1995, p. 579. Il ruolo di Zinin nell'ambito della formazione dei chimici russi era stato comunque per Borodin fondamentale: cfr. la citazione in W. SUNDERMAN, *A. P. Borodin, physician, chemist and composer* cit., p. 446. In questo periodo Borodin probabilmente frequentò anche il laboratorio privato di Nicolaĭ Nicolaevich Sokolov e Aleksandr Nicolaevich Engelhardt, che fu aperto tra il 1857 ed il 1860; cfr. N.M. BROOKS, *Russian Chemistry* cit., p. 581.

Proprio in questo periodo, con l'avvento di Alessandro II, nel 1855, prese l'avvio di quella breve, ma intesa stagione, conosciuta nella storia russa come l'epoca delle «Grandi Riforme», una fase di grandi trasformazioni sociali ed economiche, che ebbe uno dei momenti cruciali nell'abolizione della servitù della gleba nel 1861.[14] Furono in molti in Russia ad essere convinti che finalmente fosse stato avviato un processo di rinnovamento della società e della cultura nazionale, libero ed autonomo rispetto ai modelli provenienti dagli altri stati europei. La Russia poteva ora tornare ad avvicinarsi all'Europa attraverso il potenziamento delle proprie energie sia in campo umanistico che scientifico. Borodin attribuirà un'importanza primaria alla formazione degli scienziati russi e allo sviluppo di una cultura nazionale nei campi più disparati.[15] Le sue idee coincideranno con quelle del futuro amico e collega Mendeleev, «fermo sostenitore dell'esigenza che la Russia si ponesse come obiettivo quello di accelerare il cammino per raggiungere gli altri», attraverso l'incremento delle «risorse destinate all'istruzione e alle ricerca scientifica».[16] Nazionalismo e cosmopolitismo, tradizione e progresso, saranno elementi complementari nel pensiero di Borodin e di Mendeleev, sicuramente influenzati nell'elaborazione della loro visione del mondo dal pensiero del grande intellettuale e politico russo Aleksandr Ivanovič Herzen,[17] che era ormai andato oltre il dibattito che si stava svolgendo in quegli anni in Russia tra slavofili e occidentalisti.[18]

[14] Sulle origini e le motivazioni di questo periodo di riforme cfr. W. Bruce Lincoln, *In the Vanguard of Reform. Russia's Enlightened Bureaucrats, 1825-1861*, DeKalb, Northern Illinois University Press, 1982; trad. it., *L'avanguardia delle riforme. I burocrati illuminati in Russia, 1825-1861*, Bologna, Il Mulino, 1993.

[15] Sui rapporti fra scienza ed educazione nella Russia moderna si veda A. Vucinich, *Science in Russian Culture* cit. Sulla chimica, cfr. anche N.M. Brooks, *Public lectures in Chemistry in Russia: 1750-1870*, «Ambix», XLIV, 1997, pp. 1-10.

[16] S. Tagliagambe, *Introduzione* cit., p. xiv. Sull'immagine della scienza e della società in Mendeleev, cfr. anche A. Vucinich, *Mendeleev's Views on Science and Society*, «Isis», LVIII, 1967, pp. 342-351.

[17] Per l'influenza di Herzen su Mendeleev, cfr. S. Tagliagambe, *ivi*, pp. xlvii-xlviii. Per quanto riguarda Borodin, cfr. N.A. Figurovskij, I.I. Solov'ev, *A.P. Borodin* cit., p. 32. S.A. Dianin, *Aleksandr Porfirevič Borodin. Biografia* cit., pp. 52-53, 62, 362-363.

[18] È da ricordare che il giovane Herzen aveva scelto di frequentare la facoltà di fisica e matematica dell'Università di Mosca, «perché lì s'insegnavano anche le scienze naturali»; A.I. Herzen, *Il passato e i pensieri*, a cura di Lia Wainstein, Milano, Feltrinelli, 1961, p. 120. Herzen dedicò numerosi saggi allo sviluppo del sapere scientifico, fra cui le importanti *Lettere sullo studio della natura* (*Pis'ma ob izučenii prirody*, 1844-46), e le sue idee influenzarono notevolmente la formazione teorica degli scienziati russi negli anni '40 e '50. Su Herzen si vedano Franco Venturi, *Il populismo russo*, Torino, Einaudi, 1952, 2 voll.; Martin Malia, *Alexander Herzen and the birth of Russian socialism, 1812-1855*, Cambridge Mass., Harvard University Press, 1961 (trad. it., *Alle origini del socialismo russo: Aleksandr Herzen, l'intellighenzia russa e la cultura europea*, Bologna, Il Mulino, 1973); A.I. Herzen, *A un vecchio compagno*, a cura di Vittorio Strada, Torino, Einaudi, 1977; Id., *Dall'altra sponda*. Traduzione e note di P. Pera, Milano, Adelphi, 1993. In particolare, sulla sua visione della scienza, cfr. A. Vucinich, *Science in Russian Culture* cit., pp. 288-294

Nel marzo del 1856 Borodin trovò impiego presso il 2° Ospedale Militare di Fanteria in qualità di medico-assistente. Durante gli anni di servizio presso l'ospedale produsse il suo primo lavoro di chimica dedicato allo studio della costituzione chimica dell'idrobenzamide e dell'amarina.[19] Nel 1856 Borodin incontrò per la prima volta Modest Petrovič Musorgskij, il componente del futuro Gruppo dei Cinque a cui egli fu più legato. A quell'epoca Musorgskij era ufficiale dell'esercito.

Nell'agosto del 1857 Borodin compì il suo primo viaggio all'estero, al seguito del celebre oculista di corte Ivan Ivanovič Kabat. Nel corso del viaggio Borodin trascorse qualche giorno a Parigi, dove ebbe la possibilità di visitare il laboratorio di Berthelot.

Il 3 maggio 1858 Borodin discusse la tesi per il conseguimento del titolo di dottore in medicina. L'argomento dell'elaborato era dedicato all'analisi delle proprietà chimiche e tossicologiche dell'arsenico e del fosforo.[20] Egli, quindi, su incarico di Zinin, effettuò una serie di ricerche volte all'analisi delle acque minerali della cittadina di Soligali nel governatorato di Kostroma.

Nel 1859 Zinin, che ormai aveva individuato in Borodin il suo successore, inviò l'allievo all'estero per un viaggio di perfezionamento scientifico.[21] In questo modo, al suo ritorno Borodin sarebbe stato pronto ad occupare in Accademia il posto di professore aggiunto per la cattedra di chimica.

Il 27 ottobre Borodin partì per Heidelberg dove era atteso nel laboratorio di Robert Bunsen. Ad Heidelberg si trovavano già altri due giovani chimici russi Sečenov e Mendeleev. Di un anno più giovane di Borodin, Mendeleev, originario della Siberia,[22] viveva dal 1850 a San Pietroburgo. Aveva studiato presso l'Istituto pedagogico della città, sostenendo nel 1855 una tesi sull'isomorfismo e sulle rela-

(«Herzen wrote his Letters on the Study of Nature and other short observations on science or events scientific signifiance at a time when most Russian scholars identified "science" with historical and philological studies, Schellingism, or pure experimentalism. Herzen rejected all these orientations. To him, philosophy and science were inseparable, and the natural and exact disciplines were the most genuine sciences and models for humanistic inquiry», *ivi*, p. 291).

19 A.P. Borodin, *Recherches sur la constitution chimique de l'hydrobenzamide et de l'amarine*, «Bulletin de la classe physico-mathématique de l'Académie des Sciences de Saint-Petersbourg», XXVII, 1859, pp. 38-46. L'articolo apparve anche in tedesco sulla rivista di Justus Liebig: *Ueber die Constitution des Hydrobenzamids und des Amarins*, «Annalen der Chimie und Pharmacie», CX, 1859, pp. 78-85. Su questo e gli altri contributi di Borodin nel campo della chimica organica si veda I.D. Rae, *The research in organic chemistry of Aleksandr Borodin (1833-1887)*, «Ambix», XXXVI, 1989, pp. 121-137.

20 Fu la prima volta che l'Accademia accettò una tesi scritta in russo e non in latino; cfr. G. Fochi, *Il segreto della chimica* cit., p. 263.

21 Le istruzioni di viaggio di Zinin a Borodin sono pubblicate in N.A. Figurovskij, I.I. Solov'ev, *A.P. Borodin* cit., pp. 136-137. Il tempo dedicato alla musica da parte di Borodin, tuttavia, preoccupava molto Zinin.

22 Beverly S. Almgren, *D. I. Mendeleev and Siberia*, in *Mendeleev: Beyond the Periodic Table*, «Ambix», XLV, 1998, pp. 50-66.

ОБЪ

АНАЛОГІИ МЫШЬЯКОВОЙ КИСЛОТЫ

СЪ

ФОСФОРНОЮ

ВЪ ХИМИЧЕСКОМЪ И ТОКСИКОЛОГИЧЕСКОМЪ ОТНОШЕНІЯХЪ.

ДИССЕРТАЦІЯ, НАПИСАННАЯ НА СТЕПЕНЬ

Доктора Медицины

А. Бородинымъ.

Borodin.

САНКТПЕТЕРБУРГЪ.

ВЪ ТИПОГРАФІИ КОРОЛЕВА И К°.

1858.

Frontespizio della tesi di Borodin per il conseguimento del titolo di dottore in medicina.

zioni tra le forme dei cristalli e la loro composizione.[23] Dopo aver insegnato in alcune scuole secondarie della Crimea, aveva perfezionato i suoi studi presso l'Università di San Pietroburgo. Per un paio d'anni tenne corsi liberi di chimica teorica e di chimica organica; nel 1859, quindi, ottenne una borsa di studio che gli consentì di recarsi prima a Parigi e poi ad Heidelberg, dove fu subito accolto da Bunsen. Mendeleev, tuttavia, che era debole di polmoni non resistette a lungo nel laboratorio del celebre scienziato tedesco, a causa della presenza di una gran quantità di fumi sulfurei.[24] Egli mise così in piedi un piccolo laboratorio privato dove sviluppò una serie di ricerche sulla capillarità e la tensione superficiale. Il laboratorio di Mendeleev è ricordato in una lettera scritta da Borodin alla madre il 5 novembre, non appena arrivato ad Heidelberg: «Lui ha un laboratorio piccolo, pulitissimo e persino fornito di gas».[25]

Borodin strinse immediatamente amicizia con Sečenov e Mendeleev, un'amicizia destinata a resistere nel tempo.[26] Verso la metà di dicembre i tre si recarono a Parigi, dove incontrarono Charles-Adolphe Wurtz, uno degli animatori del fondamentale congresso di Karlsruhe, che si sarebbe svolto l'anno successivo.[27] Borodin, rientrato ad Heidelberg (dove non mancò di frequentare anche le lezioni di Helmholtz e di Kirchhoff) si trasferì nel laboratorio di Emil Erlenmeyer. Qui produsse una serie di lavori che troveranno spazio sulla rivista che lo stesso Erlenmeyer pubblicò tra il 1858 ed il 1865.[28] Allo stesso tempo non tralasciò di coltivare gli studi musicali. Le sue performance ad Heildelberg erano particolarmente richieste. Probabilmente in questo periodo egli compose anche la *Sonata in si minore* per violoncello.[29]

Nel frattempo si stava avvicinando l'inizio del congresso di Karlsruhe. Zinin, che era stato uno dei firmatari della prima circolare,[30] si trasferì ad Heidelberg (passando prima per Parigi), nell'estate del 1860. Borodin, di ritorno da una breve viaggio lungo il Reno e in Olanda, lo incontrò il 12 agosto, come riferisce in una lettera alla madre.[31] Complessivamente la delegazione russa fu composta da sette

[23] Per un breve profilo biografico degli anni giovanili di Mendeleev, cfr. N.M. BROOKS, *Dmitrii Mendeleev's Principles of Chemistry and the Periodic Law of the Elements*, in ANDERS LUNDGREN, BERNADETTE BENSAUDE-VINCENT (eds.), *Communicating Chemistry. Textbooks and Their Audiences, 1789-1939*, Canton Mass., Science History Publications, 2000, pp. 295-309.

[24] Cfr. L. CERRUTI, *Il luogo del «Sunto»* cit. p. 243.

[25] S. A. DIANIN, *Aleksandr Porfirevič Borodin. Biografia* cit., p. 51.

[26] Cfr. *ivi*, p. 52.

[27] CLARA MARIE DE MILT, *Carl Weltzien and the Congress at Karlsruhe*, «Chymia», I, pp. 153-169.

[28] Cfr. I.D. RAE, *The research in organic chemistry* cit.

[29] S.A. DIANIN, *Aleksandr Porfirevič Borodin. Biografia* cit., p. 53.

[30] La prima circolare ed i verbali del convegno sono pubblicati in MARY J. NYE (ed.), *The Question of the Atom. From thr Karlsruhe Congress to the First Solvay Conference, 1860-1911*, Los Angeles-San Francisco, Tomash Publishers, 1986, pp. 633-650. Sulla storia dei verbali, cfr. L. CERRUTI, *Il luogo del «Sunto»* cit., pp. 213-214.

[31] S.A. DIANIN, *Aleksandr Porfirevič Borodin. Biografia* cit., p. 55.

membri. Da Heidelberg arrivarono anche, per la Germania, Bunsen ed Erlenmeyer. Forse, nei giorni precedenti al convegno, giunsero ad Heidelberg anche Cannizzaro e Pavesi, gli unici due rappresentanti italiani.[32]

Com'è noto Mendeleev accolse in maniera entusiastica il modo in cui Cannizzaro proponeva di risolvere i problemi dell'applicazione dell'ipotesi di Avogadro, da quello delle densità «anomale» dei vapori, per via di fenomeni di dissociazione, a quello fondamentale della determinazione dei pesi atomici. Secondo Mendeleev, che mandò a Voskresenskii una nota sul convegno sotto forma di lettera (poi pubblicata sulla gazzetta locale), Cannizzaro era stato l'eroe di Karlsruhe: «Comprendendo la differenza fra atomi e molecole i chimici di tutti i paesi compresero i principi del sistema unitario».[33] E in merito alla proposta di Dumas di utilizzare due pesi atomici distinti per il carbonio in chimica organica e inorganica Mendeleev scrisse: «Contro di ciò Cannizzaro parlò animatamente, mostrando che tutti dovrebbero usare il medesimo peso atomico. Non vi fu votazione su questo problema ma la grande maggioranza fu dalla parte di Cannizzaro».[34] Il pensiero di Mendeleev rifletteva probabilmente quello dell'intera delegazione russa, e in primo luogo di Zinin, uno dei principali difensori in Europa del sistema unitario.[35] Ma anche lo stesso Mendeleev, grazie all'insegnamento di Voskresenskii, si era già schierato dalla parte di Laurent e Gerhardt negli anni precedenti.[36] Sicuramente le sue idee erano in linea con quello di Borodin, il quale non mancherà nei mesi e negli anni successivi al congresso di manifestare il suo apprezzamento per l'opera del chimico italiano. Ad esempio, nel resoconto del suo periodo di specializzazione all'estero redatto per l'Accademia Medico-chirurgica nel gennaio del

[32] Nella lettera scritta a Cannizzaro l'8 agosto 1860 da Pavia, Pavesi, esponendo il suo progetto di itinerario, faceva presente all'amico che così facendo avrebbero potuto trovarsi a Karlsruhe tre giorni prima del congresso, in maniera tale da poter fare «una corsa ad Heidelberg». Pavesi, dopo aver compiuto nel 1855 gli studi di chimica nella scuola della Società d'Incoraggiamento di Milano, con Antonio de Kramer e Luigi Chiozza, aveva operato fino al 1857 nel laboratorio di Bunsen ad Heidelberg. Quindi aveva lavorato presso l'Università di Vienna. Egli, dunque, conosceva bene l'Austria e la Germania e parlava il tedesco. Com'è noto Pavesi interpretò un ruolo chiave nella distribuzione del *Sunto di un corso di filosofia chimica fatto nella R. Università di Genova del 1858* (che portava come sottotitolo «Lettera del Prof. Cannizzaro al prof. S. De Luca»), sia prima che durante il congresso.

[33] Cit. in L. Cerruti, *Il luogo del «Sunto»* cit., p. 244. Cfr. C. De Milt, *The Congress at Karlsruhe*, «Journal of Chemical Education», XXVIII, 1951, pp. 424-425; Harold Hartley, *Stanislao Cannizzaro and thr First International Chemical Conference at Karlsruhe in 1860*, in Id., *Studies in the History of Chemistry*, Oxford, Clarendon Press, 1971, pp. 185-194. La lettera di Mendeleev a Voskresenskii è pubblicata integralmente in N.A. Figurovskij, I.I. Solov'ev, *A.P. Borodin* cit., pp. 138-141.

[34] *Ibidem*.

[35] Cfr. A. Vucinich, *Science in Russian Culture* cit., p. 374.

[36] *Ivi*, p. 334. Cfr. anche N.M. Brooks, *Dmitrii Mendeleev's Principles of Chemistry* cit., p. 297. Alla diffusione delle idee di Laurent e Gerhardt in Russia contribuirono anche Sokolov ed Engelhardt; cfr. A. Vucinich, *Science in Russian Culture* cit., p. 374.

1863, Borodin si riferirà a Cannizzaro come a colui «i cui lavori hanno operato un'enorme riforma in campo chimico, con lo sviluppo della teoria molecolare e con la precisa definizione del concetto del peso della particella chimica».[37]

L'avversione al dualismo aveva sicuramente in Borodin anche una matrice filosofica, che lo portava ad estendere il suo rifiuto su scala generale:

> Io sono nemico giurato del dualismo e delle teorie dualistiche in chimica, in storia, in psicologia e in filosofia, come anche per quanto riguarda l'Impero Austro-Ungarico.[38]

Per quanto egli non avesse un'attitudine al materialismo, quale sarà quella coltivata dal suo amico Musorgskij, «entusiastico lettore di d'Holbach e di Darwin»,[39] la visione del mondo di Borodin, come del resto quella di Mendeleev, si fonderà su di un solido empirismo di matrice illuministica. Una visione del mondo che non sarà troppo dissimile da quella del Cannizzaro della *Prelezione al corso di chimica generale per l'anno scolastico 1855-56*.[40]

Subito dopo il congresso, nell'ottobre del 1860 Borodin e Mendeleev si recarono in Italia. Attraversato il San Gottardo, i due amici passarono dal lago Maggiore e si diressero verso Genova, dove passarono la notte del 15 ottobre. Il giorno successivo si imbarcarono su di un piroscafo alla volta di Roma.[41] Concluso il soggiorno italiano, Mendeleev rientrò ad Heidelbeerg, mentre Borodin ripartì per Parigi, dove soggiornò fino ai primi mesi del 1861. Borodin, fra le molte altre cose, lavorò presso il laboratorio di Wurtz, che proprio in quel periodo stava redigendo i verbali del congresso di Karlsruhe.[42] Difficile pensare che i due non abbiano avuto l'occasione di discutere sulle diverse problematiche emerse in quella sede.[43]

[37] S.A. Dianin, *Aleksandr Porfirevič Borodin. Biografia* cit., p. 364.

[38] Cit. in L. Pestalozza, *La Scuola nazionale russa* cit., p. 210.

[39] *Ivi*, p. 123.

[40] S. Cannizzaro, *La chimica e le scienze naturali. Prelezione al corso di chimica generale*, in Leonello Paoloni (a cura di), *Lettere a Stanislao Cannizzaro. Scritti e carteggi, 1857-1862*, Palermo, Università di Palermo, Facoltà di Scienze (Seminario di Storia della Scienza, «Quaderni», n. 2), 1992, pp. 281-299.

[41] Il viaggio è descritto da Borodin in una lettera alla madre del 16 ottobre; S.A. Dianin, *Aleksandr Porfirevič Borodin. Biografia* cit., pp. 357-359. Per quanto riguarda i ricordi di Mendeleev sul viaggio, *ivi*, pp. 55-56.

[42] Il 15 ottobre, ad esempio, Wurtz aveva richiesto a Cannizzaro un riassunto dell'intervento nella terza seduta; cfr. *Stanislao Cannizzaro. Scritti vari e lettere inedite nel centenario della nascita*, a cura dell'Associazione Italiana di Chimica generale ed applicata, Roma, Tipografia Leonardo da Vinci, 1926, pp. 363-364.

[43] Wurtz era stato uno dei più attenti lettori del *Sunto* prima del Congresso del 1860; cfr. L. Cerruti, *Il luogo del «Sunto»* cit., p. 226. Cerruti ha sfatato il mito che la comunità scientifica internazionale sia venuta a conoscenza delle idee di Cannizzaro soltanto in occasione dell'incontro di Karlsruhe. Su questo si veda anche L. Cerruti, *«Concordia Discors». I chimici italiani dell'Ottocento, fra politica e scienza*, in Angelo Bassani (a cura di), *La chimica e le tecnologie chimiche nel Veneto dell'Ottocento*, Venezia, Istituto Veneto di Scienze, Lettere ed Arti, 2001, pp. 42-43.

Durante il soggiorno parigino Borodin frequentò anche il laboratorio di Louis Pasteur all'École Normale e partecipò a numerose lezioni di chimica e di scienze naturali presso le principali istituzioni scientifiche parigine.

Nell'aprile del 1861 Borodin tornò nuovamente in Italia, recandosi questa volta a Napoli. Nell'occasione Borodin visitò sicuramente le rovine di Ercolano e raccolse campioni di lava sul Vesuvio.[44]

Rientrato ad Heidelberg, nel maggio del 1861 Borodin fece la conoscenza della sua futura moglie, una giovane pianista, Ekaterina Sergeevna Protopopova. Fu proprio a causa delle condizioni di salute della ragazza, ammalata di tubercolosi, che Borodin programmò un nuovo trasferimento in Italia, questa volta a Pisa, dove i due giunsero sul finire del 1861. Nella città toscana Borodin fu accolto calorosamente da Sebastiano De Luca,[45] che lo convinse a restare. Così scriveva a Mendeleev all'inizio del gennaio 1862: «Sono passato da De Luca e lui mi ha messo a disposizione il laboratorio con tutti i mezzi e gratis». La descrizione del laboratorio fu estremamente positiva: «Il laboratorio è montato in modo eccellente, e c'è tutto il materiale, gli strumenti, i vasi, persino le apparecchiature, completamente pronte, già montate».[46] Non dobbiamo scordarci che Borodin, quando formulò questo giudizio, aveva già lavorato in alcuni dei più prestigiosi laboratori chimici d'Europa e sicuramente quelli italiani non potevano aspirare, neanche lontanamente, a competere con le più avanzate strutture a livello internazionale.[47] A Pisa, però, la situazione era diversa ed il merito di tutto ciò andava attribuito ai fondatori della scuola chimica italiana: «Piria e Bertagnini», si legge nel resoconto per l'Accademia, «i quali hanno fatto quasi tutte le loro scoperte in questo laboratorio, l'hanno arricchito con una gran quantità di strumenti ed altro materiale didattico».[48] Tuttavia non erano sol-

[44] Nel corso del viaggio, descritto in una lettera a Mendeleev, Borodin visitò anche Firenze («gli Uffizi sono una vera delizia. La tribuna è una meraviglia! Ed i prezzi sono così bassi!»); S.A. DIANIN, *Aleksandr Porfirevič Borodin. Biografia* cit., pp. 359-360. A Firenze, a partire dal 1863, avrebbe lavorato presso la cattedra di Fisiologia ed Anatomia Comparata dell'Istituto di Studi Superiori, il figlio di Aleksandr Herzen, Alessandro, notevole medico e fisiologo che si era formato alla scuola di Moris Schiff; cfr. ALESSANDRO HERZEN, *Gli animali martiri, i loro protettori e la fisiologia*. Introduzione e cura di G. Landucci, Firenze, Giunti, 1997.

[45] Sebastiano De Luca, allievo di Piria a Napoli, dopo un periodo trascorso in esilio a Parigi, dove aveva collaborato in particolar modo con Berthelot, andò ad occupare la cattedra di Bertagnini a Pisa (si veda la nota 48).

[46] S.A. DIANIN, *Aleksandr Porfirevič Borodin. Biografia* cit., p. 361

[47] Sulla precaria situazione dei laboratori chimici italiani intorno alla metà dell'Ottocento, cfr. RAFFAELLA SIMILI, *I laboratori sperimentali. Cure e ricette*, in ID., *Ricerca e istituzioni scientifiche in Italia* (a cura di), Roma-Bari, Laterza, 1998, pp. 135-181; ANTONIO DI MEO, *Scienza e Stato. Il laboratorio chimico centrale delle gabelle dalle origini al secondo dopoguerra*, Roma, Carocci, 2003.

[48] S.A. DIANIN, *Aleksandr Porfirevič Borodin. Biografia* cit., p. 365. Raffaele Piria, dopo aver studiato a Parigi con Dumas, fra il 1836 ed il 1839, rientrò a Napoli dove tenne un corso libero di chimica che ebbe molto successo. Grazie all'interessamento di Macedonio Melloni, che aveva conosciuto a Parigi, Piria si trasferì a Pisa nel 1842 per occupare la cattedra di chimica dello scomparso Giuseppe Branchi; cfr. M. MELLONI, *Carteggio (1819-1854)*, a cura di Edvige Schettino,

tanto le risorse ed i mezzi a colpire favorevolmente l'attenzione di Borodin. A Pisa, infatti, secondo il chimico russo, c'erano un'atmosfera, un metodo, una visione della scienza che permettevano di dedicarsi con una certa libertà alla ricerca pura (sia teorica che sperimentale) non esclusivamente finalizzata a quella applicata: «Fin dai primi giorni vidi che il laboratorio pisano mi offriva vantaggi imparagonabili rispetto agli altri laboratori. Il laboratorio di cui parlo non è pubblico e di conseguenza non è organizzato in base a criteri commerciali e di calcolo, come lo sono quelli germanici».[49] Le affermazioni di Borodin possono sembrare paradossali, ma non lo sono affatto. Egli, infatti, si dimostrava pienamente consapevole dei cambiamenti che stavano mutando in Europa le relazioni tra la ricerca scientifica ed il progresso industriale. Sotto il profilo politico, come abbiamo visto, Borodin non era certo un conservatore. Al contrario, egli rappresentò una delle personalità che più si impegnarono a favore della modernizzazione della cultura e della società russa. Tuttavia, la sua formazione, il suo illuminismo venato di socialismo, gli impedivano di sposare senza riserve la causa del liberismo economico, che tanti seguaci stava raccogliendo in Europa. Egli temeva un appiattimento della scienza alle esigenze dell'industrializzazione. E ciò che vide nei laboratori tedeschi e francesi probabilmente non lo rassicurò in questo senso. Non c'è dubbio che l'Italia, come la Russia, fosse in ritardo rispetto allo sviluppo economico e industriale delle più importanti nazioni europee. Questo sicuramente non era un fatto positivo. Tuttavia, un laboratorio ben attrezzato come quello pisano poteva permettersi una libertà di ricerca che – a suo avviso – non era ormai possibile in altri contesti, seppur più avanzati. «Gli scienziati italiani», sottolineava Borodin, «ancora non si sono abituati a quel sistema di sfruttamento che riporta la scienza al livello di artigianato».[50]

L'Italia e la Russia si trovavano per certi versi in una condizione privilegiata rispetto alle altre potenze europee. Esse, infatti, proprio a causa del loro ritardo, avevano la possibilità di impostare in maniera diversa e migliore il rapporto fra scienza, tecnologia ed economia. È significativo come, non molto tempo prima, il vecchio Avogadro si fosse posto gli stessi interrogativi a proposito della situazione del Regno di Sardegna, intuendo sia le potenzialità che i rischi dei recenti sviluppi della ricerca scientifica europea.[51]

Firenze, Olschki, 1994, pp. 268-271; 302-303. A Pisa Piria pose le basi per la costituzione di una scuola di chimica nazionale, accogliendo presso il suo laboratorio Cesare Bertagnini e Stanislao Cannizzaro. Nel 1856 Piria si trasferì a Torino e la cattedra pisana venne assegnata a Bertagnini (che purtroppo morì nel dicembre del 1857 a soli trenta anni). Nello stesso anno Cannizzaro ottenne la cattedra di Genova. Per un esame accurato di queste vicende si rimanda a L. CERRUTI, «*Concordia Discors*» cit., pp. 40-41. Sulla chimica italiana nell'età del Risorgimento si veda anche A. DI MEO (a cura di), *Storia della chimica in Italia*, Roma, Vignola, 1996.

[49] S.A. DIANIN, *Aleksandr Porfirevič Borodin. Biografia* cit., p. 365.

[50] *Ibidem*.

[51] Cfr. sull'argomento M. CIARDI, *La fine dei privilegi. Scienze fisiche, tecnologia ed istituzioni scientifiche sabaude nel Risorgimento*, Firenze, Olschki, 1999.

A Pisa Borodin dette l'avvio ad una serie di interessanti ricerche sui fluoruri:

> Avendo scoperto nel laboratorio una rara riserva di recipienti di platino, abbandonai subito i miei lavori analitici e, sfruttando la felice occasione, intrapresi un serio lavoro sulle combinazioni di fluoro, mai affrontato prima per mancanza di mezzi. Queste combinazioni sono molto interessanti e poco studiate. La causa è nella capacità delle combinazioni di fluoro entrare in reazione con quasi tutte le sostanze, così da corrodere i recipienti di vetro e di porcellana, provocando ad ogni passo delle duplici combinazioni che ostruiscono al massimo la depurazione e l'analisi dei prodotti di fluoro. È possibile effettuare simili lavori esclusivamente in recipienti di platino, il cui acquisto è molto caro ed è accessibile a pochi. Tutto ciò spiega come mai le combinazioni di fluoro finora sono state poco studiate, nonostante siano di enorme interesse per la scienza.[52]

Nel corso del 1862 Borodin pubblicò i risultati delle sue ricerche in italiano su «Il Nuovo Cimento», la rivista scientifica fondata da Piria e da Carlo Matteucci nel 1855.[53] Nell'articolo Borodin dichiarava esplicitamente che le sue analisi erano fondate sulle «dottrine della teoria molecolare il di cui ultimo sviluppo è dovuto principalmente alle considerazioni ingegnose del Prof. Cannizzaro».[54] Nello stesso numero della rivista apparvero altre due brevi note di Borodin dedicate rispettivamente allo studio del benzile e all'azione dello zincoetile sul cloroidoforme.[55] Nella prima delle due, Borodin ringraziò pubblicamente, oltre a De Luca, anche l'altro professore pisano di chimica, Paolo Tassinari,[56] con il quale strinse ottimi rapporti: «Queste ricerche e quelle relative ai fluoruri sono state fatte nel Laboratorio di chimica dell'Università di Pisa. Io mi sento felicissimo avendo qui l'occasione di ringraziare vivamente i signori Professori De Luca e Tassinari, che ebbero la gentilezza di mettere a mia disposizione il loro Laboratorio».[57]

In Toscana Borodin trovò dunque un ambiente estremamente favorevole per sviluppare le sue attività di ricerca.[58] In breve tempo le sue perplessità sullo stato della scienza italiana scomparvero: «Come tutti noi», si legge nel rapporto del 1863, «anch'io ero prevenuto nei confronti delle università italiane».[59] Il giudizio di

[52] S.A. DIANIN, *Aleksandr Porfirevič Borodin. Biografia* cit., p. 365.

[53] A.P. BORODIN, *Fatti per servire alla storia de' fluoruri*, «Il Nuovo Cimento. Giornale di Fisica, Chimica e Storia Naturale», XV, 1862, pp. 305-314. L'articolo era scritto in un ottimo italiano.

[54] *Ivi*, p. 306.

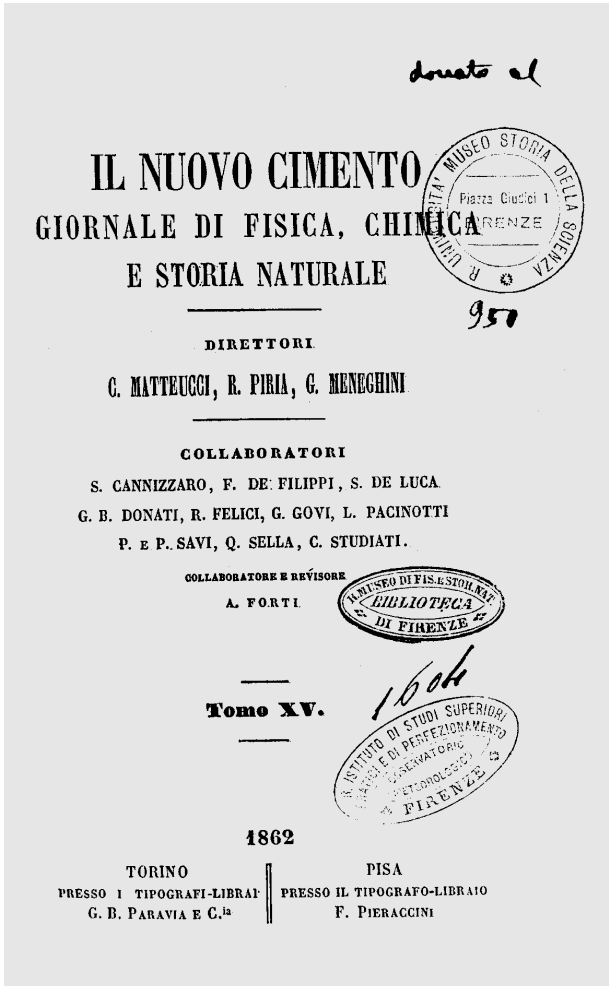
[55] A.P. BORODIN, *Fatti per servire alla storia di benzile*, «Il Nuovo Cimento. Giornale di Fisica, Chimica e Storia Naturale», XV, 1862, pp. 314-315; ID., *Sull'azione dello zincoetile sul cloroidoforme*, *ivi*, pp. 316-319.

[56] Tassinari, dopo aver frequentato il laboratorio pisano di Piria, aveva seguito il maestro a Torino, per poi trasferirsi a Bologna, dove fu prima direttore della Zecca e poi docente di chimica mineralogica e analitica presso l'Università. Giunse a Pisa nel novembre del 1861 come professore di chimica organica; cfr. L. CERRUTI, «*Concordia Discors*» cit., p. 47.

[57] A.P. BORODIN, *Fatti per servire alla storia di benzile* cit., p. 315.

[58] Naturalmente Borodin non tralasciò di coltivare l'attività musicale; cfr., oltre DIANIN, G. FOCHI, *Il segreto della chimica* cit.

[59] S.A. DIANIN, *Aleksandr Porfirevič Borodin. Biografia* cit., p. 365.



donato al

R. UNIVERSITÀ MUSEO STORIA DELLA SCIENZA
Piazza Giudici 1
FIRENZE
951

IL NUOVO CIMENTO
GIORNALE DI FISICA, CHIMICA E STORIA NATURALE

DIRETTORI

C. MATTEUCCI, R. PIRIA, G. MENEGHINI

COLLABORATORI

S. CANNIZZARO, F. DE FILIPPI, S. DE LUCA
G. B. DONATI, R. FELICI, G. GOVI, L. PACINOTTI
P. E P. SAVI, Q. SELLA, C. STUDIATI.

COLLABORATORE E REVISORE
A. FORTI

R. MUSEO DI FIS. E STORIA NAT. BIBLIOTECA DI FIRENZE
1604
R. ISTITUTO DI STUDI SUPERIORI PRATICI E DI PERFEZIONAMENTO OSSERVATORIO METEOROLOGICO FIRENZE

Tomo XV.

1862

TORINO
PRESSO I TIPOGRAFI-LIBRAI
G. B. PARAVIA E C.ia

PISA
PRESSO IL TIPOGRAFO-LIBRAIO
F. PIERACCINI

FATTI PER SERVIRE ALLA STORIA DE' FLUORURI;
PER A. BORODIN.

Il fluore è uno degli elementi, che offre le più grandi particolarità ne' caratteri fisici e chimici de' suoi composti. Ciò si osserva specialmente per l'acido idrofluorico, il quale possiede una straordinaria tendenza ad unirsi a tutti gli altri fluoruri minerali. Cogli uni, come i fluoruri metallici, esso forma de' sali acidi; cogli altri, come il fluoruro di silicio o di boro, forma acidi energici.

Alcuni de' sali acidi sono dotati di una stabilità così grande che talvolta occorre la temperatura del calor rosso per scacciare le ultime traccie dell'acido idrofluorico.

Tutti i fluoruri minerali, godono pure della proprietà di unirsi tra loro o cogli altri sali per formare sali doppi con tanta facilità che talvolta è molto difficile di ottenere un fluoruro puro per via della doppia scomposizione. Questa proprietà deve dipendere unicamente dalla funzione chimica del fluore, perchè si osserva senza eccezione in tutti i fluoruri minerali, qualunque sia l'atomicità e la natura dell'altro elemento combinato al fluore; così questa proprietà è manifestissima ne' fluoruri a elementi monoatomi, tali che H, K, Na ec. di cui i cloruri, nitrati ec. per esempio, non hanno punto tale tendenza ad unirsi. Se i cloruri, bromuri e ioduri monoatomici si uniscono a certi altri composti, ciò dipende al solito dalla natura poliatomica di questi ultimi. Le combinazioni tra i cloruri, bromuri e ioduri monoatomici, sono rarissime, si formano più o meno difficilmente e sono per lo più instabili.

I cloruri metallici che hanno *in se stessi* la tendenza a formare composti doppi, devono sempre questa proprietà alla natura poliatomica del metallo; tali sono i cloruri di platino, mercurio ec.

Il fluoruro di potassio offre ancora un'altra particolarità: esso possiede una reazione fortemente alcalina. Berzelius asse-

Volume de «Il Nuovo Cimento» in cui furono pubblicati gli articoli di Borodin.

Borodin richiama alla mente quello espresso a suo tempo da Herzen, che in una lettera del gennaio 1848 allo storico Granovskij scriveva: «Noi non conoscevamo l'Italia. Sul conto suo ci siamo sbagliati a suo svantaggio, così come abbiamo errato nei nostri conti a favore della Francia».[60] Già abbiamo detto dell'influenza di Herzen sul pensiero di Borodin e di Mendeleev. L'intellettuale russo visse di persona gli avvenimenti rivoluzionari del 1848 in Italia, ricavandone un'impressione estremamente positiva. L'Italia non era affatto un paese decadente, vittima del suo passato, ma una terra ricca di energia e di risorse. E non poche erano le similitudini riscontrabili tra l'Italia e la Russia:

> In nessun altro luogo ho visto la povertà e il gravoso lavoro passare impunemente sul viso degli uomini quanto in Italia e in Russia, nulla guastando dei loro tratti generosi e animosi. In popoli simili sta un pensiero nascosto, o per meglio dire, una forza intatta, da loro stessi finora incompresa, che dà loro la possibilità di sopportare le sventure più rovinose e persino la servitù.[61]

Numerose voci in Russia, a metà degli anni '50 dell'Ottocento, sulla scia della lezione di Herzen, esaltarono la nascita di una nuova e viva cultura italiana (anche scientifica), proiettata verso il futuro e non soltanto ancorata al passato.[62]

A Pisa, perciò, Borodin non ebbe modo soltanto di frequentare un ambiente ideale di lavoro, ma venne in contatto con una nascente scuola di chimica nazionale, che si stava costruendo in un modo non troppo diverso da quella del suo paese. Piria in Italia, Zinin in Russia erano i padri fondatori di queste scuole: Borodin, Mendeleev, Sečenov, De Luca, Tassinari, Cannizzaro, i giovani e brillanti allievi. Entrambe le scuole avevano dimostrato di poter tranquillamente competere, grazie ai risultati ottenuti, con le tradizioni di ricerca più avanzate in Europa. Ma a Pisa Borodin trovò anche chimici che come quelli russi erano impegnati politicamente e socialmente. Ed erano impegnati dalla stessa parte, quella democratica più che quella liberale, quella a favore di grandi riforme sociali, più che quella che affidava soltanto all'avvento del liberismo economico le speranze di crescita e di progresso della società.[63]

Anche sotto questo profilo la convergenza con i chimici italiani era notevole: nel 1848, Piria e Bertagnini avevano fatto parte, rispettivamente nelle vesti di capitano e soldato, del celebre battaglione universitario che aveva partecipato alla battaglia di Curtatone e Montanara; De Luca aveva preso parte ai moti in Calabria e per questo motivo era stato condannato in contumacia a diciannove anni di reclu-

[60] Cit. in F. VENTURI, *L'Italia fuori d'Italia*, in *Storia d'Italia. Dal primo Settecento all'Unità*, vol. VIII, Torino, Einaudi, 1974, p. 1310.

[61] *Ivi*, p. 1313.

[62] *Ivi*, p. 1404.

[63] Nella lettera scritta alla madre che descriveva il viaggio in Italia assieme a Mendeleev, Borodin ebbe modo di scrivere: «Noi, come spetta ai veri democratici, viaggiamo, si capisce, in seconda classe e naturalmente siamo avvantaggiati: abbiamo una compagnia molto allegra»; S.A. DIANIN, *Aleksandr Porfirevič Borodin. Biografia* cit., p. 358.

sione; Cannizzaro aveva contribuito attivamente alla rivoluzione siciliana e probabilmente aveva partecipato anche alla preparazione della spedizione dei Mille.[64]

In ogni caso, anche al di là delle diversità che potevano animare nel nostro paese l'azione liberale rispetto a quella democratica, con l'avvento di Alessandro II l'Italia e, in particolare, il Regno di Sardegna, divennero per la classe riformista russa un importante punto di riferimento. Come avrebbe scritto il memorialista Panteleev, in Russia verso la fine degli anni '50 «di colpo tutti si misero a parlare di Cavour, di cui quasi nessuno aveva mai sentito parlare prima, e di Garibaldi, del tutto ignoto fino a quel momento».[65] Dal suo esilio di Londra anche Herzen, pur con riluttanza, prese posizione (staccandosi così dall'amico Mazzini) a favore della guerra dei Savoia contro l'Austria.

In un discorso tenuto a Pietroburgo nel 1861 Michelangelo Pinto avrebbe sostenuto esplicitamente il parallelo tra la conclusione del Risorgimento italiano e l'emancipazione dei servi della gleba, sostanzialmente qualificabile come il «risorgimento russo». Pinto era stato uno dei più vivaci giornalisti presenti a Roma nel 1848, nonché inviato della repubblica mazziniana a Torino e in Svizzera. Fu proprio Herzen, non a caso, a facilitare la sua nomina come professore di letteratura italiana a San Pietroburgo.

Dopo aver alloggiato a Firenze, durante le vacanze di Pasqua, ed aver trascorso il periodo estivo a Viareggio, Borodin e la fidanzata rientrarono a San Pietroburgo nel settembre del 1862.

Nel corso del soggiorno pisano Borodin non ebbe l'occasione di incontrare Cannizzaro. Il chimico siciliano, infatti, si era trasferito definitivamente a Palermo a partire dal novembre 1861. Grazie a Tassinari, comunque, non mancò di far giungere i suoi saluti al collega conosciuto in Germania: «Ha lavorato qui a Pisa tutto quest'anno certo A. Borodin, chimico russo che ti ha conosciuto al Congresso di Germania e sapendo che ti scrivo mi prega di salutarti» (lettera di Tassinari a Cannizzaro del 15 o 19 giugno 1862).[66]

È indubbio che l'intera comunità chimica russa che aveva lavorato in Europa tra il 1859 ed il 1862 rientrò in patria con la convinzione di aver trovato nell'opera di Cannizzaro un fondamentale punto di riferimento per lo sviluppo della teoria chimica sugli elementi. I risultati raggiunti da Mendeleev nel 1869 sulla periodicità degli elementi possono dunque essere meglio compresi se inseriti ed analizzati nel più ampio contesto della storia della chimica russa del decennio 1859-1869.[67] Ulte-

[64] Cfr. L. PAOLONI (a cura di), *Lettere a Stanislao Cannizzaro. Scritti e carteggi, 1857-1862* cit., pp. 18-20; L. CERRUTI, «*Concordia Discors*» cit., p. 43.

[65] F. VENTURI, *L'Italia fuori d'Italia* cit., p. 1463. Sulle simpatie garibaldine di Borodin, cfr. S.A. DIANIN, *Aleksandr Porfirevič Borodin. Biografia* cit., p. 64.

[66] L. PAOLONI (a cura di), *Lettere a Stanislao Cannizzaro. Scritti e carteggi, 1857-1862* cit., p. 252.

[67] Cfr. ad esempio l'incoraggiamento di Borodin a Mendeleev, affinché finalmente completasse la redazione dei suoi *Principi di chimica* (*Osnovyi khimii*); cit. in N.M. BROOKS, *Dmitrii Mendeleev's Principles of Chemistry* cit., p. 301.

riori approfonditi studi andranno realizzati in questa direzione. E la figura di Borodin non potrà certo restarne esclusa. Nonostante proprio con il suo rientro in Russia inizi a dar vita alla sua produzione musicale più importante, Borodin, continuerà a coltivare con particolare attenzione sia la ricerca chimica che la didattica. Ecco come Rimskij-Korsakov ricordava uno dei suoi tipici incontri con Borodin:

> Molto spesso arrivando da lui lo trovavo al lavoro nel suo laboratorio situato accanto al suo appartamento; dopo aver finito di lavorare mi accompagnava nel suo appartamento e ci dedicavamo all'attività musicale o alla conversazione. Nel mezzo di tutto ciò egli correva di nuovo nel laboratorio per vedere se qualcosa non bruciasse o non bollisse troppo; il corridoio durante le sue corse si riempiva di successioni di intervalli di nona o di settima.[68]

Riassunto – Scienza e musica sono sempre state in strette collegamento fra di loro, seppur con modalità assai differenziate. In ogni caso, non deve risultare particolarmente sorprendente il fatto che importanti musicisti si siano attivamente impegnati nella ricerca chimica. Il saggio prende in esame il caso di Aleksandr Porfirievič Borodin, con specifico riferimento agli anni 1855-1862. In questo periodo, infatti, in Italia ed in Russia prese l'avvio un processo di formazione e di professionalizzazione di una comunità chimica nazionale. La vita e la carriera scientifica di Borodin sono in grado di mostrarci nuovi punti di vista relativi al rapporto che si instaurò, durante la metà dell'Ottocento, fra comunità chimica russa e quella italiana.

[68] Cit. in *Aleksandr Borodin. Musicista e scienziato, 1887-1997* cit., p. 32.

PAOLO BENSI*

La chimica e le tecniche pittoriche del XIX secolo**

Chemistry and painting techniques in the 19th century

Summary – The influence of chemistry on painting during the 19th century ranges among three kinds of interactions: the scientific analysis of the works of the past; the contribution to restoration techniques and the influence on the making of paintings. Especially in the first decades of the 19th century the art field, as well as the scientific field, went together, though afterwards the relationships between the two disciplines turned into a more technological dimension. This is to say that chemistry provided many materials for painters' activity, offering new tools for visual expression, but at the same time, it introduced new industrial procedures in a hitherto mainly handcrafted fields. Artists reacted to this new range of possibilities with a blend of enthusiasm and nuisance, also because of the relatively low reliability of many new materials.

Prima di affrontare i rapporti tra scienze chimiche e pittura è necessario ricordare, anche se esula dal mio intervento in questa sede, che nell'Ottocento si è creato un campo fertilissimo di interazione tra chimica, fisica ed attività artistica con la scoperta della fotografia, che è stata vista con interesse ed entusiasmo da una parte degli artisti e con fastidio e preoccupazione da parte di chi pensava che la nuova tecnica sarebbe stata «la fine dell'arte». Molti pittori divennero anche fotografi e l'interazione tra i due campi è dimostrata anche dal noto episodio della prima mostra degli Impressionisti ospitata nel 1874 nello studio parigino del celebre fotografo Nadar.[1]

* Seconda Università di Napoli.

** Relazione presentata al X Convegno Nazionale di «Storia e Fondamenti della Chimica» (Pavia, 22-25 ottobre 2003).

[1] Cfr. almeno S. PORRETTA, *L'occhio e l'obiettivo: chi influenza chi?*, in S. BORDINI (a cura di), *L'occhio, la mano e la macchina. Pratiche artistiche dell'Ottocento*, Roma, Lithos, 1999, pp. 113-145 (in particolare pp. 121-122); S. BORDINI, *L'Ottocento*, Roma, Carocci, 2002, pp. 68-70.

Tornando al tema del mio contributo nel XIX secolo vi sono state fondamentalmente tre possibilità di intefaccia tra la chimica e la pittura: le analisi sui dipinti rivolte allo studio delle tecniche esecutive; le analisi sullo stato di conservazione delle opere e le consulenze nel campo del restauro; le interazioni con il momento creativo ed esecutivo dei dipinti, settore di cui mi occuperò specificatamente. In realtà le tre possibilità, ed in particolare le prime due, si sono strettamente intrecciate tra loro. Mi sono già occupato in sedi analoghe a questa di chimici ottocenteschi che hanno portato contributi ai primi due settori, tuttavia non è inutile ricordare alcuni scienziati che hanno studiato dipinti di epoca romana o medievale come Chaptal, Davy, Giuseppe Branchi, Pietro Petrini, Giuseppe Gazzeri, Antonio De Kramer o che si sono occupati a vario titolo di restauro come De Morveau, Berthollet, Thènard, Giovanni Fabbroni, Nicola Coviello, Giuseppe Zeni (che operò in prima persona nella conservazione), Liebig, Pettenkofer (anch'egli restauratore), Francesco Filippuzzi, Carlo Cerato, Paolo Tassinari, Giovanni Bizio, Schiff, Cannizzaro, Pietro Spica, Emilio Bechi.[2]

Per quanto riguarda l'aspetto creativo ed operativo sarebbe fondamentale cogliere le interazioni concettuali e non soltanto tecnologiche tra il settore scientifico e quello artistico, che si può intravvedere in maniera più diretta soprattutto nei primi decenni del secolo. Scrive Oliver Sachs: «Ai primi dell'Ottocento l'unità delle due culture esisteva ancora […] c'era una grande voglia di chimica; si credeva che fosse un modo nuovo e potente (ma non arrogante) non solo per comprendere il mondo ma anche per guidarlo verso una condizione migliore […] Davy pareva incarnare questo ottimismo, capace com'era di cavalcare la cresta di una nuova grande onda di potere scientifico e tecnologico che prometteva, o minacciava, di trasformare il mondo». Davy era amico di poeti come Coleridge, mentre altri letterati come Keats e più tardi Eliot inseriranno metafore chimiche nelle loro opere; le conferenze del grande scienziato furono seguite con bruciante interesse da Mary

[2] Le ricerche in questo campo partono dal pionieristico studio di I. GUARESCHI, *Sui colori degli antichi. Parte II. Dal secolo XV al XIX*, «Supplemento Annuale della Enciclopedia di Chimica Scientifica ed Industriale», XXIII, 1906-1907, pp. 331-461 (in particolare pp. 452-461). Si veda inoltre P. BENSI, *Scienziati e restauratori nell'Italia dell'Ottocento. Una difficile convivenza*, in *Giovanni Secco Suardo. La cultura del restauro tra tutela e conservazione dell'opera d'arte. Atti del convegno internazionale di studi (Bergamo, 9-11 marzo 1995)*, «Bollettino d'Arte del Ministero per i Beni Culturali e Ambientali», supplemento al n. 98 (1996), pp. 25-32; ID., *Un pioniere delle analisi scientifiche sulle opere d'arte nella Milano dell'Ottocento: Antonio De Kramer*, in F. CALASCIBETTA (a cura di), *Atti del VII Convegno Nazionale di Storia e Fondamenti della Chimica* (L'Aquila, 8-11 ottobre 1997), Roma, Accademia Nazionale delle Scienze, 1997, pp. 209-217; ID., *Francesco Filippuzzi e il restauro della Cappella degli Scrovegni a Padova*, in A. BASSANI (a cura di), *La chimica e le tecnologie chimiche nel Veneto dell'Ottocento. Atti del seminario* (Venezia, 9-10 ottobre 1998), Venezia, Istituto Veneto di Scienze, Lettere ed Arti, 2001, pp. 175-183; C. KÖSTER, *Sul restauro degli antichi dipinti ad olio,* a cura di G. Perusini, Udine, Forum, 2001, pp. 58-61, 112-113; P. BENSI, *Storia della diagnostica e appunti di chimica nelle vicende del metodo Pettenkofer in Italia*, in G. PERUSINI (a cura di), *Il restauro dei dipinti nel secondo Ottocento. Giuseppe Uberto Valentinis e il metodo Pettenkofer, Atti del convegno di studi* (Udine-Tricesimo, 16-17 novembre 2001), Udine, Forum, 2002, pp. 29-46.

Shelley, che pone nelle prime pagine di *Frankenstein* il celebre appassionato elogio della chimica: «questi filosofi … sono penetrati nei recessi della natura e hanno reso noto il suo intimo lavorìo […] hanno individuato la natura dell'aria che respiriamo; hanno conquistato poteri nuovi e quasi illimitati; possono comandare ai fulmini […] prendersi gioco del mondo invisibile con tutte le sue ombre». In Germania il pittore Carl Gustav Carus, studioso di botanica e geologia, scriveva: «L'uomo risulta anche sotto questo aspetto un tutto e la scienza e l'arte, sebbene separate dall'intelletto, non possono mai esserlo completamente nella realtà».[3]

Che una osmosi tra le due culture fosse possibile in quegli anni è testimoniato anche da fonti italiane: Leopoldo Cicognara, presidente dell'Accademia di Belle Arti di Venezia, indica nel 1818 tra le circostanze che favorirono il risorgere delle arti «la pila di Volta, il freddo artifiziale, le indagini dei colori, la chimica tutta applicata alle arti».

Artisti e letterati ritengono che le scienze chimiche debbano svolgere un ruolo di spicco nell'educazione dei giovani pittori: Carlo Verri, fratello di Pietro e Alessandro, dedica nel 1814 un capitolo alle caratteristiche e agli aspetti conservativi dei colori nel *Suo saggio elementare sul disegno*.[4] In tal senso si esprime anche Michele Ridolfi, pittore e restauratore ma anche responsabile di una piccola fabbrica di colori a Lucca «Sarà cosa sommamente lodevole se il giovane … prenderà un'idea di quella parte della chimica che riguarda i colori; e ciò non solamente per imparare a conoscere i processi materiali dei diversi generi di pittura, ma anche per potere all'uopo fabbricare da per sé quei colori e quelle vernici … che alcune volte per malafede o soverchio amor di guadagno i venditori falsificano o alterano». In questo brano vediamo emergere uno dei tasti dolenti nei rapporti tra pittura e chimica nell'Ottocento, la preoccupazione per la cattiva qualità delle nuove materie coloranti e per le potenziali frodi commerciali.

Ridolfi aveva tentato di risolvere il problema riunendo in sé le figure del produttore e dell'artista, come farà in Francia J. Merimée, pittore attivo tra il 1790 e il 1800, passato nel 1802 ad occuparsi di chimica industriale (pubblicherà nel 1830 il trattato *De la peinture à l'huile*).

Ancora nel 1838 Tommaseo (*Della bellezza educatrice*) auspicava che «il chimico, il meccanico si dessero a tentare … nuove misture di sostanza coloranti, nuove leghe di metalli».[5]

[3] O. Sachs, *Zio Tungsteno. Ricordi di un'infanzia chimica* (2001), Milano, Adelphi, 2002, pp. 147-148 (da cui è tratta la citazione) e 368; M. Shelley, *Frankenstein ovvero il Prometeo moderno*, introduzione di M. Praz, Milano, Rizzoli, 1994, p. 20; C. Carus, *Nove lettere sulla pittura di paesaggio, scritte tra il 1815 e il 1824*, Liepzig, 1831, citato in Bordini, *L'Ottocento* cit., pp. 259-263 (in particolare p. 261).

[4] L. Cicognara, *Storia della scultura*, Venezia, 1813-1818, citato in P. Barocchi, *Storia moderna dell'arte in Italia, I. Dai Neoclassici ai Puristi, 1780-1861*, Torino, Einaudi, 1998, pp. 164-177 (in particolare p. 170); S. Bordini, *Materia e immagine. Fonti sulle tecniche della pittura*, Roma, Leonardo-De Luca, 1991, p. 201 (Carlo Verri).

[5] M. Ridolfi, *Scritti d'arte e d'antichità*, Firenze, 1879, p. xviii: è citata la produzione di colori

Numerosi pigmenti, così tanto e da tanti invocati, vengono in effetti scoperti e prodotti grazie alle ricerche dei chimici nella prima metà dell'Ottocento: l'oltremare artificiale preparato da Guimet dal 1828 sostituisce il prezioso lapislazuli naturale, mentre Thénard introduce l'alluminato di cobalto (*blu cobalto*), molto resistente. Si diffondono dalla fine del Settecento i verdi a base di rame e arsenico, poco stabili e notevolmente tossici (saranno abbandonati all'inizio del Novecento); prendono sempre più campo i composti del cromo, come il verde di ossido di cromo, diffuso ancora oggi, il *giallo di cromo* (cromato di piombo, molto amato da Van Gogh ma poco stabile) e il *giallo di bario* (cromato di bario). Un giallo di buon potere coprente, colore intenso ed efficace resistenza si ha dal 1845 con il giallo di cadmio (solfuro di cadmio).[6]

Un caso particolare è costituito dal bianco di ossido di zinco, proposto già nel 1782 da Guyton de Morveau per ovviare ai gravissimi rischi per la salute di chi fabbricava e utilizzava la biacca (carbonato basico di piombo). Nonostante la sua innocuità il bianco di zinco stentò ad imporsi nell'Ottocento perché molto meno coprente e di resa minore rispetto alla biacca: il chimico padovano Francesco Filippuzzi (che supervisionò negli anni Sessanta il restauro degli affreschi di Giotto nella Cappella degli Scrovegni) affrontò la questione nella propria tesi di laurea, dove notiamo ancora un vivo elogio dei fruttuosi rapporti tra scienza ed arte: «la fisica e […] la chimica vennero a dirigere le operazioni dell'artefice e del manifattore. Fu bello questo affratellamento della scienza con l'arte e […] sorgente di nuova gloria per entrambe».[7]

Il bianco di bario (solfato di bario) poco coprente non ottiene molto successo come pigmento, però compare come componente di preparazioni chiare, spalmate sulle tele come base per la stesura dei colori: in Italia il primo caso noto, comprovato da analisi scientifiche, è l'*Antigone* di Giuseppe Diotti (Bergamo, Accademia Carrara, intorno al 1840).[8]

da parte dell'artista: il brano riportato è tratto da M. RIDOLFI, *Sull'insegnamento della pittura. Ragionamento letto alla R. Accademia di Lucca il 20 agosto 1836*, citato in F. MAZZOCCA (a cura di), *Scritti d'arte del primo Ottocento*, Milano-Napoli, Ricciardi, 1998, pp. 294-295. Su Merimée cfr. GUARESCHI, *op. cit.*, pp. 459-460; BORDINI, *Materia* cit., pp. 210-211. Il brano di Tommaseo, tratto da N. TOMMASEO, *Della bellezza educatrice. Pensieri*, Venezia, 1838, è citato in *Scritti d'arte* cit., p. 169.

[6] Per ulteriori notizie sui pigmenti introdotti nell'Ottocento: P. BENSI, *Materiali e procedimenti della pittura italiana tra Ottocento e Novecento*, «Ricerche di Storia dell'Arte», 24, 1984, pp. 75-81; F. SALVETTI (a cura di), *La fabbrica dei colori, pigmenti e coloranti nella pittura e nella tintura*, Roma, Il Bagatto, 1986; D. BOMFORD, J. KIRBY, J. LEIGHTON, A. ROY, *Art in the Making. Impressionism*, Catalogo della mostra, London, National Gallery Pubblications, 1990, pp. 55-66.

[7] La citazione è tratta da F. FILIPPUZZI, *Della sostituzione dell'ossido di zinco al carbonato di piombo nella pittura ad olio* (…) *Tesi inaugurale per conseguire la laurea in chimica*, Padova, 1852, p. 3; cfr. anche BENSI, *Francesco Filippuzzi* cit., pp. 176-177.

[8] Cfr. D. BOMFORD ET AL., *op. cit.*, p. 48. I risultati delle analisi chimico-fisiche del dipinto sono riportate in A. GALLONE, *Analisi del colore*, in *Restauro. Giuseppe Diotti, Antigone*, catalogo della mostra a cura di F. Rossi, Bergamo, Accademia Carrara, 1993, pp. 44-47.

Possiamo seguire il diffondersi dei nuovi materiali nel nostro paese attraverso diverse testimonianze. Il farmacista romano Lorenzo Marcucci pubblica nel 1813 il *Saggio analitico chimico sopra i colori minerali*, con una nota del celebre restauratore Pietro Palmaroli, aggiornato panorama dei colori disponibili sul mercato, pieno di fiducia sulle possibilità offerte dalla chimica alle tecniche pittoriche: «la chimica, che tanto lume ha sparso, non ne recherà di minori alla bell'arte del dipingere, facendoci conoscere i colori che la natura ci offre […] e dirigendo la mano del chimico … intento a perfezzionarli o formarne di nuovi».[9]

Numerose informazioni ci pervengono dagli Atti delle Esposizioni Biennali d'Industria di Milano e Venezia, vetrina aperta anche sui materiali e sugli strumenti delle Belle Arti. Così vengono presentati a Milano nel 1810 campioni di «tela ammannita con gomma elastica» (o caucciù), citata anche nel testo di Marcucci, procedimento che non avrà molto seguito ma che con l'utilizzo di polimeri naturali apre la strada all'ingresso di polimeri artificiali e successivamente sintetici.

Bartolomeo Bizio, prima degli studi sulla porpora dei murici che lo renderanno famoso, propone a Venezia (1821 e 1823) degli olii di lino (i più usati in pittura) non soggetti ad ingiallimento, un difetto noto da secoli: limitare l'ingiallimento significava però intervenire sul processo di polimerizzazione dell'olio e quindi sulle proprietà di completo e rapido essiccamento del legante, con conseguenze possibili ancora peggiori. Nel 1825 compare a Milano l'azzurro di cobalto, nel 1827 il giallo di cromo a Venezia, dove non casualmente il presidente della Commissione per l'assegnazione dei premi – il medico Francesco Aglietti, amico di Canova, Cicognara, Brugnatelli – auspicava la collaborazione delle Arti Meccaniche nella sperimentazione di nuovi colori, degni di gareggiare con quelli che «impastati dal genio sulle tavolozze di Bellino, Tiziano, Giorgione … le più belle, le più vive … imitazioni della natura ne affigurarono».[10] Grazie ad un documento che ho avuto l'opportunità di pubblicare anni fa – l'inventario del negozio del mercante di colori romano Angelo Mattei – conosciamo le disponibilità nel 1847 di pigmenti sia tradizionali che innovativi: tra questi ultimi notiamo il blu di cobalto, l'oltremare artificiale, il «verde di cromo» (qui probabilmente una miscela di giallo di cromo e blu di Prussia), giallo di cromo, bianco di bario, «gomma elastica». Purtroppo il riscontro analitico sui dipinti manca per la maggior parte della produzione italiana ottocentesca, in particolare centro-meridionale. Nell'*Antigone* di Diotti prima citata

[9] L. MARCUCCI, *Saggio analitico chimico sopra i colori minerali* (…) *con note del sig. Pietro Palmaroli restauratore di quadri antichi*, Roma 1813. BORDINI, *Materia* cit., pp. 178 (da cui è tratta la citazione), 200-201.

[10] F. MAZZOCCA, *Le Esposizioni d'Arte e Industria a Milano e Venezia (1805-1848)*, in *Istituzioni e strutture espositive in Italia*, «Quaderni del seminario di storia della critica d'arte», 1, Scuola Normale Superiore di Pisa, 1981, pp. 61-229 (il brano di Aglietti è a p. 137); A. BASSANI, *I premi d'industria di interesse chimico nel Veneto austriaco (1806-1858): un'indagine preliminare*, in F. ABBRI, M. CIARDI (a cura di), *Atti dell'VIII Convegno Nazionale di Storia e Fondamenti della Chimica* (Arezzo, 28-30 ottobre 1999), Roma, Accademia Nazionale delle Scienze, 1999, pp. 149-169.

le indagini hanno rilevato la presenza, oltre che del bario nella preparazione, di oltremare artificiale e blu di cobalto.[11]

Nel 1841 vengono brevettati i tubetti spremibili per colori, in stagno, rivoluzionando il mercato dei prodotti per artisti: anziché impastare personalmente i pigmenti in polvere con i leganti (olio, uovo, colla) i pittori acquistano un prodotto preconfezionato, di grande facilità d'uso.

Da una parte la parte meccanica del mestiere viene semplificata, avvicinando alla pittura nuove categorie, come le donne e i dilettanti: le case produttrici inglesi, francesi e tedesche, che operano su scala continentale, forniscono ogni sorta di materiali e strumenti, dai leganti alle vernici, dai pennelli alle tavolozze, tele già spalmate di preparazione standardizzate, cassette trasportabili con acquarelli o tubetti a olio per facilitare il lavoro all'aria aperta, comodità che avrà non poca influenza sullo sviluppo della pittura di paesaggio. Il tubetto stesso diventerà uno strumento espressivo, adatto a spremere paste di colore direttamente sulla tela senza passare attraverso la tavolozza: questa possibilità di creare una pittura di impasti corposi e rilevati, che richiede la spatola più che il pennello, sarà utilizzata ad esempio dal 1882 da Van Gogh e pochi anni dopo in Italia da Antonio Mancini.[12]

D'altra parte l'artista usa sempre più spesso sostanze di produzione industriale di cui non conosce la composizione e il comportamento; anche nei secoli precedenti il pittore raramente produceva personalmente i colori, ma per lunga pratica gli erano note le proprietà di materiali pressoché invariati per secoli, la macinazione dei pigmenti e la loro miscelazione con leganti, diluenti e vernici era effettuata sotto il suo diretto controllo e in base alle proprie esigenze tecniche ed estetiche.

Ora le formulazioni dei nuovi colori molto spesso sono note solo agli specialisti, mentre il pubblico deve accontentarsi dei nomi fantasiosi e altisonanti presenti sulle etichette. La macinazione meccanica, piuttosto spinta, non permette più di variarne le caratteristiche a seconda della granulometria, come avveniva con la macinazione manuale. Gli impasti nei tubetti contengono leganti e additivi (plastificanti, conservanti) di cui non vengono rivelate né la natura né le proporzioni (va detto che tutto questo si verifica ancora oggi, dietro la barriera dei brevetti e dei segreti commerciali): ad esempio per ragioni di economicità gli olii di lino e di noce nei tubetti vengono sostituiti da olio di papavero, di cartamo e da altri estratti vegetali.

Il principale punto dolente, all'origine di molte amare sorprese e di numerose

[11] P. Bensi, *L'inventario della bottega di colori di Angelo Mattei in Roma (1847)*, «Arte/Documento», 7, 1993, pp. 255-258.

[12] Sull'introduzione dei tubetti di colore: Bensi, *Materiali* cit., pp. 76-77; Bomford et al., *op. cit.*, pp. 38-41; S. Bordini, *Colori e tubetti*, in Bordini (a cura di), *L'occhio* cit., pp. 13-19. Sulle ditte di prodotti per Belle Arti: L. Fairbairn (ed.), *Paint & Painting. An exhibition and working studio sponsored by Winsor & Newton to celebrate their 150th anniversary*, London, Tate Gallery Pubblications, 1982 (la Winsor & Newton venne fondata nel 1832); Bomford et al., *op. cit.*, pp. 34-37 (la Lefranc, ora Lefranc & Bourgeois, fu fondata nel 1836).

polemiche, è la stabilità nel tempo dei nuovi prodotti: la Francia, centro per eccellenza di sperimentazioni, è un osservatorio privilegiato per cogliere gli effetti negativi ma anche positivi dell'interazione tra chimica e pittura. Nel 1811 Thénard e D'Arcet per ovviare a problemi di umidità consigliano a Antoine Gros di eseguire la decorazione della cupola di Sainte Géneviève (Panthéon) a Parigi su un intonaco idrofugo a base di olio, cera e biacca: impasti simili avranno una certa diffusione sia per usi artistici che di restauro. Grazie a ricerche di scienziati francesi vengono prodotti numerosi nuovi colori e i pittori d'Oltralpe sono tra i primi a sperimentarli; Eugéne Delacroix sfrutta nei suoi dipinti tutta la gamma cromatica disponibile, come avviene nella grande tela per la *Galleria di Apollo* al Louvre (1850), dove compaiono 28 pigmenti diversi, compresi il giallo di cadmio (da poco in commercio), il *giallo di zinco* (cromato di zinco), il bruno di ferrocianuro di rame (che avrà scarsa fortuna). Nel 1854 tuttavia annota nel diario «mentre i chimici esaltano il progresso [aumenta] la birbanteria in tutti i campi, che falsifica le materie … dei colori, degli olii, delle vernici» e tre anni più tardi scrive «tutti questi dipinti periranno prossimamente», previsione fortunatamente non avveratasi, anche se i dipinti di Delacroix mostrano sovente fenomeni di alterazione.

Nel 1855 il chimico Jules Lefort pubblica il primo testo in cui vengono affrontate su base scientifica proprietà, stabilità e tossicità dei pigmenti (*Chimie des couleurs pour la peinture*), dove viene denunciata l'abitudine dei produttori di smerciare colori di aspetto più piacevole possibile, dal prezzo più basso possibile, senza preoccuparsi della loro stabilità a lungo termine.[13]

Siamo alla vigilia di un evento che sconvolgerà il settore dei coloranti e di riflesso anche dei prodotti pittorici: nel 1856 Perkin ottiene l'anilina dal catrame e nel giro di pochi anni i nuovi materiali compaiono sulle tavolozze sotto forma di lacche, colori trasparenti ricavati sino a quel momento da estratti di piante o di insetti (come la cocciniglia), fissati su idrossido di alluminio; lacche viola e rosse dapprima – dai nomi «risorgimentali» come *Magenta* e *Solferino* – poi gialle e brune.

Dagli anni Sessanta i coloranti di sintesi conquistano posizioni significative nella pratica pittorica sia in modo esplicito sia sostituendosi ai pigmenti minerali come imitazioni a basso costo, quasi sempre non dichiarate come tali (problema di attualità sino a tempi recenti). L'ampliamento della gamma cromatica è però accompagnato da reazioni negative di fronte alla scarsa stabilità dei nuovi materiali, tanto che numerosi derivati dell'anilina verranno esclusi dal commercio negli anni successivi. Vibert, pittore con conoscenze chimiche, consulente della ditta Lefranc, scrive nella *Science de la peinture* «la scienza fornisce dei nuovi [colori] tutti i

[13] Per gli impasti idrofughi: G. MONSELISE, *Intonaco idrofugo*, in *Enciclopedia delle Arti e delle Industrie*, IV, Torino 1886, pp. 565-572; BENSI, *Francesco Filippuzzi* cit., pp. 179-180. Sull'atteggiamento di Delacroix: P. BENSI, *Delacroix e la tecnica della pittura monumentale*, «Otto Novecento. Rivista di storia dell'arte», 1-2, 1999, pp. 13-24 (in particolare pp. 20-21). Per il testo di J. LEFORT, *Chimie des couleurs pour la peinture*, Paris, 1855 cfr. BOMFORD ET AL., *op. cit.*, pp. 34-37.

giorni; disgraziatamente essa si applica a farli piuttosto brillanti che solidi. La scoperta dell'anilina […] è una vera catastrofe per l'arte» e in Italia il pittore Previati usa espressioni simili.

La chimica propone tuttavia anche nuovi composti minerali di sicura affidabilità, ancora in uso oggi, come l'*oltremare violetto* (contenente composti ammoniacali), il blu di stannato di cobalto, il verde di cromo idato, l'*aureolina* (cobaltonitrito di potassio idrato), i violetti di cobalto e di manganese – questi ultimi colmano una lacuna, perché i violetti pronti per l'uso erano sempre stati rari e venivano in genere ottenuti per mescolanze di rossi e di azzurri. Gesso e bianco di bario vengono spesso aggiunti agli impasti per ottenere sfumature più chiare ma anche per «appesantire» i colori con materiali a basso costo.[14]

I settori dove non si registrano mutamenti sostanziali rispetto al passato sono quelli dei leganti e delle vernici protettive. Nel primo caso predominano largamente per la pittura su tela gli olii e bisognerà attendere il XX secolo per vedere tale predominio insidiato dai derivati artificiali della cellulosa e successivamente dai polimeri di sintesi vinilici e soprattutto acrilici, che si faranno strada lentamente anche tra le vernici, ancora oggi in campo artistico molto spesso basate su resine naturali. Nel caso della pittura murale invece si registra l'introduzione in Germania a partire dal 1846 di leganti a base di silicati di sodio e potassio, solubili in acqua, su cui si basa la tecnica «a vetro solubile» (*Wasserglass*), usata anche per decorazioni esposte all'aria aperta.

Una novità ottocentesca sono i distillati di petrolio, essenze e benzine, che trovano impiego come diluenti degli impasti pittorici e come solventi, anche nel campo del restauro.[15]

Negli ultimi decenni del secolo le reazioni alle novità tecnologiche continuano ad essere contrastanti. Il pittore inglese W.H. Hunt, fautore di una tecnica impostata sul recupero della tradizione rinascimentale, si batte per l'introduzione del-

[14] Sull'avvento dei coloranti sintetici e la loro diffusione nel campo pittorico: F. BRUNELLO, *L'arte della tintura nella storia dell'umanità*, Vicenza, Neri Pozza, 1968, pp. 282-284, 290-298 (Brunello ricorda come nel 1869 sia stata sintetizzata l'alizarina, componente base delle lacche vegetali di garanza e nel 1880 l'indaco); J. GARFIELD, *Il malva di Perkin*, Milano, Garzanti, 2002. J-G. VIBERT, *La scienza della pittura*, traduzione e prefazione di G. Previati (titolo originale: *La science de la peinture*, Paris 1891), Milano 1893, p. 81; S. BORDINI, *Scienza, tecnica e creatività artistica negli scritti di Gaetano Previati,* «Ricerche di Storia dell'Arte», 51, 1993, pp. 40-51 (in particolare p. 45). Per i materiali entrati un uso nella seconda metà del secolo, oltre ai testi citati nella nota 6, cfr. G. PREVIATI, *La tecnica della pittura*, prefazione di E. Baj (1ª edizione, Torino 1905), Milano, Sugarco, 1990, pp. 141-187.

[15] Per l'introduzione dei leganti sintetici nella pratica artistica: P. BENSI, *La chimica e l'arte del XX secolo: nuovi materiali per una nuova espressività*, in F. ABBRI, M. CIARDI (a cura di), *Atti dell'VIII Convegno* cit., pp. 134-148. Sulle prime applicazioni dei silicati in campo artistico: G. RONCHETTI, *Pittura murale*, Milano, Hoepli, 1911, pp. 104-106; L. MORA, P. MORA, P. PHILIPPOT, *La conservazione dei dipinti murali*, (1ª edizione, *La conservation des peintures murales*, Bologna 1977), Bologna, Compositori, 2001, pp. 242-243. Per i distillati di petrolio: VIBERT, *op. cit.*, p. 113; PREVIATI, *La tecnica* cit., pp. 210-211.

l'insegnamento della chimica nelle accademie, con intenti simili a quelli di Ridolfi, utilizza colori come il verde di cobalto e il giallo di cadmio ma non esita a polemizzare pubblicamente, tra il 1870 e il 1880 con i produttori di colori, in particolare con la ditta Roberson, accusati di frode commerciale. D'altra parte gli Impressionisti, con qualche riserva da parte di Monet, e i Post-Impressionisti accolgono con entusiasmo l'allargamento della tavolozza, che spinge ai margini i toni terrosi e privilegia colori brillanti, saturi, aggressivi. Van Gogh scrive al fratello: «il cobalto è un colore divino e non c'è nulla di altrettanto bello per creare un'atmosfera intorno alle cose [...] Così per il verde smeraldo. È una pessima forma di risparmio non usare questi colori, e lo stesso può dirsi del cadmio».[16]

Sul versante più specifico di interazione concettuale tra la cultura artistica e quella scientifica si hanno ancora alcuni segni di apertura da ambo le parti. Tommaseo nella breve voce *Scienza* del *Dizionarietto morale* trova lo spazio per inserire l'esempio di un intervento diagnostico sulla provenienza del marmo della *Niobe* degli Uffizi, commentando: «Questo è un de' mille fatti che dimostrano l'impossibilità che le scienze fioriscano divise». D'altro canto Justus Liebig sottolineava come la chimica avesse sviluppato in lui la facoltà «di pensare in termini di fenomeni [ossia] richiamare nella propria mente un'immagine mentale di ciò che si vede e si ascolta, come [...] il poeta e l'artista». Come scrive Sibylle Schmitt Liebig era cresciuto in mezzo ai colori e alle vernici della drogheria del padre ed era molto interessato alle sperimentazioni di tecniche pittoriche: la facciata del suo laboratorio monacense, contiguo alla sede dell'Accademia di Belle Arti, era stata decorata nel 1852 dal pittore Löffler utilizzando leganti a base di silicati, da poco introdotti sul mercato, con la supervisione di Max von Pettenkofer, collaboratore di Liebig. Pettenkofer è un esempio di chimico direttamente impegnato nel campo del restauro, avendo ideato in quegli anni un particolare metodo di pulitura dei dipinti che ebbe molta fortuna nell'Ottocento, suscitando però anche forti critiche, tanto da essere successivamente abbandonato.

Di segno opposto, di forte chiusura, sono le osservazioni del restauratore Giovanni Secco Suardo nel suo *Manuale di restauro* (1866) – che pure mostra in più punti interesse per una collaborazione con le discipline scientifiche – a proposito di Chevreul «fece come tutti i chimici [...] trattò della pittura ad olio in astratto, non della pittura artistica» e ancora «le sue esperienze potranno giovare alle scienze, di nessun giovamento sono all'arte».[17]

[16] Per le iniziative di Hunt: S. RINALDI, *Da Hayez a Sartorio, passando per Nino Costa. Tecniche pittoriche a confronto*, in RINALDI (a cura di), *L'occhio* cit., pp. 100-111. Per le reazioni di Impressionisti e Post-Impressionisti: BOMFORD ET AL., *op. cit.*, pp. 55-66; *Vincent Van Gogh. Lettere a Theo sulla pittura*, a cura di T. Giannotti, Milano, Editori Associati, 1994, pp. 97-98 (lettera del 28 dicembre 1885).

[17] N. TOMMASEO, *Dizionarietto morale*, Firenze, 1867, pp. 207-208. La citazione, tratta dalla *Autobiografia* di Liebig, è riportata in SACHS, *op. cit.*, pp. 386-369; per l'attività di Pettenkofer e l'interesse di Leibig per la pittura: S. SCHMITT, *Das Pettenkofersche Regenerationsvefahren. Eine Studie zur Geschichte einer Methode un ihren Auswikungen*, «Zeitschrift für Kunsttechnologie und Konser-

La figura di Chevreul ci porta verso un momento molto significativo per i rapporti tra scienza e pittura alla fine del secolo, che coinvolge gli esponenti del movimento denominato *Pointillisme* (o Neo-Impressionismo) in Francia (come Seurat e Signac) e Divisionismo in Italia, che mostrano però un grande interesse per le discipline fisiche più che per quelle chimiche. Alla base delle tecniche divisioniste, che prevedono la ricerca della luminosità più intensa attraverso la giustapposizione di tocchi di colore complementari puri, vi sono infatti le ricerche sulla natura e la percezione del colore di Chevreul, Maxwell, Helmholtz, Rood.[18]

In ogni caso i divisionisti italiani come Segantini, Previati, Morbelli, Pellizza da Volpedo utilizzano ampiamente i nuovi materiali coloranti, in particolare a quelli proposti dalla Lefranc, che Morbelli e Segantini elogeranno pubblicamente in lettere utilizzate dalla ditta francese a scopi pubblicitari, per le qualità cromatiche e la stabilità. Morbelli sperimenta nuovi tipi di leganti, probabilmente a base di glicerina, e tenta di fondare una propria fabbrica di colori. Previati appare il più interessato a riflessioni metodologiche, tanto da pubblicare, oltre alla traduzione del saggio di Vibert tre testi teorici, precisa documentazione delle nuove possibilità offerte dalla tecnologia non priva di momenti di insofferenza, come quando confessa la propria «attrazione spasmodica per tutte le raffinatezze dei prodotti colorati del commercio, che confina con l'odio».

Colori tradizionali e materiali da poco in commercio vengono utilizzati con grande libertà da Pellizza da Volpedo: recentemente una serie di indagini scientifiche effettuate a cura del Dipartimento sul contenuto dei tubetti Lefranc usati dall'artista e ancora conservati nel suo studio di Volpedo, ora museo, hanno tra l'altro mostrato una notevole concordanza tra le indicazioni delle etichette e le sostanze coloranti riscontrate.[19]

Tale tentativo di dare uno statuto di scientificità alle ricerche pittoriche non ha

vierung», 4, 1, 1990, pp. 30-76 (in particolare p. 35); BENSI, *Storia della diagnostica* cit. Le citazioni di Secco Suardo sono tratte da G. SECCO SUARDO, *Il Ristauratore di dipinti*, Milano, 1894, p. 504.

[18] Per un inquadramento delle basi scientifiche del Divisionismo: A.P. QUINSAC, *1880-1895. La peinture divisionniste italienne. Origines et premiers développements*, Paris, Klincksieck, 1972; BOMFORD ET AL., *op. cit.*, pp. 76-83, 87.

[19] Le lettere di elogio sono riportate in QUINSAC, *op. cit.*, pp. 196-198. Cfr. *Angelo Morbelli tra realismo e divisionismo*, catalogo della mostra a cura di A. Scotti, Torino, GAM, 2001, pp. 24-25; G. PREVIATI, *I principi scientifici del divisionismo*, Torino, Bocca, 1906; ID., *Della pittura. Tecnica ed arte*, Torino, Bocca, 1913. Sui materiali usati dai Divisionisti: BENSI, *Materiali* cit., pp. 77-78; BORDINI, *Scienza* cit., p. 44 (citazione di Previati); P. BENSI, *Appunti sulla tavolozza del 'Quarto Stato'*, in *Giuseppe Pellizza da Volpedo. Quarto Stato*, catalogo della mostra a cura di A. Scotti, Milano, Skira, 2000, pp. 25-30. Le analisi sui colori dello studio di Pellizza sono state volute da Aurora Scotti, direttrice dello Studio Museo di Volpedo, coordinate da Enrico Pedemonte, del Dipartimento di Chimica Industriale dell'Università di Genova, con la consulenza storica di chi scrive: esse sono confluite nel Museo Didattico Pellizza da Volpedo assieme ai risultati di indagini su vari dipinti dell'artista, tra cui quelle sul *Quarto Stato* (Milano, Civiche Gallerie d'Arte Moderna), eseguite dal Dipartimento di Fisica del Politecnico di Milano.

avuto esiti del tutto soddisfacenti, data la difficoltà di concretizzare sul dipinto le indicazioni delle ricerche fisiche basate sulle proprietà delle radiazioni elettromagnetiche. La maggior parte degli artisti operanti tra fine Ottocento e primi del Novecento non condivise queste sperimentazioni, anzi molti esponenti del Simbolismo italiano ed europeo, come De Carolis, Costa, Sartorio o Klimt e Böcklin, tentarono nostalgicamente di recuperare materiali tradizionali e raffinatezze pittoriche dalle antiche tecniche. Bisogna attendere i movimenti di avanguardia del XX secolo per notare un nuovo interesse per le tematiche della ricerca fisica e chimica.[20]

Riassunto – L'influenza della chimica sulla pittura nell'Ottocento passa attraverso tre momenti di interazione: l'analisi di opere d'arte del passato; il contributo alle operazioni di restauro; i rapporti con la produzione vera e propria di dipinti. Soprattutto nei primi decenni del secolo vi è stata una consonanza tra ricerche artistiche e ricerche scientifiche, mentre successivamente i rapporti tra le due culture sono stati in prevalenza di natura tecnologica. La chimica ha fornito nuovi materiali per l'attività dei pittori, offrendo nuove possibilità espressive ma invadendo nello stesso tempo con metodi di tipo industriale un settore sino a quel momento essenzialmente artigianale. A queste novità gli artisti hanno reagito con atteggiamenti che oscillavano tra entusiasmo e fastidio, anche a causa della scarsa affidabilità di molti nuovi materiali.

[20] BENSI, *Materiali* cit., pp. 78-79; BENSI, *La chimica* cit.

GIULIANO DALL'OLIO* – ELENA DALL'OLIO*

1879: l'influenza del fegato nella produzione dell'urea dimostrata dalla chimica patologica**

1879: urea liver synthesis demonstrated by pathological chemistry

Summary – In the second half of the 19th century, a new discipline called «Pathological Chemistry» or «Clinical Chemistry» arose as a result of the publication of «*Animal Chemistry*» (1842), a work by Justus Liebig on the application of chemistry to physiology and pathology. At that time Giorgio Roster, a physician-chemist working in the laboratory department of Firenze Hospital, examined the debated the problem of urea formation sites in the human body. Making clever use of many results of blood and urine analyses performed for diagnostic purposes in Firenze laboratory (Santa Maria Nuova) since 1867, Roster in 1879 published a work in order to confirm the urea liver synthesis theory observing its concentration decrease in urine and blood in patients with liver diseases. Very low urea concentration in urine, and its complete lack in blood observed in diseases where only the liver is fully ravaged, especially acute yellow atrophy and phosphorus poisoning, leads Roster to the certainty that urea is prevalently produced in the liver.

La «*Chimica Patologica*»

Nei primi anni del XIX secolo, le indagini sui liquidi biologici come supporto diagnostico sono limitate ancora all'uroscopia, effettuata nell'ambulatorio del medico o al letto del malato, e alla semplice osservazione del comportamento del sangue estratto dall'organismo vivente (separazione in siero e «*crassamento*», formazione della «*cotenna*»).

Iniziano anche gli studi di «chimica animale»: sull'urina con la prima completa analisi chimica quantitativa (1809) ad opera di Jöns Jakob Berzelius (1779-

* Laboratorio di Chimica clinica ed Ematologia. Ospedale «S. Bortolo». Vicenza.

** Relazione presentata al X Convegno Nazionale di «Storia e Fondamenti della Chimica» (Pavia, 22-25 ottobre 2003).

1848), e sui calcoli con gli autorevoli lavori di Antoine Françoise Fourcroy (1755-1809), Nicolas Louis Vauquelin (1763-1829), William Hyde Wollaston (1766-1828), Alexander John Marcet (1770-1882) e Luigi Valentino Brugnatelli (1761-1818) («Litologia umana», 1819). Sono indagini rivolte a problematiche inerenti la fisiologia piuttosto che alla diagnostica clinica e sono condotte con i tradizionali metodi della chimica analitica allora in uso per l'analisi delle acque e dei minerali.[1]

Una più stretta interazione fra medicina e chimica, che è il naturale evolversi di una già consolidata collaborazione fra fisiologi, chimici e clinici e che apre la via alla medicina scientifica che subentra alla medicina speculativa del periodo romantico, inizia a Berlino negli anni 1837-1840. È proprio dalla fusione di varie discipline, e non dalla divisione o specializzazione di una «disciplina madre», che nasce questa scienza interdisciplinare, che avrà nomi diversi: «*patologia clinica*», «*chimica medica*», «*chimica clinica*», «*chimica patologica*».[2] Le prime applicazioni di analisi chimiche ai materiali biologici dell'uomo erano di fatto iniziate durante le disastrose epidemie di colera asiatico del 1830 a Mosca e del 1831 a Berlino dettate dalla impellente e disperata necessità di individuare la natura del terribile morbo e trovare un modo di arginare il suo dilagare in tutta l'Europa.[3]

Le indagini chimiche erano generalmente condotte da specialisti in chimica analitica che potevano essere medici che si dedicavano a questa disciplina o i già preparati farmacisti.

Johannes Müller (1801-1858), fondatore della scuola di fisiologia a Berlino, negli anni intorno al 1840 lavora con il chimico Eilhart Mitscherlich (1794-1863); il clinico Lucas Schönlein nel 1840 alla clinica universitaria Charité (Berlino) si avvale dell'opera del valente farmacista Johann Franz Simon (1807-1843) allievo di Heinrich Rose (1795-1864). Grazie a questi studiosi Berlino diviene la culla della «*chimica clinica*»: essi creano una «scuola» che incoraggia gli allievi ad un approccio quantitativo sistematico dei processi chimici che stanno alla base di problematiche di fisiologia e di patologia che proprio in quegli anni si stanno dibattendo.

Sarà nel 1841-42 quando Justus Liebig (1803-1873) «crea» la «chimica patologica» con la pubblicazione dell'opera *La chimica organica applicata alla fisiologia animale ed alla patologia* (1842) che la chimica trova «ufficialmente» impiego negli studi di fisiologia e di patologia e si apre un nuovo interessante campo di attività professionale per i chimici.[4]

[1] Giuliano Dall'Olio, *L'applicazione dei tradizionali metodi della chimica alle analisi chimico- cliniche: il cannello ferruminatorio*, in Romolo M. Dorizzi, Giuliano Dall'Olio, *Classici della Medicina di Laboratorio*, Vol. 2, Torino, GET, 1999, pp. 93-97.

[2] Johannes Büttner, *Clinical Chemistry: A professional field for phisicians and natural scientists in Europe*, «European Journal of Clinical Chemistry and Clinical Biochemistry», 29, 1991, pp. 3-12.

[3] Carl Wittstock, *Chemische Untersuchungen als Beiträge zur Physiologie der Cholera*, «Annalen der Physik und Chemie», 100, 1832, pp. 509-533.

[4] Erika Hichel, *The emergence of Clinical Chemistry in 19th century: presuppositions and consequences*, «Journal of Clinical Chemistry and Clinical Biochemistry», 20, 1982, pp. 521-530.

Sono proprio gli allievi di Liebig che fondano i primi «laboratori clinici» dove si eseguono analisi chimiche qualitative e quantitative di urine, sangue e altri materiali ad uso soprattutto della medicina pratica ma utili anche agli studi di fisiologia e patologia e dove si tengono corsi di chimica patologica per gli studenti di medicina. Solo alcuni esempi: il Laboratorio di chimica clinica dell'Università di Würzburg (1842) diretto dal medico chimico Johann Joseph Scherer (1814-1869), il Laboratorio di chimica patologica di Vienna (1844) fondato dal chimico Johann Florian Heller (1813-1871) all'Allgemeines Krankenhaus, ed ancora a Breslavia (1852), a Königsberg (1865), a Berlino, ad Heidelberg.

Successivamente a partire dalla metà del secolo la chimica patologica o chimica clinica trova la sua espressione in laboratori ospedalieri, laboratori di reparto, laboratori delle farmacie ospedaliere e settori di chimica degli istituti di patologia dove, oltre alle indagini di routine a scopo diagnostico, vengono sviluppati specifici metodi chimici per materiali biologici e avviate ricerche fisiopatologiche e cliniche.[5] Un aspetto caratteristico di questi nuovi laboratori è l'uso di strumentazione analitica che permette misure quantitative che consentono una più netta differenziazione nella descrizione dei fenomeni rispetto ai precedenti metodi qualitativi.[6]

In Italia il primo Laboratorio di chimica organica sorge nel 1840 all'Arcispedale di Santa Maria Nuova a Firenze, è diretto dal chimico Gioacchino Taddei (1792-1860) e si eseguono le «ricerche della Chimica che potevano maggiormente fermare l'attenzione del medico (…) in sussidio alla clinica medica». In seguito il laboratorio verrà aggregato alla cattedra di Chimica organica patologica che poi diverrà Chimica applicata alla Patologia e alla Fisiologia e sarà guidato dal 1851 da Serafino Capezzuoli (1813-1888) e dal 1878 da Giorgio Roster (1843-1927).[7]

L'urea

L'urea venne identificata nell'urina dell'uomo nel 1773 da Hilaire Marin Rouelle (1718-1779) (*extractum saponaceun urinae*) dalla formazione di caratteristici cristalli per aggiunta di acido nitrico.

Il nome urea fu invece coniato dal medico-chimico Antoine Fourcroy e dal farmacista Nicolas Vauquelin che la isolarono nel 1799.

Nel 1817 l'esatta composizione chimica venne stabilita da William Prout (1785-1850) che la ritrovò anche nel sangue degli animali e dell'uomo.

[5] JOHANNES BÜTTNER, *The origin of clinical laboratories*, «European Journal of Clinical Chemistry and Clinical Biochemistry», 30, 1992, pp. 585-593.

[6] J. BÜTTNER, *Impacts of laboratory methodology on medical thinking in the 18th century*, «Clinical Chemistry and Laboratory Medicine», 38, 2000, pp. 57-63.

[7] G. DALL'OLIO, *Personaggi della Chimica clinica italiana dell'Ottocento*, Genova, Medical Systems, 2000.

L'urea nella fisiologia umana

L'urea, «il materiale che caratterizza principalmente l'orina umana»,[8] è uno dei composti animali più studiati fin dall'inizio dell'Ottocento. Il problema che si pongono i chimici ed i fisiologi riguarda le modalità e la sede di formazione dell'urea nell'organismo umano ed in tal senso sono rivolti molti studi dell'epoca. «Nessun altro principio costituente l'orina è stato, come l'urea, così fecondo di studi e ricerche. La sua origine, il suo luogo e modo di formazione, la sua eliminazione, la sua maniera di comportarsi nello stato fisiologico, furono altrettanti punti e quesiti posti innanzi, e in parte vittoriosamente risoluti».[9]

Le modalità di formazione dell'urea dividono gli studiosi. Due sono le teorie più accreditate nella seconda metà dell'Ottocento: Apollinaire Bouchardat (1809-1886) «più volte e valorosamente ha sostenuto che l'urea deve riguardarsi quale il prodotto di uno sdoppiamento dei principii immediati azotati». Prevost, Dumas, Gmelin, Müller, Bernard, Barresvill, considerano l'urea come il prodotto di ossidazione delle «*materie albuminoidi*» e Béchamp pubblica i risultati di esperimenti a conferma di tale teoria peraltro subito smentiti da altri.[10]

«Si ammetta l'una o l'altra delle due teorie, qual è ora il posto dove ha luogo questa formazione?».[11]

Anche su questo argomento gli «addetti ai lavori» sono più che mai divisi.

Bernard, Barresvill, Meissner contrappongono validi argomenti a quanti vedono nei reni la formazione dell'urea, ma saranno Jean Louis Prévost (1790-1850) e Jean Baptiste Dumas (1800-1884) nel 1821 ad osservare che la rimozione dei reni negli animali superiori causa un aumento di urea nel sangue e quindi a chiarire inconfutabilmente la loro funzione di eliminazione e non di produzione dell'urea.[12] Però, quando nel 1828 Friedric Wöhler (1800-1882) annuncia la sintesi dell'urea scrive a Berzelius: «posso produrre urea senza la necessità di un rene e neppure di un animale, sia uomo o cane».[13] I sostenitori della teoria della formazione dell'urea per ossidazione delle materie albuminoidi indicano come luogo di questa reazione i capillari, altri asseriscono che essa deriva dalla scomposizione dei globuli rossi (Fuhrer, Ludwig, 1855), c'è chi con dati sperimentali alla mano garantisce che l'urea si forma nel sangue per scomposizione dell'acido urico (Neubauer),

[8] GIORGIO ROSTER, *Sulle analisi eseguite in quest'ultimo triennio nel laboratorio di chimica patologica nella scuola di Firenze*, «Lo Sperimentale», 25, 1870, pp. 370-379, 447-463, 568-576; 26, 1870, pp. 263-273, 384-393; 27, 1871, pp. 161-175.

[9] G. ROSTER, *L'influenza del fegato nella produzione dell'urea dimostrata dalla chimica patologica*, «Lo Sperimentale», 44, 1879, pp. 153-164, 225-261.

[10] ROSTER, *L'influenza del fegato* cit.

[11] *Ibidem*.

[12] JEAN L. PREVOST, JEAN B. DUMAS, *Examen du sang et de son action dans le divers phènoménes de la vie*, «Bibliothèque universelle, sciences et arts», 18, 1821, pp. 208-220.

[13] JAMES R. PARTINGTON, *A history of chemistry*, vol. 4, London, MacMillan, 1964.

chi ne indica la sorgente «nell'intima trama dei tessuti», chi la mette in relazione con la «metamorfosi del tessuto muscolare», per altri ancora si produrrebbe nel fegato, nel pancreas, nel cervello.[14]

Solo nel 1882 Schroeder, con definitivi esperimenti sugli animali, identifica il fegato come produttore dell'urea, anche se la esclusività di quest'organo nella funzione ureo-formativa sarà oggetto di dibattito ancora per molti anni.

Un apporto interessante alla soluzione del problema del sito di formazione dell'urea nell'organismo umano viene, già nel 1870, da Giorgio Roster, all'epoca aiuto al laboratorio dell'ospedale di Santa Maria Nuova a Firenze.

Giorgio Roster

Giorgio Roster (1843-1927) si laurea in medicina all'Università di Pisa nel 1864 e, come previsto dagli ordinamenti scolastici dell'epoca, conclude gli studi di Medicina e Chirurgia a Firenze nel 1866. Nello stesso anno, dopo qualche mese di frequenza alla clinica medica nell'Arcispedale di Santa Maria Nuova a Firenze, diviene aiuto alla cattedra e al Laboratorio di Chimica organico-patologica diretti dal Capezzuoli dove «con le naturali attitudini onde era fornito il Roster divenne ben presto un valentissimo cultore di questa speciale disciplina».[15]

Tra il 1870 e il 1872 su incarico del Ministero della Pubblica Istruzione visita le università ed i laboratori dell'Austria e della Germania per studiarne l'organizzazione ed i metodi di insegnamento della chimica e delle scienze sperimentali. Frequenta corsi di perfezionamento a Zurigo nel Laboratorio di Chimica organica di Johannes Wislicenus (1835-1902) ed a Strasburgo nel Laboratorio di Chimica fisiologica di Felix Hoppe-Seyler (1825-1895), fondatore del primo giornale di biochimica, *Zeitschrift für physiologische Chemie* (1877).

Nel 1878 sostituisce il Capezzuoli nell'insegnamento della Chimica organico-patologica e nella direzione del laboratorio di S. Maria Nuova e l'anno successivo è incaricato anche dell'insegnamento di Igiene.

Dal 1881 al 1890 è professore straordinario di Chimica fisiologica e patologica e quindi fino al 1895 detiene l'insegnamento di Chimica applicata alla fisiologia e alla patologia.

Dal 1894 al 1918 è ordinario di Igiene a Firenze.

Roster si occupa di clinica, di istologia, di chimica biologica «che coltivò per anni con larga messe di preziose e originali osservazioni» e di igiene, disciplina in cui utilizza le sue vaste cognizioni di chimica per lo studio del suolo, delle acque e dell'aria pubblicando lavori di grande valore.

«Roster fu un vero scienziato, appassionatamente entusiasta delle ricerche di

[14] ROSTER, *L'influenza del fegato* cit.

[15] FRANCESCO LEONCINI, *Rendiconti delle adunanze dell'accademia Medico-Fisica Fiorentina. Commemorazione dei soci defunti*, «Lo Sperimentale», 81, 1927, pp. 242-246.

laboratorio, nelle quali riuscì valentissimo sia per l'acuto spirito di osservazione, sia per l'abilità tecnica, che lo portò ad escogitare non pochi metodi nuovi e nuovi strumenti, altri modificandone per renderli più perfetti».[16] Costruisce un nuovo tipo di microscopio, un apparecchio per riprodurre in disegni le immagini dei preparati e uno speciale obiettivo per microfotografia avendone intuito le utili applicazione nell'indagine scientifica. «Lo studio della Chimica applicata alla medicina aveva bisogno di un occhio più potente del nostro, che incominciasse a vedere là dove l'altro terminava. È forse dallo studio complesso e riunito dei caratteri chimico-microscopici della materia animale che la nostra scienza deve molto attendere per l'avvenire» (1870).[17] Nel 1892 dà alle stampe un manuale di «Fotomicrografia».

Nella sua lunga attività scientifica, alla quale può attendere fino alla morte all'età di 85 anni, pubblica più di 200 lavori, diviene socio di numerosissime società scientifiche e riceve ambite onorificenze fra le quali alcune a livello nazionale ed europeo per le sue innovazioni nel campo della microfotografia.

L'impegno di Roster nella Chimica Patologica

Dell'opera di Roster, prima come aiuto e quindi come direttore del laboratorio di chimica applicata alla medicina dell'ospedale di S. Maria Nuova, sono indicativi due lavori pubblicati su «Lo Sperimentale», un giornale di «scienze mediche» assai noto in Italia ed anche in Europa nella seconda metà dell'Ottocento (Fig. 1).

Il primo del 1870, di quasi 100 pagine, riporta gli studi «*chimico-patologici*» compiuti dal 1867 al 1869 nel laboratorio di Firenze prevalentemente a scopo diagnostico. È un saggio interessante per capire il metodo di lavoro seguito nel laboratorio dell'ospedale di Firenze dove grande attenzione veniva posta alla fase analitica, ma anche alla pre-analitica con una attenta raccolta dei campioni biologici corredata il più possibile da notizie anamnestiche e sulle cure in corso, ed al momento post-analitico con referti che riportano il metodo chimico seguito, i risultati e le conclusioni. Il tutto è registrato anche in un libro conservato in laboratorio, utile materiale per seguire l'andamento della malattia e per studi statistici ed epidemiologici.[18]

L'importanza scientifica del lavoro è indiscutibile, ma il suo pregio sta nel modo assolutamente chiaro e moderno con cui Roster vede il ruolo della chimica in medicina. «Render noti i risultati di un numero ragguardevole di analisi chimiche eseguite su prodotti patologici, corredando le più importanti di illustrazioni e commenti in rapporto al caso clinico; accennare a qualche conclusione che dai fatti osservati si possa ragionevolmente dedurre; confermare col fatto il vantaggio capitale che la Medicina e la Clinica in specie può attingere da questo studio, sotto il triplice aspetto della diagnosi, della prognosi e della terapeutica (…) da ciò si

[16] *Ibidem*.
[17] ROSTER, *Sulle analisi eseguite* cit.
[18] DALL'OLIO, *Personaggi della chimica* cit.

ANNO XXXIII. Fascicolo 9° - Settembre TOMO XLIV.

LO SPERIMENTALE

GIORNALE ITALIANO DI SCIENZE MEDICHE

DIRETTO DA

GIORGIO PELLIZZARI - PIETRO BURRESI - GIUSEPPE CORRADI
Prof. di Anatomia Patologica Prof. di Clinica Medica Prof. di Clinica Chirurgica

CONDIRETTORE PER VENEZIA

Dott. M. R. LEVI
Medico primario e Docente nello Spedale Civile

SOMMARIO

LAVORI ORIGINALI. L'influenza del fegato nella produzione dell'urea, dimostrata dalla chimica patologica, (*contin. e fine*), *Dott. Giorgio Roster*, pag. 225. — Leucocitemia e linfoma maligno. *Dottori V. Brigidi e A. Tafani*, 261. — **CASISTICA.** Due esempi di lesione della sostanza corticale del cervello, *Dottori Brigidi e Banti*, 276. — Contributo alle amputazioni parziali del piede, *Dott. Giuseppe Tenderini*, 281. — Incontinenza di orina durante la notte al seguito di un restringimento uretrale da blenorragie ripetute, guarita colla dilatazione graduale dell'uretra, *Dott. Stefano Bazzani*, 285. — SEZ.ᵉ Iª. - **ANATOMIA PATOLOGICA.** RASSEGNA DELLA STAMPA. Della nevrite parenchimatosa spontanea, generalizzata o parziale, 288. — Ricerche sopra i vasi linfatici dello strato sotto-sieroso dell'utero, 291. — Ricerche sperimentali sopra l'atrofia del testicolo consecutiva alle contusioni di quest'organo, 293. — Le alterazioni dei nervi del derma nell'eczema, 296. — Nota sopra l'anatomia patologica dell'acne, 296. — SEZ.ᵉ IIª. - **MEDICINA.** RASSEGNA DELLA STAMPA. Nota su di un caso d'eresipela dei bronchi e del polmone (Pneumonia eresipelatosa), 297. — Emianestesia isterica con contrattura e tremolio dell'arto inferiore, 300. — La cura della diarrea e della dissenteria nell'età infantile, 301. — Lateropulsione oculare nella paralysis agitans, 303. — Emiplegia saturnina e sua cura coll'uso della calamita, 304. — Cura dell'albuminuria coll'uso della fucsina, o cloridrato di rosanilina, 305. — Sopra una nuova base organica nel corpo animale, 305. — Morfologia del sangue nella sifilide, 306. — Spermatorrea guarita colle correnti continue, 306. — Pilocarpina nella sifilide, 306. — SEZ.ᵉ IIIª. - **CHIRURGIA.** RIVISTA SINTETICA. Del ginocchio valgo e particolarmente della cura chirurgica del medesimo, *G. Ciuti*, 307. — RASSEGNA DELLA STAMPA. Due cistotomie seguite dalla sutura della vescica, 320. — Cistotomia sopra-pubica con la medicatura antisettica, 320. — Sull'enterrorafia, 321. — Un caso di splenotomia, 321. — Terapeutica del piede torto, 322. — Suggerimento intorno al modo di condursi nei casi di placenta previa, 323. — Caso di rottura della vagina durante il parto, 323. — Di un nuovo uncino per aiutare le trazioni del forcipe, 324. — RIVISTA BIBLIOGRAFICA, 324. — **VARIETÀ.** Intorno al parassitismo dell'oidium lactis, ed ai mezzi per prevenirne e combatterne lo sviluppo, *Dott. A. Chiamenti*, 326. — **CRONACA.** Un altro resultato felice ottenuto per la respirazione artificiale eseguita secondo il metodo Pacini, 334. — *Società Medico-Fisica Fiorentina:* Adunanza pubblica del 14 settembre, 334. — NECROLOGIE, 335.

FIRENZE-VENEZIA

FIRENZE, TIPOGRAFIA CENNINIANA, 1879.

Fig. 1. Frontespizio del fascicolo di settembre 1879 de «Lo Sperimentale».

scorge non essere questo un lavoro puramente chimico e molto meno un nudo resoconto di analisi più o meno rigorose».

Illustra l'importanza di un laboratorio di «chimica patologica» come quello in cui egli opera «non grande, ma sufficientemente fornito di locali, di mezzi e di apparecchi quali i suoi studi e le sue ricerche esigono (…) e che ogni anno si arricchisce di qualche cosa, ora bilance di precisione e microscopi, ora altri istrumenti, altri apparecchi e utensili di fisica e chimica (…)» e dove lavora personale qualificato, senza però sminuire l'importanza delle indagini che ogni medico può effettuare al letto del malato, analisi semplici ma importanti soprattutto per coloro che esercitano lontano dai grandi centri, tanto importanti che vengono insegnate ai giovani medici proprio nel suo laboratorio, «io ho voluto solamente segnare i limiti a cui dovevan giungere questi saggi, che non potranno rimpiazzare (…) una analisi qualitativa un poco complicata, o la più facile e spedita analisi quantitativa».[19]

Il fegato e la produzione dell'urea

È soprattutto il secondo lavoro, del 1879, che colpisce per l'originalità con cui Roster utilizza i dati di laboratorio per accreditare la teoria della formazione dell'urea nel fegato. Roster rivela una vastissima conoscenza della chimica e della patologia dell'argomento e dei risultati degli studiosi europei, ma è appunto il modello chimico-patologico (chimico-clinico) che egli utilizza, sfruttando sapientemente i risultati delle innumerevoli analisi chimiche delle urine e del sangue effettuate a scopo diagnostico nel laboratorio dell'ospedale di S. Maria Nuova a partire dal 1867 (più di 2600 determinazioni), a destare ancor oggi l'interesse di chi si occupa di Medicina di Laboratorio. «Oltre a giovare così alle osservazioni e ricerche della Patologia e della Clinica, potremo raccogliere notizie importanti e preziose relative allo stato fisiologico di alcuni principi costituenti l'organismo, non ché far commenti e trarre deduzioni sulla loro origine, sul loro modo di sviluppo e sulla loro importanza nelle funzioni della vita. In questo caso è l'alterazione patologica che può metter sulla via di una scoperta fisiologica».[20] Ed ancora: «Ecco adunque come i nostri studi, oltre a rischiarare alcuni punti controversi di Patologia, possano utilmente servire alla Fisiologia. Ripeterò ancora che avevano ben ragione il Prevost e il Dumas quando dicevano che se qualche cosa poteva chiarire l'origine dell'urea, erano le osservazioni istituite sull'orine morbose». È sull'urea che punta la sua attenzione e ricorda che se già nel 1870 molti traguardi erano raggiunti nello studio di questa sostanza in fisiologia cioè «nel suo modo di comportarsi nelle diverse circostanze in cui si trova l'animale nello stato di salute», non altrettanto approfondite erano le conoscenze nello stato patologico: «questo campo poco è stato percorso e meno attentamente studiato, da meritare che si ripari per l'avvenire a questa lacuna».[21]

[19] ROSTER, *Sulle analisi eseguite* cit.
[20] *Ibidem*.
[21] *Ibidem*.

Per poter discriminare fra lo stato di salute e quello di malattia attraverso le indagini chimiche serve però individuare dei «valori di riferimento» per i vari componenti il sangue e l'urina cioè i valori propri degli individui sani, solo allora i risultati delle analisi quantitative saranno utili come «segno chimico» per identificare le malattie e per stabilirne la gravità. Ecco allora che Roster «avanti di passare allo studio delle variazioni dell'urea nelle diverse malattie del fegato» deve stabilire la media giornaliera dell'urea eliminata con le urine nello stato fisiologico. «Il determinare questa media non è, come ho detto altre volte, cosa tanto facile»,[22] tuttavia presenta una tabella delle «medie fisiologiche dell'urea nelle 24 ore secondo i diversi autori» (Fig. 2) punto di partenza per la sua dimostrazione del ruolo del fegato nella formazione dell'urea. La tesi di Roster è infatti semplice: se i risultati dell'analisi chimica del sangue e dell'urina di malati di fegato mostrano una diminuzione di urea e questa diminuzione è tanto maggiore quanto più danneggiato è l'organo, al punto da scomparire quando la sua funzionalità è totalmente compromessa, allora è proprio lì che essa si forma.

Come si è detto l'argomento è all'epoca assai dibattuto, e Roster spiega le ragioni che lo hanno indotto ad intervenire fra tante controversie e incertezze. «Sebbene gli studi dei chimici, dei patologi e dei fisiologi sieno stati diretti con una certa insistenza alla risoluzione di questi problemi, e sebbene in questi ultimi tempi l'argomento abbia ricevuto largo contributo di studi feraci di importanti risultati, restano pur sempre alcuni punti oscuri ed altri incerti o contraddetti».

«La ragione principale che mi ha determinato a prender oggi la parola sopra un argomento adesso largamente discusso, è di possedere da molto tempo numerose osservazioni in proprio, corredate da minute analisi eseguite nel Laboratorio di Chimica patologica da me diretto. Basandomi sull'osservazione clinica e sui risultati della chimica, io pongo la questione in un campo dove fino ad oggi non fu posta che raramente, e sempre con un corredo o insufficiente o imperfetto di analisi e studi chimici fatti d'accordo con la clinica osservazione».

«Un'altra ragione che mi ha determinato a scegliere questo soggetto, è per rivendicare il merito di aver portato fino dai primi del 1870 un largo e valido contributo alla questione, pubblicando analisi chimiche ed osservazioni cliniche dalle quali risultava l'influenza manifesta che aveva il fegato sulla origine dell'urea».

«In tutti gli scritti comparsi dopo il 1870, non se ne trova uno che faccia menzione del mio lavoro, il quale ebbe la sorte che generalmente tocca a molti dei nostri lavori italiani. Eppure la mia memoria fu pubblicata in questo stesso giornale [Lo Sperimentale], abbastanza diffuso anche all'estero; e i fatti da me illustrati erano abbastanza interessanti essendo gli unici in quell'epoca nel campo della clinica, corredati da precise analisi chimiche eseguite con determinato intendimento, e da conclusioni abbastanza esplicite».[23]

[22] ROSTER, *L'influenza del fegato* cit.
[23] *Ibidem*.

Ecco un quadro delle medie fisiologiche dell'urea nelle 24 ore secondo i diversi autori:

Becquerel			17	grammi
Heritier	da 18	a	19	»
Boymond	da 20	a	28	»
Roster	da 22	a	25	»
Robin	da 23	a	30	»
Bouchardat	da 25	a	30	»
Beale	da 25	a	30	»
Beclard e Haupton		a	28	»
Lecanu		a	28	»
Berzelius		a	30	»
Hepp	da 28	a	33	»
Millon		a	33	»
Neubauer	da 22	a	35	»
Kaup	da 34	a	36	»
Kerner		a	38	»
Vogel	da 25	a	40	»

Tom. XLIV — 1879. 15

Fig. 2. Tabella dei «valori normali» dell'urea nelle urine delle 24 ore secondo Roster ed alcuni autori francesi e tedeschi (ROSTER, *L'influenza del fegato* cit.).

A sostegno della sua tesi, Roster presenta 38 casi di pazienti con vari tipi di affezioni epatiche dirette o indirette dove ha rilevato diminuzioni più o meno marcate dell'urea nell'urina e nel sangue.

Il numero di casi esaminati per ciascuna delle diverse malattie del fegato sono:

– 4 casi di epatiti acute e croniche
– 4 itterizie per cause meccaniche, ostruzione del coledoco
– 5 alterazioni conseguenti a «*febbri miasmatiche*»
– 2 cirrosi epatica
– 6 atrofia giallo-acuta
– 2 degenerazione amiloide
– 6 degenerazioni adipose per avvelenamento da fosforo
– 8 tumori
– 1 grave alterazione di natura indeterminata

I casi con esito infausto sono sempre corredati da una sintesi del referto autoptico desunto dal «*Bollettino di Anatomia patologica della Scuola di Firenze*».

> Nelle osservazioni più sotto riportate, si troverà forse che fanno difetto i dati e le nozioni cliniche, mentre sono ampiamente svolte le analisi chimiche. Non bisogna dimenticare ch'io ho preso a trattare l'argomento dal lato della chimica patologica, né voglio invadere un campo che altri con più cognizione di causa, e con più diritto saprà e potrà tentare. I pochi dati clinici che precedono i risultati chimici sono quelli stessi che corredavano le richieste per l'analisi di orine o di altri prodotti morbosi inviati al nostro laboratorio. Ho cercato, quando mi è stato possibile o quando ho creduto farlo senza creare indiscrezione verso i miei colleghi, di aggiungere quelle poche nozioni che erano necessarie alla intelligenza dei risultati dell'analisi.[24]

L'analisi delle urine avviene nella raccolta delle 24 ore e Roster adotta come «media giornaliera» (valore di riferimento) per l'urea quella che egli stesso ha calcolato fin dal 1870 (Fig. 2) e che «si avvicina di più a quella trovata dagli sperimentatori francesi, cioè in un paese che per il clima, il genere di alimentazione e le abitudini, somiglia maggiormente alle nostre regioni»: 22-25 grammi/24 ore (Fig. 3). Riporta alcune ragioni che spiegano le differenze, anche notevoli, dei valori proposti dai vari autori: poca standardizzazione nella raccolta dei campioni di urina, modi diversi di determinare la quantità giornaliera dell'urina emessa, esperienze fatte in paesi molto diversi per abitudini alimentari e caratteristiche climatiche, diversità dei metodi analitici (volumetrici; gas-volumetrici; gravimetrici con precipitazione dell'urea come nitrato il quale per alcuni contiene il 53% di urea per altri il 49%, dal peso specifico dell'urina).

Per rendersi conto del modo di procedere di Roster e della logica delle conclusioni a cui arriva, è sufficiente analizzare i risultati delle analisi chimiche dell'urea nelle urine e talvolta nel sangue di alcune delle nove patologie epatiche presentate che offrono forse una maggiore chiarezza del quadro (Fig. 4).

Atrofia giallo-acuta del fegato

Senz'altro questa affezione epatica è quelle che balza subito all'occhio per i bassissimi valori di urea urinaria (Fig. 5). Dei sei casi presentati, cinque hanno esito infausto per cui la diagnosi viene confermata dall'osservazione anatomica ed è possibile analizzare il fegato ed il sangue (Fig. 6). Già Friedrich Theodor von Frerichs (1819-1885) nel 1856 e nel 1861 aveva trovato che nell'atrofia giallo-acuta del fegato si aveva comparsa di leucina e tirosina (rinvenute per primo da Liebig in un malato di atrofia giallo-acuta) con scomparsa totale o quasi dell'urea, risultati confermati ampiamente da molti altri studiosi. Roster ricorda come anch'egli nel 1870 riportasse tre casi di questa patologia caratterizzata da severa diminuzione della concentrazione dell'urea nelle urine e comparsa dei due aminoacidi. In un caso aveva spinto le sue indagini anche al sangue riscontrando la mancanza di urea nel sangue della vena porta, del cuore e della cava inferiore, fatto questo di grande

[24] *Ibidem*.

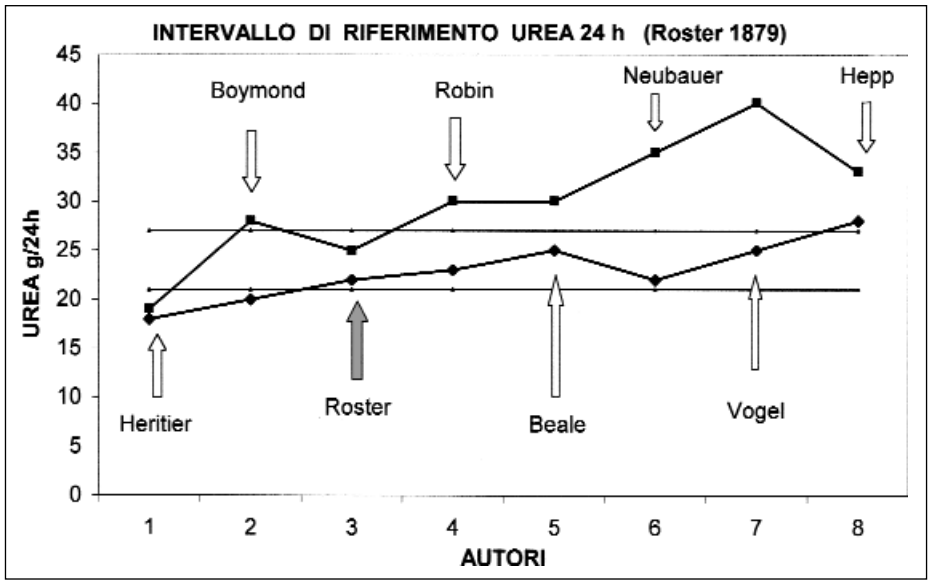


Fig. 3. Elaborazione grafica della tabella di figura 2. Le linee sottili parallele indicano l'intervallo di riferimento adottato da Roster, le spezzate più marcate sono i valori minimi e massimi secondo i vari autori.

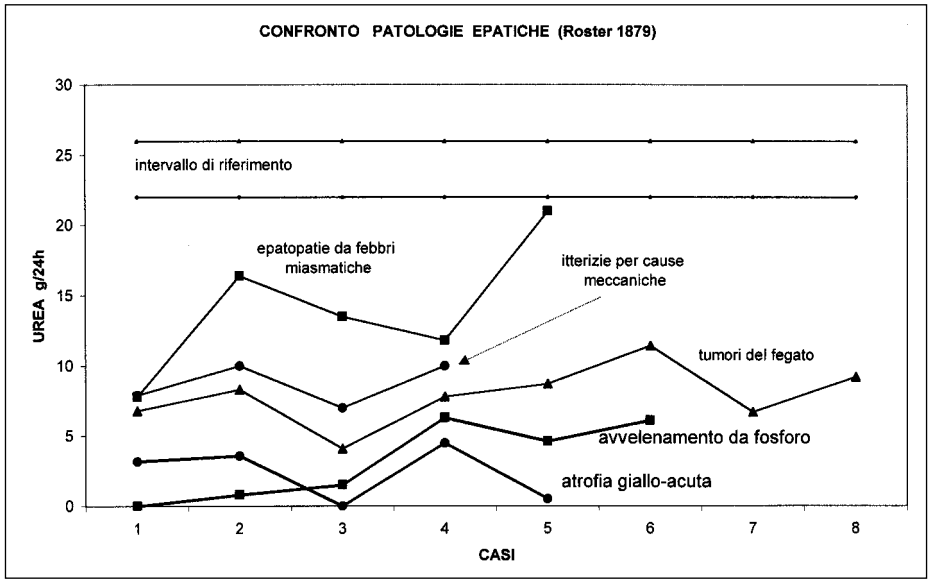


Fig. 4. Valori minimi dell'urea in campioni di urina delle 24 ore nelle varie affezioni epatiche (ROSTER, *L'influenza del fegato*, cit.).

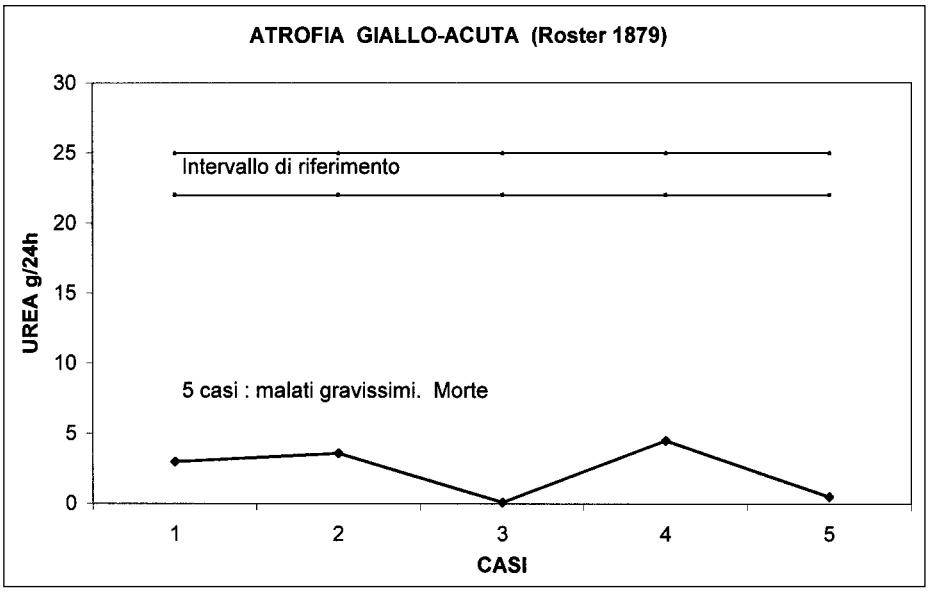


Fig. 5. Valori dell'urea nelle urine delle 24 ore in 5 casi di atrofia giallo-acuta del fegato (ROSTER, *L'influenza del fegato*, cit.).

Osservazione XVIII.

Atrofia giallo acuta del fegato. (Donna. Clinica medica. Anno 1868). Malata gravissima. Morte.

Autopsia. Constatate le alterazioni dell'atrofia giallo acuta. In questo caso furono analizzate le orine durante la vita, non che l'orina, il siero di una ciste ovarica, il sangue, le materie stomacali, il fegato e la bile raccolti dal cadavere.

Orina. (Analisi n° 1388). 21 novembre. Fu rinvenuta abbondante la tirosina e la leucina.

Quantità giornaliera dell'orina.....	grm. 1800,00
Residuo orinoso complessivo	» 54,55
Urea	mancante
Acido urico	mancante
Sali minerali.....	grm. 7,92

Fegato. (Analisi n° 1395). 22 novembre. Si constatò la presenza della leucina, non della tirosina.

Sangue. (Analisi n° 1391, 1392, 1393). 22 novembre. Non fu possibile rintracciare la presenza dell'urea nel sangue della vena porta, del cuore, e della vena cava inferiore.

Fig. 6. Un caso di atrofia giallo-acuta del fegato (ROSTER, *L'influenza del fegato* cit.).

importanza poiché dimostra che l'urea non si era potuta formare nel fegato, perché gravemente compromesso, ma nemmeno in altre parti dell'organismo che all'esame autoptico risultavano perfettamente sane. «Di questi fatti ci varremo a suo luogo, come argomenti indiscutibili a provare l'origine epatica dell'urea».[25]

Degenerazioni adipose del fegato in seguito ad avvelenamento da fosforo

Gli avvelenamenti da fosforo sia a scopo suicida sia fra i lavoratori delle fabbriche di fiammiferi sono molto frequenti nell'Ottocento legati all'uso del fosforo bianco, sostanza molto pericolosa che portava al cosiddetto «male chimico».

Roster evidenzia come nessun medico legale abbia mai osservato i valori abnormemente bassi dell'urea nelle urine dei pazienti deceduti in seguito ad avvelenamento da fosforo. Fin dal 1871 numerosi studiosi effettuano esperimenti su animali rilevando che l'urea nell'avvelenamento da fosforo diminuisce sensibilmente ma «non riportano alcun fatto clinico osservato sull'uomo, e mostrano di ignorare completamente le due osservazioni cliniche corredate dall'analisi chimica delle orine, del sangue e del fegato da me pubblicate fino dal 1870»[26, 27] che mostrano, in intossicati da fosforo poco prima del decesso, una concentrazione di urea estremamente bassa se non addirittura assente. Roster, nel lavoro del 1879, aggiunge 4 casi di pazienti che avevano ingerito capocchie di fiammiferi a scopo suicida e ricoverati a S. Maria Nuova, in tutti l'urea nelle urine delle 24 ore è sempre bassa rispetto alla norma. Nei tre casi di pazienti deceduti, ai quali sono state eseguite più determinazioni giornaliere di urea, si può notare come essa diminuisca da valori pressoché normali fino quasi a scomparire al momento della morte e la diminuzione è tanto più rapida quanto maggiore è la quantità di veleno ingerito (Fig. 7 e Fig. 8), «il fegato era completamente trasformato in adipe» e non vi era traccia di urea nel sangue, «fatto importantissimo su cui ritorneremo a suo tempo».

Nei pazienti che arrivano alla guarigione la concentrazione di urea segue l'andamento della malattia, «l'ordirsi delle degenerazioni adipose», normale nei primi giorni diminuisce poi rapidamente per risalire all'avvicinarsi della guarigione mostrando di «seguire con mirabile regolarità il ciclo della malattia».[28] (Fig. 9)

Tumori del fegato

Negli otto casi presentati Roster fa notare la generale diminuzione dell'urea nell'urina delle 24 ore, diminuzione che però non raggiunge i valori estremi dell'atrofia giallo-acuta e dell'avvelenamento da fosforo (Fig. 4). Per quanto il paren-

[25] *Ibidem*.
[26] ROSTER, *Sulle analisi eseguite* cit.
[27] ROSTER, *L'influenza del fegato* cit.
[28] *Ibidem*.

Osservazione XXVI.

Avvelenamento per fosforo. (Donna. Servizio medico. Prof. Bellini. Anno 1873). Malata gravissima. Ingestione di fiammiferi. Secrezione orinaria normale. Morte avvenuta quattro giorni dopo l'ingestione del veleno.

Autopsia. Gravissime degenerazioni adipose, specialmente del fegato.

Orina 1ª. (Analisi nº 1795). 26 dicembre.

Quantità giornaliera dell'orina	grm. ..	1200,00
Residuo orinoso complessivo	»	41,70
Urea	»	16,50
Pigmento biliare		mancante

Orina 2ª. (Analisi nº 1796). 27 dicembre.

Quantità giornaliera dell'orina	grm.	1200,00
Residuo orinoso complessivo	»	38,40
Urea	»	5,64
Pigmento biliare		mancante

Orina 3ª. (Analisi nº 1797). 28 dicembre:

Quantità giornaliera dell'orina	grm.	1000,00
Residuo orinoso complessivo	»	58,25
Urea	»	2,10
Pigmento biliare		mancante

Orina 4ª. (Analisi nº 1798). 29 dicembre.

Quantità giornaliera dell'orina	grm.	1400,00
Residuo orinoso complessivo	»	41,86
Urea	»	1,54
Pigmento biliare		presente

Fig. 7. Un caso di avvelenamento da fosforo bianco con esito infausto (ROSTER, *L'influenza del fegato* cit.).

chima epatico venga interessato in maniera massiccia da un processo carcinomatoso resta sempre qualche parte integra che svolge le funzioni dell'organo. Quanto più lenta è la crescita della massa tumorale e quanto più è circoscritta tanto più moderata è la diminuzione di urea. L'autore, a conferma di quanto dedotto dalle sue ricerche, riferisce anche numerosi esempi di autori stranieri e conclude: «Le nostre 8 osservazioni corredate come sono da precise analisi chimiche, dimostrano all'evidenza come nelle lesioni epatiche originate dalla presenza di un tumore, l'urea diminuisca, e come tale diminuzione stia in relazione colla porzione di organo distrutto, colla rapidità di questa distruzione, non che colla natura del tumore, in quanto abbia o no tendenza a limitarsi o ad estendersi nell'organo epatico».[29]

[29] *Ibidem.*

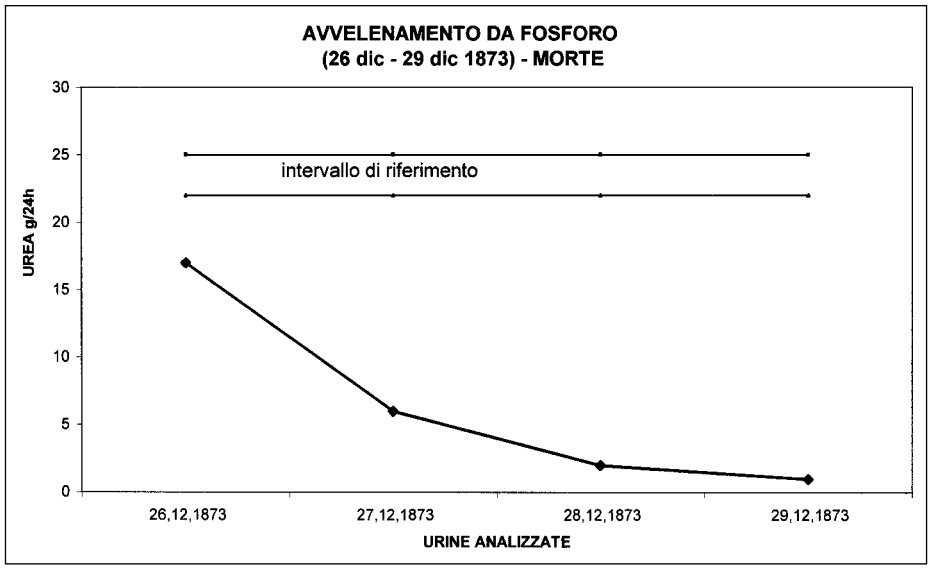


Fig. 8. Elaborazione grafica del caso di figura 7.

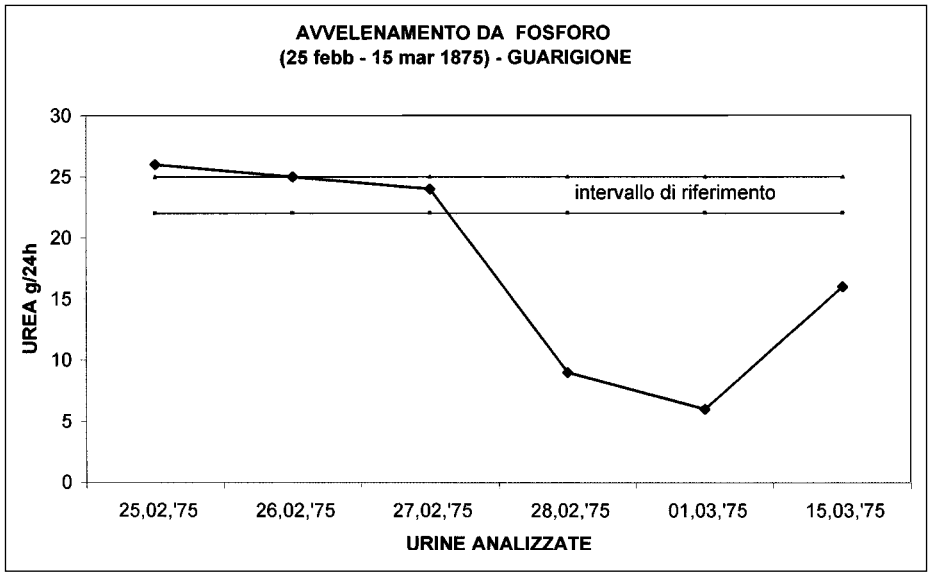


Fig. 9. Valori dell'urea nelle urine delle 24 ore in un caso di avvelenamento da fosforo bianco con guarigione. (Elaborazione grafica da: ROSTER, *L'influenza del fegato* cit.).

Itterizie per cause meccaniche

In questo tipo di patologie si trovano le lesioni epatiche consecutive alla stenosi o all'occlusione del coledoco dovuta a varie cause che hanno fatto rilevare diminuzione di urea nelle urine.

Dei quattro casi riportati, tutti di malati molto gravi, due hanno esito infausto e all'esame autoptico viene rilevato un carcinoma del coledoco con interessamento del fegato in un caso ed una stenosi del coledoco con cirrosi ipertrofica secondaria nell'altro. In ambedue, nella serie di urine esaminate, si riscontrarono significativi valori minimi di urea, diminuzioni che non si ebbero negli altri due malati pur restando i valori al di sotto dell'intervallo di riferimento proposto dall'autore.[30] (Fig. 4)

Epatopatie conseguenti a febbri miasmatiche

In questo caso l'autore classifica le alterazioni indotte dal «*principio miasmatico*» in recenti e antiche, essendo nei due casi le alterazioni del fegato diverse, più gravi nel secondo in cui si riscontrano anche valori più bassi di urea ma non ai livelli delle altre patologie (Fig. 4).

Osservazioni e conclusioni

Alla luce dei casi presentati nel suo studio e da recenti pubblicazioni di fisiologi e patologi europei, Roster non ha dubbi sulla grande influenza esercitata dal fegato nella produzione dell'urea. La concentrazione di questa materia nell'urina dipende dallo «stato di salute» delle cellule epatiche: se il fegato non è molto compromesso, in modo che una parte più o meno grande dell'organo possa funzionare, l'urea è certamente diminuita rispetto alla media degli individui sani ma non arriva mai agli estremi limiti che si notano nelle gravissime affezioni che invadono e distruggono praticamente tutto il parenchima epatico.

Egli osserva infatti come l'urea sia diminuita nelle epatopatie da febbri miasmatiche, nelle itterizie da cause meccaniche, nei tumori più o meno gravi del fegato, ma non raggiunge mai i bassissimi livelli riscontrati nella atrofia giallo-acuta e nell'intossicazione da fosforo dove si ha gravissima compromissione della funzionalità dell'organo (Fig. 4).

Si può allora, si chiede Roster, essere certi che tutta l'urea che si produce nell'organismo sia originata unicamente dal fegato?

Non tutti gli autori sono di questa opinione.

Uno studioso in particolare trova vulnerabile la teoria proposta facendo osservare come sia difficile, dagli studi dei diversi autori, stabilire una «media fisiologica giornaliera per l'urea» (intervallo di riferimento) che permetta di giudicare con

[30] *Ibidem*.

sicurezza gli aumenti o diminuzioni, ed ancora come siano poco attendibili i metodi analitici usati, soprattutto quello volumetrico con ipobromito di sodio ed infine come, a suo avviso, non sia scientificamente corretto valutare le variazioni di urea unicamente nei pazienti con malattie di fegato senza osservarne il comportamento anche in altre patologie. Egli ritiene che le variazioni di urea riscontrate nelle affezioni del fegato siano maggiormente legate allo stato dell'apparato digerente e all'alimentazione piuttosto che alla compromissione locale dell'organo. Conclude che non c'è nell'organismo nessun sito particolare con l'esclusività nella produzione dell'urea.

Roster risponde puntualmente e con grande sicurezza alle obiezioni potendo, egli dice, contrapporre «prove indiscutibili di ordine clinico e chimico».[31]

I primi due punti vengono addirittura liquidati velocemente: quando si hanno diminuzioni di urea nell'urina e nel sangue tanto pronunciate da tendere addirittura allo zero, come quelle che egli stesso ha riportato nel suo lavoro, non farà certo differenza se viene assunta come media fisiologica quella proposta di Becquerel di 18 mg/24 ore piuttosto dei 38 prospettati da Kerner. Per quanto riguarda la ventilata poca attendibilità dei metodi chimici di analisi ricorda che nelle 38 osservazioni del lavoro, in 8 casi fu utilizzato il metodo volumetrico dell'ipobromito mentre negli altri 30 si fece uso del «metodo esattissimo della bilancia, cioè quello stesso preferito dal Dumas e dal Bernard per scoprire le minime quantità di urea nel sangue».

Sulla osservazione riguardo alla valutazione dell'urea unicamente in pazienti con epatopatie risponde: «non ho altro che aprire i registri del mio laboratorio, dove si trovan raccolte più di 2600 analisi eseguite per la maggior parte sopra orine di malattie differentissime, per dimostrare coi fatti alla mano, che non è possibile avere nelle diverse malattie cifre paragonabili, e che le diminuzioni e gli aumenti dell'urea che si notano nelle diverse crotopatie, non son già, come egli crede, il risultato di una alimentazione più o meno abbondante, ma sibbene l'effetto dei singoli processi morbosi (…). Se nelle orine abbiamo un materiale la cui presenza non sia, come gli altri, legata esclusivamente all'alimentazione, è questo l'urea»,[32] anche se una certa oscillazione si può certamente riferire alla quantità di alimenti azotati ingeriti. A supporto di queste sue osservazioni rimanda alle 104 determinazioni di urea fatte nel 1870 su pazienti affetti dalle patologie più diverse, che indicano come le oscillazioni di urea non seguano il grado di alimentazione ma la natura e lo stadio del processo morboso.[33]

Sul fatto che il fegato non sia l'unica sede di produzione di urea ma possano essere interessati altri organi come ad esempio il cervello Roster replica: «Io non ho fatti da negare che una certa quantità di urea possa anche prodursi in alcuni visceri, o nei tessuti medesimi; ma ho fatti però ed argomenti, tolti dalle mie osservazioni, che dimostrano come l'urea si formi se non esclusivamente almeno quasi in totalità nel fegato (…).

31 *Ibidem*.
32 *Ibidem*.
33 ROSTER, *Sulle analisi eseguite* cit.

Io ho esaminato moltissime orine appartenenti ad affezioni d'indole diversa, ma aventi sede nel cervello, o nel midollo; ho esaminato orine di malattie del sistema muscolare, di malattie che avevano il processo morboso localizzato nella milza, e non mi è mai riuscito stabilire in modo sicuro, né la diminuzione dell'urea, né la costanza di questa diminuzione, e molto meno fissare una regola nel modo e nel grado di prodursi di questi difetti, come mi è stato possibile nelle malattie di fegato».[34]

A favore della sua teoria Roster presenta alla fine alcune schiaccianti e valide «prove dirette»: nei due casi gravi di intossicazione da fosforo ed in un caso di atrofia giallo-acuta oltre al basso contenuto di urea nell'urina, si rilevava la sua assenza anche nel sangue, fatto importantissimo questo, perché ciò poteva solo significare che essa aveva cessato di essere prodotta, qualunque sia il sito di produzione che si voglia ammettere. «Or bene, quale fra tutti gli organi e i tessuti era la parte gravemente e straordinariamente ammalata? Il fegato». Se nell'avvelenamento da fosforo poteva sorgere il dubbio che la mancanza di urea nel sangue fosse da imputare anche al danno ad altri organi ciò non si può dire assolutamente nella atrofia giallo-acuta dove il solo organo profondamente alterato era il fegato.

Quindi: «se l'urea mancò nel sangue, e se la sola alterazione grave e profonda rinvenuta nel cadavere fu quella del fegato, non vedo perché non si possa concludere in modo abbastanza sicuro che il fegato è l'organo dove per eccellenza si produce l'urea. Il fatto vale in questo caso molto più di qualunque ragionamento, molto più di qualunque esperienza fisiologica tentata sugli animali».[35]

Roster si propone nell'immediato futuro di approfondire meglio, accanto all'esame delle urine, quello del sangue nella ricerca dell'urea in pazienti affetti da altre patologie oltre quelle epatiche.

Può comunque tranquillamente concludere, alla luce delle brillanti dimostrazioni supportate dalle analisi chimiche sull'uomo, che «l'importanza del fegato nella nutrizione interstiziale dei tessuti è grandissima, e che, senza spingere la conclusione fino a far del fegato l'organo depuratore per eccellenza, questa glandula contribuisce per la massima parte alla dissimilazione delle materie albuminoidi ed alla produzione dell'urea».[36]

I metodi analitici

Dei metodi chimico analitici quantitativi allora in uso, Roster dimostra la sua preferenza per quelli gravimetrici rispetto ai volumetrici, poichè questi ultimi sono poco riproducibili anche se «la celerità dell'operazione (…); il manuale operatorio se non facile non complicatissimo; agio di potersi mettere in pratica in qualunque luogo, senza il corredo di molteplici apparecchi ed anche al letto stesso del malato,

[34] ROSTER, *L'influenza del fegato* cit.
[35] *Ibidem*.
[36] *Ibidem*.

dovean renderli carezzati da molti, ed alla portata dei più (…). Tuttavia i saggi volumetrici posson mettersi in pratica là dove non esiste altro mezzo, ma che in un laboratorio, destinato esclusivamente agli studi ed alle ricerche della Chimica animale, le analisi quantitative debbono necessariamente eseguirsi alla bilancia».[37] Certo, l'indaginosità e la pesante manualità dei metodi gravimetrici non era praticabile da tutti ed il tempo richiesto per un'analisi non permetteva davvero grosse routine.

Le difficoltà analitiche, la poca conoscenza dell'effetto della matrice dei campioni biologici e degli intervalli di riferimento per i vari analiti portano spesso ad eseguire le determinazioni su materiali patologici in parallelo con campioni normali per confrontare l'andamento delle reazioni e meglio evidenziare le differenze. «Tutte queste finezze e questi estremi rigori nello sperimentare, potranno sembrare a chi non è dell'arte, se non inutili, superflui. In Chimica però non è mai troppa l'esattezza, la precisione, l'insistenza e lo scrupolo spinto anche fino all'ultimo segno».

Per la determinazione dell'urea Roster si serve del metodo gravimetrico «specialmente quando volevamo ottenere risultati di estrema precisione, e quando si trattava di scoprire e valutare piccole quantità di urea, come nel sangue, nel fegato o in altri liquidi o tessuti», del metodo gas-volumetrico secondo Yvon, e di un metodo qualitativo «per ricerche approssimative».[38, 39]

Ricerca qualitativa dell'urea

Ad un campione di urina eventualmente ridotto a metà o un quarto del suo volume per evaporazione si aggiunge acido nitrico concentrato. L'urea si trasforma in nitrato che si riconosce come precipitato cristallino e dorato. «Quando il saggio fu eseguito senza previa concentrazione, non abbiamo mai concluso dalla non comparsa del nitrato la scarsezza e molto meno la mancanza dell'urea, mentre nel caso contrario, a seconda dell'abbondanza della massa cristallina del nitrato, e della rapidità con cui si era ottenuto, ci siamo creduti autorizzati a dire che l'urea, più o meno, ma sempre in modo manifesto, sovrabbondava in quell'orina».[40]

Dosaggio dell'urea

• Metodo gravimetrico

Principio del metodo: L'urina trattata con acido nitrico dà un precipitato di nitrato dal cui peso si risale all'urea nel campione in esame.

Procedimento analitico: Una quantità di urina evaporata a bagno maria fino a secco, viene ripresa ripetutamente con alcool bollente. Alla soluzione alcoolica fil-

[37] ROSTER, *Sulle analisi eseguite* cit.
[38] *Ibidem*.
[39] ROSTER, *L'influenza del fegato* cit.
[40] ROSTER, *Sulle analisi eseguite* cit.

trata, evaporata e ripresa con pochissima acqua viene aggiunto acido nitrico. Il nitrato di urea che si forma è posto su un filtro, lasciato in luogo fresco per 24 ore, lavato con poca «acqua freschissima», asciugato, e quindi accuratamente pesato per risalire alla quantità di urea «partendosi dal fatto conosciuto che su 100 parti di nitrato di urea, questa vi figura per 53 interi».[41]

Altri autori fissano la quantità di urea al 48,8%, con formula del nitrato: *«$CO(NH^2)_2NO^3H$»*.[42, 43]

• Metodo gas-volumetrico («gasometrico»)

Principio del metodo: In soluzione alcalina l'ipobromito decompone l'urea secondo la reazione (E.W. Davy 1854):

$$CO(NH_2)_2 + 3NaOBr + 2\ NaOH \rightarrow N_2 + 3NaBr + Na_2CO_3 + 3\ H_2O$$

Dal volume di azoto liberato, misurato in apparecchi denominati «ureometri», si risale alla quantità di urea contenuta nel campione di urina in esame.

Yvon osserva che aggiungendo l'ipobromito all'urina viene prodotto azoto anche dall'acido urico e dalla creatinina per cui propone di pretrattare il campione con acetato basico di piombo, che elimina le due sostanze, filtrare e aggiungere una soluzione alcoolica di cloruro di zinco. Altri autori osservano invece che la sovrastima prodotta dai diversi composti azotati dell'urina viene «corretta» dal non completo decorrere della reazione con ipobromito per cui, anche senza preventivo trattamento il metodo può ritenersi sufficientemente affidabile per scopi clinici. La praticità e la relativa velocità del metodo porta, nel corso di cento anni a partire dalla metà dell'Ottocento, alla sua larga diffusione nei laboratori di chimica clinica e alla conseguente costruzione di più di trenta tipi diversi di ureometri.[44]

Il metodo di Yvon e l'ureometro che egli propone viene adottato nel laboratorio di Firenze nel 1878.

L'ureometro di Yvon

Si tratta di un apparato di vetro (Fig. 10) lungo circa 60 cm. Diviso in due parti da un rubinetto (R) al disotto del quale si trovano due bolle: la prima (B) che serve da camera di reazione è in comunicazione, tramite il tubicino d, con la seconda (B') collegata con un tubo graduato (C). Dall'imbuto graduato A si intro-

[41] *Ibidem*.

[42] Filippo Jorio, *L'urina nella diagnosi delle malattie. Trattato di chimica e microscopia clinica dell'urina*, Milano, Hoepli, 1906.

[43] Paolo E. Alessandri, *Urologia. Chimica e microscopia*, Milano, Hoepli, 1917.

[44] Giuliano Dall'Olio, Romolo M. Dorizzi, Paolo Telesforo, *Apparecchi del laboratorio clinico. Dalle origini al 1950*, Foggia, DI.TE, 1996.

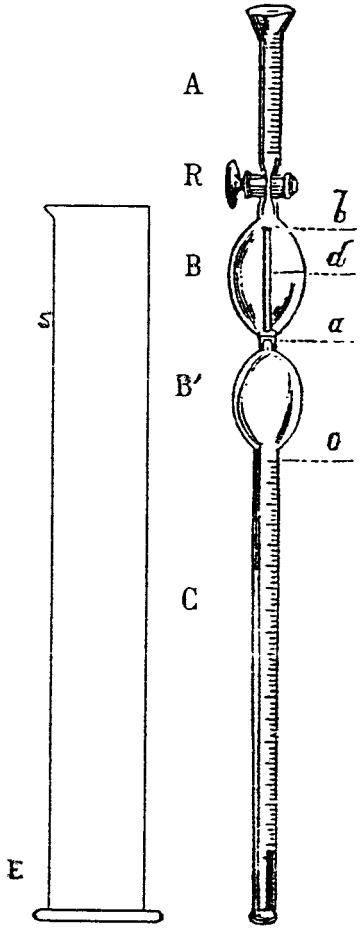


Fig. 10. L'ureometro di Yvon.

ducono in B opportune quantità di urina e di ipobromito. Dalla reazione si sviluppa azoto che attraverso b arriva al tubo C il quale era stato preventivamente immerso nel cilindro S pieno d'acqua in modo da farla arrivare alla graduazione corrispondente allo zero della scala. Dall'abbassamento del livello dell'acqua in C, che corrisponde al volume di azoto prodotto, si risale con semplici calcoli o con tabelle predisposte alla quantità di urea contenuta nel campione in esame.[45]

[45] DALL'OLIO, DORIZZI, TELESFORO, *Apparecchi del laboratorio clinico* cit.

Riassunto – Nella seconda metà dell'Ottocento, con la pubblicazione dell'opera di Justus Liebig *La chimica organica applicata alla fisiologia animale ed alla patologia* (1842), nasce la *chimica patologica* o *chimica clinica* una nuova disciplina che vede coinvolte la chimica, la fisiologia e la patologia. In quest'epoca il medico-chimico Giorgio Roster (1843-1927) del laboratorio dell'Arcispedale di Santa Maria Nuova di Firenze, affronta il problema dell'individuazione della sede di produzione dell'urea nell'organismo umano, argomento allora molto dibattuto dagli studiosi. Roster, utilizzando sapientemente i risultati delle numerose analisi chimico-cliniche condotte nelle urine e nel sangue a scopo diagnostico nel laboratorio di Firenze a partire dal 1867, pubblica nel 1879 un lavoro che avalla la teoria della formazione dell'urea nel fegato osservandone la diminuzione in pazienti con gravi affezioni epatiche. In particolare, il fatto che nei casi di atrofia giallo acuta e nell'avvelenamento da fosforo bianco, dove l'unico organo ad essere gravemente compromesso è il fegato, l'urea sia assente nel sangue e scarsissima nell'urina, porta Roster a concludere che il fegato è l'organo dove essa si produce.

PAOLO SAIELLO*

Un legame tra storia della fisica e storia della chimica: il *Teorema del calore* di Nernst**

A tie between the history of physics and that of chemistry: Nernst's *Theorem of Heat*

Summary – With respect to history, the Nernst heat theorem represents an interesting historical meeting point between the history of chemistry and the history of physics. In fact, on one hand it represents a fundamental progress in thermodynamics – of which it constitutes the third law – and on the other hand an important accomplishment in the physical chemistry program proposed by Ostwald in the late 19th century. On the basis of a historical inquiry, the author studies its significance and its role with respect to the theory of thermodynamics.

1. Introduzione: cosa tenta di dirci il terzo principio della termodinamica?

Questa domanda è apparsa sulla rivista americana degli insegnanti di fisica.[1] In effetti il problema del significato del terzo principio della termodinamica riguarda due genere di questioni: la prima è l'equivalenza delle due versioni con cui viene enunciato, la seconda è il ruolo da attribuire al principio all'interno della teoria termodinamica. Entrambe le questioni necessitano di uno studio che è sia di tipo storico che epistemologico.

Per quanto riguarda l'aspetto storico del problema, nel par. 2 si cercherà di ricostruire il programma di ricerca che conduce Nernst alla formulazione del suo

* Università «Federico II», Napoli, Dipartimento di Scienze Fisiche.

** Relazione presentata al X Convegno Nazionale di «Storia e Fondamenti della Chimica» (Pavia, 22-25 ottobre 2003).

[1] Steve Blau, Brad Halfpap, *What is the third law of thermodynamics trying to tell us?*, «American Journal of Physics», 64, 1, 1996, pp. 13-14.

Teorema del Calore e il suo successivo inserimento nella teoria termodinamica, come terzo principio. In seguito, nel par. 3, si passeranno in rassegna i diversi enunciati del terzo principio presenti in manuali moderni e trattati storici da cui risulterà la presenza di due versioni alternative. Nel par. 4 verranno prese in esame le dimostrazioni di equivalenza delle due versioni, ricostruendole dal punto di vista logico. Quindi, nel par. 5, le due versioni del principio saranno analizzate utilizzando uno schema interpretativo della storia della fisica recentemente proposto. Infine, nel par. 6, si presenterà una tabella riassuntiva dei risultati ottenuti e un'ipotesi conclusiva sul ruolo ed il significato del terzo principio.

2. Dal *Teorema del calore* di Nernst al terzo principio della termodinamica

Il *Teorema del calore* ha avuto origine, alla fine dell'800, nell'ambito della nascente teoria chimica fisica, dal tentativo di utilizzare i principi della termodinamica nello studio dei fenomeni chimici. L'obiettivo era quello di trovare una relazione matematica con la quale fosse possibile calcolare la quantità massima di energia che, durante una reazione chimica, può essere trasformata in lavoro meccanico utile (detta anche affinità A), a partire dalla quantità totale di energia termica scambiata (ovvero il calore di reazione Q), determinabile attraverso misure termiche. A questo problema, di carattere teorico, se ne aggiungeva un altro più generale: perché alcune reazioni chimiche avvengono ed altre no? In quali condizioni una reazione raggiunge uno stato di equilibrio? La soluzione di questi problemi, che avrebbe permesso di determinare l'affinità, l'equilibrio e la spontaneità delle reazioni chimiche, veniva ricercata a partire dai principi della termodinamica, in particolare dal secondo, espresso attraverso l'equazione di Gibbs-Helmholtz.[2]

In questo progetto di ricerca si inserisce l'opera di Nernst,[3] il quale, pur avendo

[2] L'equazione di Gibbs-Helmholtz può essere presentata in due maniere diverse a seconda del tipo di trasformazione termodinamica a cui si fa riferimento:

1) per processi a P costante: $\Delta G = \Delta H + T\,(\partial\Delta G/\partial T)_P$, dove G rappresenta il potenziale di Gibbs ($G = U - TS + PT$); e allora $(\partial\Delta G/\partial T)_P = -\Delta S$;
2) per processi a V costante $\Delta F = \Delta U + T\,(\partial\Delta F/\partial T)_V$, dove F rappresenta l'energia libera ($F = U - TS$); e allora $(\partial\Delta F/\partial T)_V = -\Delta S$.

Grazie all'introduzione dei potenziali termodinamici ed all'equazione di Gibbs-Helmholtz che stabilisce il loro legame, si può rispondere ai problemi presentati in precedenza. Infatti, in generale, le reazioni chimiche sono trasformazioni isoterme-isobare o isoterme-isocore e il secondo principio stabilisce che, per queste trasformazioni, la condizione di equilibrio venga raggiunta quando rispettivamente F e G assumono il loro valore minimo. È così possibile, per questi due tipi di trasformazioni, identificare l'affinità A rispettivamente con $-\Delta F$ e $-\Delta G$, secondo le relazioni $A_{V,T} = -\Delta F$ e $A_{P,T} = -\Delta G$; mentre a $-\Delta U$ e $-\Delta H$ si può far corrispondere il calore di reazione Q, secondo le relazioni $Q_{V,T} = -\Delta U$ e $Q_{P,T} = -\Delta H$. È inoltre possibile trasformare le derivate parziali in totali ($\partial/\partial T \rightarrow d/dT$), considerando le grandezze A e Q come dipendenti dalla sola temperatura.

[3] Erwin N. Hiebert, voce *Walther Nernst,* in Charles C. Gillispie (ed.), *Dictionary of Scientific Biography*, New York, Scribner, 1978, pp. 436-443; William H. Cropper, *Walter Nernst and the Last Law*, «Journal of Chemical Education», 64, 1, 1987, pp. 3-8.

ricevuto un'educazione da fisico, si occupa, in quegli anni, soprattutto di ricerche di chimica fisica, diventandone un protagonista; il risultato fondamentale del suo lavoro è il *Teorema del calore* del 1906.[4] Nel lavoro di Nernst l'equazione di Gibbs-Helmholtz ha la forma:

$$(A - U) = T\frac{dA}{dT} \quad [\text{con } U = U(T) \text{ e } A = A(T)] \tag{1}$$

La (1) è un'equazione differenziale ordinaria lineare non omogenea, la cui soluzione generale è data dalla somma di una sua soluzione particolare con la soluzione generale dell'omogenea associata:

$$T\frac{dA}{dT} - A = 0 \tag{2}$$

La soluzione generale della (2) è $A = A(T_0)\ T/T_0$, dove $A(T_0)$ è determinata dalle condizioni iniziali. Una soluzione particolare della (1) può essere ottenuta facilmente quando la si scriva nella forma:

$$\frac{1}{T}\frac{dA}{dT} = \frac{A - U}{T^2} \text{ e quindi } \frac{d}{dT}\left(\frac{A}{T}\right) = -\frac{U}{T^2} \tag{3}$$

Allora si ottiene che:

$$A = -T\int_{T_0}^{T}\frac{U}{T^2}\,dT \tag{4}$$

In definitiva la soluzione generale dell'equazione (1) è:

$$A = -T\int_{T_0}^{T}\frac{U}{T^2}\,dT + J_0T \ \text{ con } \ J_0 = \frac{A(T_0)}{T_0} \tag{5}$$

J_0 rappresenta la costante di integrazione determinabile a partire dalla condizione iniziale $A(T_0)$. La soluzione (5) può essere sviluppata mediante un'integrazione per parti e, ricordando la relazione $dU = C_V\ dT$ valida per trasformazioni isocore, diventa:

[4] Un resoconto del *Teorema* è contenuto in WALTHER NERNST, *The new heat theorem*, New York, Dover, 1969.

$$A = -T \int_{T_0}^{T} \frac{C_V}{T} dT + \Delta U + J_0 T \tag{6}$$

Dove la grandezza C_V (capacità termica a volume costante), come risulta dalle osservazioni sperimentali, a basse temperature non è più costante (dipende, infatti, da T). Le quantità ΔU e C_V possono essere entrambe valutate mediante misure calorimetriche; ma ciò non è possibile per la costante J_0.

I problemi generale e teorico della chimica fisica, esposti in precedenza, si riducono quindi ad un problema essenzialmente matematico: determinare J_0, condizione indispensabile per l'applicazione delle leggi della termodinamica allo studio delle reazioni chimiche. Nernst attribuisce a questo problema un significato teorico fondamentale, non ristretto alla semplice questione matematica del calcolo della costante di integrazione, e per risolverlo ricerca le proprietà comuni di A e U a basse temperature. A questo scopo Nernst sviluppa C_V in serie di potenze intere della temperatura utilizzando la legge di Kirchhoff (la legge era basata su dati sperimentali relativi ai gas, ma egli ne estende il campo di applicazione anche ai solidi):

$$C_V = \alpha + \beta T + \gamma T^2 + \ldots \tag{7}$$

Ciò conduce ad una soluzione dell'equazione di Gibbs-Helmholtz (1) della forma:

$$A = \Delta U - \alpha T \ln T - \beta T^2 - \frac{\gamma}{2} T^3 + \ldots + J_0 T \tag{8}$$

Per determinare la costante J_0 è necessario allora introdurre un'ipotesi sul valore di A, per una sostanza qualsiasi, ad una data temperatura; infatti J_0 dipende dalle «condizioni iniziali» di A ma è indipendente dagli altri parametri del sistema. Nernst sceglie come temperatura di riferimento lo zero assoluto e ipotizza che, al tendere della temperatura verso questo valore, il comportamento di A e U sia dato dalla relazione:

$$\lim_{T \to 0} \frac{dU}{dT} = \lim_{T \to 0} \frac{dA}{dT} = 0 \tag{9}$$

La (9), secondo la quale le curve di A e U diventano asintoticamente tangenti l'una all'altra all'approssimarsi della temperatura allo zero assoluto, esprime il contenuto del *Teorema del calore* e permette di determinare la costante di integrazione J_0. Infatti derivando la (8) si ottiene:

$$\frac{dA}{dT} = \frac{dU}{dT} - \alpha \ln T - \alpha - 2\beta T - \frac{3}{2} \gamma T^2 + \ldots + J_0 \tag{10}$$

E applicando la (9) alla relazione (10) e tenendo conto della (7), risulta $J_0 = 0$.[5]

Successivamente, il lavoro di Nernst si svolge seguendo due direzioni: da una parte accumulare un'ampia base sperimentale a sostegno del suo *Teorema*; dall'altra ampliarne la portata e il campo d'applicazione: da semplice legge particolare, ristretta ai fenomeni termochimici, a nuovo principio fondamentale, da affiancare agli altri due, a completamento della teoria termodinamica. Negli anni tra il 1906 ed il 1912 si sviluppa un dibattito che, malgrado le resistenze di alcuni fisici che considerano il risultato di Nernst come un semplice strumento per la soluzione di un problema chimico senza attribuirgli il ruolo di principio fondante della termodinamica, porta il *Teorema del calore* a diventare il terzo principio della termodinamica.

Si possono, a questo punto, riassumere gli elementi fondamentali del ragionamento di Nernst:

1) La determinazione della costante di integrazione J_0 dell'equazione di Gibbs-Helmholtz può essere effettuata sperimentalmente solo in un numero limitato di casi;
2) La relazione generale tra A e U non può essere determinata usando solo il primo e secondo principio della termodinamica, ma ha bisogno dell'introduzione di una nuova, fondamentale ipotesi: il *Teorema del calore*;
3) Questa ipotesi, necessaria alla determinazione teorica della costante J_0, costituisce il terzo principio della termodinamica.

L'importanza del nuovo principio viene rilevata da Planck;[6] il quale, nella terza edizione del suo testo di termodinamica, ne propone una versione alternativa rispetto a quella di Nernst che, essendo basata sul concetto di entropia, appare come molto più generale e potente. L'Enunciato di Planck – «Quando la temperatura diminuisce indefinitamente, il valore dell'entropia di un corpo chimicamente omogeneo di densità finita si approssima indefinitamente a zero» – permette di determinare la costante arbitraria presente nella definizione di entropia. Nel 1912 Nernst riformula il *Teorema del calore* in una nuova versione, più adeguata al suo carattere di principio fisico fondante della termodinamica, che ha la forma di un principio di impossibilità: «È impossibile realizzare qualsiasi processo che si svolga in dimensioni finite e per mezzo del quale un corpo un corpo possa essere raffreddato sino allo zero assoluto».[7] Nernst fornisce anche una dimostrazione di consistenza del nuovo principio con il secondo principio della termodinamica. Egli dimostra, a partire dall'ipotesi (contenuta nel *Teorema del calore*) che «allo zero assoluto ogni trasformazione reversibile è necessariamente adiabatica», che la possibilità di costruire un ciclo di Carnot in cui la sorgente a bassa temperatura sia allo zero assoluto, implicherebbe la possibilità di realizzare un moto perpetuo di seconda specie e quindi violerebbe il secondo principio.

[5] Infatti, per trasformazioni isocore $dQ = dU = C_V\, dT$ e, data la (7), $dU/dT = \alpha+\beta T+\gamma T^2+\ldots$; quindi dal *Teorema* di Nernst (9) si ottiene che $\alpha=0$.

[6] Max Planck, *Treatise on Thermodynamics*, New York, Dover, 1945, pp. 272-274.

[7] Nernst, *The new heat theorem* cit., pp. 78-89.

La versione proposta da Planck viene, comunque, accettata dalla maggioranza dei fisici, perché il concetto di entropia è considerato più familiare ed elegante e permette un immediato raccordo con le recenti conquiste della termodinamica statistica, nell'interpretazione di Bolztmann. All'insuccesso della versione di Nernst contribuisce inoltre il fatto che la sua opera appare ancora troppo legata alla teoria chimica ed a problemi di ordine pratico ed empirico.

In conclusione il terzo principio della termodinamica nasce, ad opera di Nernst, nell'ambito del programma di ricerca della chimica fisica; le sue radici sono nella teoria chimica, cioè nella ricerca di una soluzione, mediante le equazioni della termodinamica, del problema fondamentale della spontaneità delle reazioni chimiche. Entra, in seguito, a far parte della teoria fisica, ed in particolare della termodinamica, provocando un'ampia discussione circa la sua interpretazione, il suo significato e il suo enunciato.

3. I due enunciati del terzo principio

Dall'analisi di circa 20 tra manuali e articoli dedicati al terzo principio della termodinamica risulta che gli enunciati con cui viene espresso possono essere raggruppati in due versioni distinte (in realtà una delle due presenta una possibile variante) che corrispondono, grosso modo, a quelle originarie di Planck e di Nernst. Le due versioni sono le seguenti:[8]

Enunciato I: $lim\ \Delta S(x, T) = 0$ per $T \rightarrow 0$ o anche $S(x_1, 0) - S(x_2, 0) = 0$

Ovvero il limite della variazione di entropia di un sistema termodinamico, per qualsiasi trasformazione reversibile tra stati di equilibrio, tende a zero quando la temperatura si approssima allo zero assoluto, indipendentemente dagli altri parametri di stato termodinamici. A volte l'Enunciato I viene espresso facendo riferimento direttamente al valore dell'entropia allo zero assoluto, senza limitarsi a parlare di differenze di entropia, e questo valore viene posto uguale a zero; si ha allora:

Enunciato I$^{(P)}$: $lim\ S(x, T) = 0$ per $T \rightarrow 0$ o anche $S(x_1, 0) = S(x_2, 0) = 0$

La lettera P indica che questo enunciato corrisponde maggiormente a quello originario di Planck.

Enunciato II: È impossibile raggiungere la temperatura dello zero assoluto mediante una qualsiasi sequenza finita di trasformazioni termodinamiche.

[8] MARTIN J. KLEIN, *The Laws of Thermodynamics*, in RUURDS DE GROOT (ed.), *Termodinamica dei processi irreversibili*, Bologna, Zanichelli, 1960, p. 14.

L'Enunciato II viene generalmente chiamato principio di irraggiungibilità dello zero assoluto.

La maggioranza degli autori presi in esame introducono il terzo principio mediante l'Enunciato I (in alcuni casi nella forma $I^{(P)}$) o propongono entrambi gli enunciati ma dichiarano di preferire l'Enunciato I che esprimerebbe in maniera più adeguata il contenuto del principio e permetterebbe di ottenere l'Enunciato II come sua conseguenza. Fanno parte di questo gruppo Bernardini,[9] Afanassjeva,[10] Simon,[11] Sommerfeld,[12] Tisza,[13] Hermann,[14] Fuchs,[15] Wilks.[16] Quest'ultimo, ad esempio, afferma che anche se l'Enunciato II esprime il terzo principio, in analogia con il primo e secondo principio (impossibilità di realizzare un moto perpetuo di 1° e 2° specie) nella forma di un principio di impossibilità, esso non è del tutto equivalente all'Enunciato $I^{(P)}$; infatti mentre è possibile derivare l'Enunciato II a partire dall'Enunciato $I^{(P)}$, non è possibile il viceversa (d'altra parte viene fornita una dimostrazione di equivalenza completa tra Enunciato I e II). Quindi, secondo Wilks, né l'Enunciato I, né l'Enunciato II sono sufficienti ad esprimere compiutamente il terzo principio e l'Enunciato $I^{(P)}$ è preferibile agli altri.

Un altro gruppo di autori, meno numeroso del primo, propone entrambi gli enunciati del principio e, o li considera completamente equivalenti (Klein[17], Buchdahl,[18] Guggenheim[19]), o esprime la sua scelta a favore dell'Enunciato II (Rothstein, Pippard[20]).

Un caso ancora diverso è quello di Landsberg[21] il quale analizza in maniera acuta ed approfondita i due enunciati del principio, valutando il loro contenuto e la

[9] GILBERTO BERNARDINI, GIOVANNI GENTILE, GIOVANNI POLVANI, *Questioni di fisica*, Firenze, Sansoni, 1947, pp. 443-445.

[10] TATIANA AFANASSJEVA EHRENFEST, *I fondamenti della Termodinamica*, a cura di Antonino Drago, Pavia, La Goliardica Pavese, 1996, pp. 53-56.

[11] FRANZ E. SIMON, *Low Temperature Physics: Four Lectures*, London, Pergamon Press, 1961, pp. 4-7.

[12] ARNOLD SOMMERFELD, *Thermodynamics and Statistical Mechanics*, San Diego, Academic Press, 1964, pp. 71-75.

[13] LASZLO TISZA, *Generalized Thermodynamics*, Cambridge, MIT Press, 1966, pp. 17-20 e 78-80.

[14] ARMIN HERMANN, *The genesis of quantum theory*, Cambridge, MIT Press, 1971, pp. 129-131.

[15] HANS U. FUCHS, *The dynamics of heat*, New York, Springer-Verlag, 1966, pp. 162-163.

[16] JOHN WILKS, *The Third Law of Thermodynamics,* London, Oxford University Press, 1961, pp. 114-115.

[17] KLEIN, *The Laws of Thermodynamics* cit., pp. 12-16.

[18] HANS A. BUCHDAHL, *Concepts of classical thermodynamics*, Cambridge, University Press, 1966, pp. 106-112.

[19] EDWARD A. GUGGENHEIM, *Thermodynamics*, Amsterdam, North-Holland, 1967, pp. 157-159.

[20] ALFRED B. PIPPARD, *The Elements of Classical Thermodynamics*, Cambridge, University Press, 1966, p. 51.

[21] PETER T. LANDSBERG, *Thermodynamics and Statistical Mechanics*, New York, Dover, 1990; *idem*, *Answer to question # 34. What is the third law of thermodynamics trying to tell us?*, «American Journal of Physics», 65, 4, 1997, pp. 269-270.

possibilità di dedurre l'uno dall'altro per concludere che: «Il terzo principio è la collezione di due enunciati **non equivalenti**: il teorema di Nernst (che corrisponde all'Enunciato I) e il principio di irraggiungibilità dello zero assoluto (Enunciato II)».

4. Analisi delle dimostrazioni di equivalenza

Nei lavori dove sono presenti entrambi gli enunciati del terzo principio compaiono spesso delle dimostrazioni di equivalenza parziali (I ⇒ II o viceversa) o totali (I ⇔ II). L'analisi condotta ha cercato, dove possibile, di formalizzarle, individuandone le principali caratteristiche e la presenza di eventuali difficoltà e incongruenze dal punto di vista logico. Nella tabella del paragrafo 6, che riassume i risultati ottenuti, viene usata la seguente notazione per caratterizzare le varie dimostrazioni:

(*) Dimostrazioni condotte per assurdo utilizzando delle ipotesi ausiliarie.

(**) Dimostrazioni condotte per assurdo che presentano delle incongruenze logiche.

(***) Dimostrazioni puramente astratte e sviluppate mediante ragionamenti idealistici.

(****) Dimostrazioni solo enunciate, senza essere sviluppate in dettaglio.

La sola dimostrazioni di equivalenza totale del tipo (*) si trova in Buchdhal, bisogna comunque notare che quest'autore dedica particolare attenzione alla discussione dei due enunciati, mettendo in evidenza come l'Enunciato I sia una proposizione puramente formale e priva di reale contenuto fisico,[22] mentre l'Enunciato II sia una proposizione operativa legata a procedimenti fisici effettivi.[23] Questi giudizi appaiono particolarmente significativi e saranno sviluppati nel paragrafo successivo.

Dimostrazioni del tipo (**) si trovano in Klein,[24] Wilks[25] e Guggenheim.[26] Queste dimostrazioni sono tutte molto simili tra loro; si può scegliere come esempio quella di Guggenheim, formalizzandola risulta la seguente struttura logica:

[22] «Questo enunciato deve essere considerato come formale, nel senso che riguarda la proprietà di una certa funzione quando T→0. Infatti non è possibile alcun enunciato ragionevole riguardo le trasformazioni allo zero assoluto, dato che nessun sistema può raggiungere questa temperatura». BUCHDAHL, *Concepts* cit., p. 109.

[23] «Non è un approccio asintotico verso lo zero assoluto che viene preso in considerazione poiché, non importa quale possa essere il valore 'finale' di T, fino a quando non è esattamente zero non esiste alcun criterio per stabilire se sia 'abbastanza piccolo'. Così si può solo affermare che T = 0 sia o no raggiungibile. L'aggiunta della specificazione che ciò avvenga 'in un numero finito di operazioni' appare quanto meno inutile, poiché in nessun caso è possibile portare a termine un numero infinito di operazioni». BUCHDAHL, *Concepts* cit., p. 107.

[24] KLEIN, *The Laws of Thermodynamics* cit., pp. 14-15.

[25] WILKS, *The Third Law of Thermodynamics* cit., pp. 119-120.

[26] GUGGENHEIM, *Thermodynamics* cit., pp. 157-159.

Dim. II ⇒ I: (¬I ⇒¬II ovvero $S(\beta, 0) > S(\alpha, 0) \Rightarrow T_f = 0$) ⇒ (II ⇒ I)

1. *$\alpha(T_1)\rightarrow\beta(T_2)$ (adiabatica reversibile, trasformazione più favorevole per raggiungere $T_2=0$)*

2. *$S(\beta, T_2)=S(\alpha, T_1)$ (da 1., per il 2° Princ.)*

3. *$S(\alpha, T_1) = S(\alpha,0) + \int_0^{T_1} C_\alpha T^{-1}\, dT$ e $S(\beta, T_2) = S(\beta,0) + \int_0^{T_2} C_\beta T^{-1}\, dT$ (per il 2° Princ.)*

4. *$S(\alpha,0) + \int_0^{T_1} C_\alpha T^{-1}\, dT = S(\beta,0) + \int_0^{T_2} C_\beta T^{-1}\, dT$ (da 2., 3.)*

5. *$T_2=0$ e $T_1\neq 0$ (¬II)*

6. *$S(\beta,0) - S(\alpha,0) = \int_0^{T_1} C_\alpha T^{-1}\, dT > 0$ (¬I, da 4., 5. dato che $C_\alpha>0$)*

7. *$S(\beta, 0)>S(\alpha, 0) \Rightarrow \exists\, \alpha(T_1\neq 0)$: $\beta(T_2=0)$ (6. ⇒ 5. ovvero ¬I ⇒ ¬II)* [(**)]

8. *II ⇒ $S(\beta, 0)\leq S(\alpha, 0)$ (da 7., ¬5. ⇒ ¬6.)*

9. *Con lo stesso ragionamento per la trasformazione inversa ($\beta\rightarrow\alpha$): $S(\beta, 0)\geq S(\alpha, 0)$ (da 8.)*

10. *$S(\beta, 0)=S(\alpha, 0)$ (I, da 8., 9.).*

[(**)] *6. condizione necessaria affinché 5., cioè (¬6. ⇒ ¬5.) ⇒ (¬¬I ⇒ ¬¬II) ⇒ (I ⇒ II)*

Dim. I ⇒ II: (I∧2°Princ.∧¬II)⇒assurdo.

1. *$\alpha(T_1)\rightarrow\beta(T_2)$ (adiabatica reversibile, trasformazione più favorevole per raggiungere $T_2=0$)*

2. *$S(\beta, T_2)=S(\alpha, T_1)$ (da 1., 2° Princ.)*

3. *$S(\alpha, T_1) = S(\alpha,0) + \int_0^{T_1} C_\alpha T^{-1}\, dT$ e $S(\beta, T_2) = S(\beta,0) + \int_0^{T_2} C_\beta T^{-1}\, dT$ (per il 2° Princ.)*

4. *$S(\beta, 0)=S(\alpha, 0)$ (I)*

5. *$\int_0^{T_1} C_\alpha T^{-1} = \int_0^{T_2} C_\beta T^{-1}\, dT$ (da 2., 3., 4.)*

6. $T_2=0$ *e* $T_1 \neq 0$ ($\neg$*II*)

7. $\int_0^{T_1} C_\alpha T^{-1}\, dT = 0$ *(da 5., 6., assurdo dato che* $C_\alpha>0$ *e quindi* $\int_0^{T_1} C_\alpha T^{-1}\, dT >0$*).*

Come si vede, entrambe le parti della dimostrazione di equivalenza sono sviluppate per assurdo (come la maggioranza di quelle prese in esame), ma nella prima parte, al passaggio 7. si rileva un'inconseguenza logica che viene spiegata al punto (**). Considerazioni analoghe valgono per le dimostrazioni di Klein e Wilks. La presenza di queste incongruenze può essere interpretata come una conseguenza delle profonde differenze concettuali e filosofiche tra le due versioni riguardanti sia il processo con cui sono ottenute, sia il loro significato; differenze che vengono invece nascoste da dimostrazioni del tipo (***).

5. Versioni idealistiche e versioni costruttive del principio

La proposta interpretativa esposta in seguito si basa sulla recente scoperta di Drago[27] dell'esistenza di una opzione sulla scelta del tipo di matematica nella formulazione di una teoria scientifica e del ruolo della matematica costruttiva come valida alternativa rispetto alla matematica classica.

L'analisi infinitesimale, pur se fondata originariamente su concetti oscuri e metafisici, per lungo tempo si è imposta come unica matematica possibile per la teoria fisica, ciò a causa del suo legame con la meccanica newtoniana, teoria che ha funzionato da modello paradigmatico per tutta la scienza, dall'inizio del 700 alla fine dell'800. Malgrado che dopo la prima metà dell'800 l'analisi infinitesimale sia stata rifondata in maniera «rigorosa» da Dedekind e Weierstrass, escludendo gli infinitesimi e basando tutto sul concetto di limite (definito mediante la tecnica dell'ε-δ), essa ha continuato a fare uso dell'infinito in atto nella definizione dei suoi concetti e nelle sue tecniche (ad esempio, con l'assioma di Zermelo). Così, secondo questa matematica, il punto indicato dal processo di limite deve sempre esistere (dato che è ammessa la precisione assoluta); in particolare nel caso in cui il processo di limite è di tipo asintotico, il punto finale è determinato proprio dal valore del limite nel punto (infatti, secondo la matematica classica, ogni serie matematica convergente può sempre raggiungere il punto limite).

[27] ANTONINO DRAGO, *Termodynamics vs. Mechanics. A new look and a new didactic*, in PAOLO GIAQUINTA ET AL. (eds.), *Proceedings of Taormina Conference on Thermodynamics*, Messina, Accademia Peloritana dei Pericolanti, 1992, pp. 311-329; ID., *The alternative content of thermodynamics: Constructive mathematics and the problematic organisation of the theory*, in KATALIN MARTINAS ET AL. (eds.), *Thermodynamics. History and Philosophy,* Singapore, World Scientific, 1991, pp. 329-345; ID., *The choice of the kind of mathematics in historiography: The case-study of Sadi Carnot*, in LASZLO KOVÀCS (ed.), *History of Science in Teaching Physics*, Szombathely, Studia Physica Savariensa, 1996, pp. 102-122.

La matematica costruttiva,[28] al contrario, limitando l'uso dell'infinito solo a quello potenziale, sceglie di accettare un ente matematico solo quando esiste un procedimento effettivo per la sua costruzione e resta, in generale, sempre noto solo in maniera approssimata. Così, ad esempio, il punto finale nel calcolo del limite può solo essere avvicinato mediante intervalli successivi di ampiezza decrescente, cioè mediante un algoritmo finito, senza mai essere raggiunto esattamente. La matematica costruttiva appare quindi come la più adeguata a esprimere le leggi fisiche legate ai fenomeni ed ai dati sperimentali. Inoltre essa sa indicare quali problemi sono indecidibili, individuando i casi in cui non sia possibile trovare delle tecniche matematiche costruttive che permettano la loro soluzione. Questa sua capacità di esprimere problemi di indecidibilità la rende particolarmente adatta alla formulazione di teorie fisiche contenenti principi che affermano l'impossibilità di ottenere risultati e realizzare processi che sono esclusi dalla realtà sperimentale. In particolare, tra i problemi che la matematica costruttiva considera in generale indecidibili, vi è quello di stabilire se una variabile è uguale a zero con precisione assoluta. Ciò dipende dal fatto che ogni punto viene definito per mezzo di una serie di intervalli che lo approssimano sempre di più; così, in generale, non è possibile decidere se il punto limite esiste e se vale esattamente zero.

Si possono ora analizzare i due enunciati del terzo principio individuando l'opzione che essi compiono sul tipo di matematica, scegliendo quella che li esprime in maniera più adeguata.

Enunciato I (o $\mathbf{I^{(P)}}$) - In questo enunciato il valore dell'entropia $S(x, T)$ viene calcolato nel punto $T=0$ con precisione assoluta o attraverso un limite eseguito secondo la matematica classica. Il processo di limite, indicato nell'enunciato, presuppone quindi la possibilità di raggiungere il punto finale. Ciò determina le profonde difficoltà che la matematica classica incontra nell'esprimere il principio attraverso l'Enunciato I; infatti non è possibile alcun enunciato significativo riguardo le trasformazioni allo zero assoluto, dato che nessun sistema può effettivamente raggiungere questa temperatura. Per rappresentare adeguatamente il contenuto fisico del principio, il processo di limite dovrebbe essere inteso in maniera operativa attraverso una serie di successive approssimazioni del punto finale, procedimento in accordo con la matematica costruttiva. In definitiva l'Enunciato I, quando il limite viene inteso secondo la matematica classica, si riduce a un mero simbolismo, una regola mnemonica senza alcuna utilità, una pura relazione formale priva di reale contenuto fisico; questa matematica è, quindi, inadatta ad esprimere il terzo principio mediante l'Enunciato I.

[28] PASQUALE DE MARTINO, ANTONINO DRAGO, *Introduzione alla matematica costruttiva*, «Rendiconto Accademia delle Scienze Fisiche e Matematiche - Napoli», Serie IV, Vol. LXIX, Anno CXLI, 2002, pp. 37-49.

Enunciato II: L'enunciato va interpretato come una proposizione operativa che stabilisce l'impossibilità di raggiungere lo zero assoluto mediante qualsiasi procedimento effettivo; cioè, in accordo con i procedimenti della matematica costruttiva, mediante la costruzione di intervalli sempre più stretti intorno al valore limite della temperatura. La forma di principio di impossibilità ha inoltre, come immediato corrispettivo in questa matematica, il problema della indecidibilità della relazione $x = 0$. In conclusione, L'Enunciato II rappresenta, mediante una legge teorica, l'effettivo contenuto fisico e sperimentale del terzo principio ed è sostanzialmente in accordo con la maniera di operare della matematica costruttiva.

6. Conclusione: il terzo principio della termodinamica come principio metodologico

Per i due tipi di problemi posti dal terzo principio (equivalenza delle due versioni con cui viene enunciato, suo ruolo all'interno della teoria termodinamica) si può, a questo punto, proporre un'ipotesi di soluzione valida sia dal punto di vista storico che da quello dei fondamenti della teoria. Storicamente la chimica e la termodinamica si sono caratterizzate, nella loro formulazione originaria, dal ricorso ad una matematica semplice e da un contatto diretto tra nozioni e dati sperimentali, introducendo i loro concetti in maniera operativa e rifiutando i procedimenti idealistici e astratti tipici della matematica classica (ciò in contrasto col modello newtoniano). Il terzo principio nasce, nell'ambito del programma della chimica fisica, proprio come tentativo di eliminare questa «anomalia», applicando i principi della termodinamica, riformulati mediante le equazioni differenziali (equazione di Gibbs-Helmholtz), alla teoria chimica. Le difficoltà incontrate nella espressione del terzo principio possono allora essere interpretate come l'effetto di questo sforzo di introdurre in una teoria operativa come la chimica, le tecniche e i procedimenti astratti della matematica classica, allo scopo di adeguarla al modello scientifico dominante.

Dal punto di vista dei fondamenti della teoria, invece, la presenza di due versioni del terzo principio che appaiono fondamentalmente in contrasto e irriducibili l'una all'altra, trova una spiegazione nel diverso tipo di matematica a cui fanno ricorso. Le incongruenze presenti nelle dimostrazioni di equivalenza (che fanno spesso ricorso a procedimenti idealizzati e non operativi o addirittura non corretti logicamente) non sono allora sorprendenti ma sono il riflesso dell'incommensurabilità dei due enunciati del principio, dovuta alle scelte diverse che compiono riguardo il rapporto teoria-matematica. Inoltre, l'analisi condotta nel paragrafo precedente mette in rilievo le profonde difficoltà che la matematica classica incontra nell'espressione dell'effettivo contenuto fisico del principio. Si può allora affermare che, nel caso della termodinamica, la scelta che sempre si pone, nella formulazione delle teorie fisiche e chimiche, sul tipo di matematica più adatta ad esprimere il contenuto delle sue leggi, si risolve a favore della matematica costruttiva più aderente all'operatività fisica dei suoi concetti e immune dal pericolo di idealizzarne le nozioni rispetto ai corrispondenti dati empirici.

La tabella che segue riassume le diverse versioni del principio e le eventuali dimostrazioni di equivalenza fornite dagli autori presi in considerazione (la versione sottolineata indica quella che l'autore considera più adeguata ad esprimere il principio).

AUTORE	VERSIONE PROPOSTA Enunciato I – $\Delta S \to 0$ per $T \to 0$ Enunciato II Irraggiungibilità dello zero assoluto		Dimostrazioni di equivalenza
Nernst I (1906)	TDC		–
Nernst II (1912)		II ≡ IMP	–
Planck (1911)	$I^{(P)}$		–
Bernardini (1947)	$\underline{I}^{(P)}$ – I		$I^{(P)} \Rightarrow$ I (***)
Rothstein (1955)		II	–
Afanassjeva (1956)	$\underline{I}^{(P)}$ - II		$I^{(P)} \Rightarrow$ II (*)
Klein (1959)	I – II		I ⇔ II (**)
Simon (1961)	$\underline{I}^{(P)}$ - II		$I^{(P)} \Rightarrow$ II (**)
Wilks (1961)	$\underline{I}^{(P)}$ – I – II		$I^{(P)} \Rightarrow$ II; I ⇔ II (**)
Sommerfeld (1964)	TDC – $\underline{I}$ – II		TDC ⇔ I; I ⇒ II (**)
Buchdahl (1966)	I – II		I ⇔ II (*)
Tisza (1966)	$\underline{I}^{(P)}$ – I – II		–
Pippard (1966)		I – $\underline{II}$	I ⇐ II
Guggenheim (1967)	I – II		I ⇔ II (**)
Hermann (1971)	I		–
Enc. Fisica (1976)	$\underline{I}^{(P)}$ – I		$I^{(P)} \Rightarrow$ I (****)
Landsberg I (1989)	$\underline{I}$ – II		I + Ip. ⇒ II (****)
Landsberg II (1990)		I – $\underline{II}$	I ⇐ II (*)
Fuchs (1996)	$\underline{I}^{(P)}$ – II		$I^{(P)}$ ⇔ II (****)
Landsberg III (1997)	I – II		I ≠ II

(TDC) Teorema del calore
(IMP) Principio di impossibilità del moto perpetuo

In conclusione il terzo principio della termodinamica assume un ruolo che appare diverso da quello degli altri due; esso infatti, piuttosto che un principio generale o un principio sul rapporto con la realtà, rappresenta un principio metodologico che stabilisce il tipo di matematica più adatto ad esprimere i concetti ed i contenuti della teoria. I contrasti sollevati intorno al suo significato ed alla sua formulazione trovano allora una spiegazione che getta una nuova luce anche sul problema più generale della costruzione matematica dei concetti della teoria termodinamica.

Riassunto – Dal punto di vista storico il *Teorema del calore* di Nernst costituisce un interessante punto di contatto tra storia della chimica e storia della fisica: infatti esso rappresenta, da una parte il completamento dei principi teorici della termodinamica (di cui costituisce il terzo principio) e dall'altra un'importante realizzazione del programma della chimica fisica proposto da Ostwald alla fine dell'800. A partire dall'indagine storica vengono affrontati i problemi del suo significato e del suo ruolo all'interno della teoria termodinamica.

ANGELO ALBINI*

Un centenario che onora la scienza italiana. Come e perché agli inizi del Novecento nacque a Bologna la fotochimica**

A centennial that honors Italian chemistry. How and why photochemistry was born in Bologna at the beginning of the 20th century

Summary – In the first year of the 20th century, Giacomo Ciamician published his work on photochemical reactions in collaboration with Paul Silber. This was the first consistent and systematic effort towards rationalizing the chemical action of light (and was to remain the only one for 40 years). He had been motivated to this aim by dissatisfaction with organic synthesis as developed in the last decades that, he felt, arrived at wonderful results with too great a show of strength. He aimed to reproduce the mild conditions under which plants synthetize so many products. His work develops the reactions via the carbonyl triplet state that had to be the basis of photochemistry while this discipline was 'actually born' much later, and of the thus formed carbon-centered radicals. On the other hand, he prophetically anticipates the design of syntheses under mild conditions, able to better exploit natural resources, such as light, an idea that has become all important in recent years and is now called 'green chemistry'.

Nel 1900 Giacomo Ciamician, professore all'Università di Bologna, pubblicava un lavoro sulla riduzione del benzofenone e dell'acetofenone quando esposti alla luce solare.[1] Come egli stesso dichiarava, l'interesse per l'azione della luce sulle sostanze chimiche l'aveva spinto a cominciare alcune esperimenti nel 1886, quando si trovava presso il laboratorio di Cannizzaro a Roma. Il tema principale della sua ricerca era rimasto però fino ad allora quello della chimica del pirrolo, cui aveva

* Università di Pavia, Dipartimento di Chimica Organica.

** Relazione presentata al X Convegno Nazionale di «Storia e Fondamenti della Chimica» (Pavia, 22-25 ottobre 2003).

[1] GIACOMO CIAMICIAN, PAUL SILBER, *Chemischen Lichtwirkungen. Einwirkung des Lichtes auf alkohlishen Losungen von Benzophenon und Acetophenon*, «Ber. Dtsch. Chem Ges.», 1900, *33*, pp. 2911-2913.

dato (e continuerà per diversi anni a venire) un contributo fondamentale, sia nell'isolamento di nuove sostanze che nell'individuazione (e spiegazione, in particolare cogliendo l'analogia con la reattività del fenolo) di nuove reazioni, un contributo che gli era valso un ben fondato riconoscimento internazionale.

Con la nota del 1900 inizia, insieme all'amico Paul Silber, che lo aveva seguito da Roma a Bologna, una nuova serie dedicata alla fotochimica che si svilupperà per due decenni. Di fatto, nei tre anni seguenti vennero pubblicate altre note con nuove reazioni e divenne evidente che gli studiosi bolognesi stavano facendo emergere un campo del tutto nuovo. Possiamo quindi celebrare quest'anno il centenario della nascita della fotochimica, un centenario che onora la scienza italiana, tanto più quando lo si guardi in prospettiva storica.

La fotochimica è la scienza che studia le reazioni chimiche causate dalla luce; come si sa, l'assorbimento di un quanto di luce promuove la molecola ad uno stato eccitato, per cui più precisamente si può definire questa disciplina come lo studio del comportamento chimico degli stati eccitati. Di fatto, l'attività in questo campo si è sviluppata solo dopo che sono stati rivelati sperimentalmente gli stati eccitati e ne è stato determinato il ruolo, cioè a partire dagli anni 50 e poi con più estensione negli anni 60 e 70 del secolo testé concluso. Nella nuova comprensione – e presentazione – delle reazioni chimiche attraverso la struttura elettronica dei reagenti la fotochimica ha anzi giocato – e gioca – un ruolo assai importante, in quanto dimostra nella maniera più diretta come il cambiamento della struttura elettronica comporti un cambiamento di reattività; si pensi al significato determinante dell'opposto corso delle reazioni termiche e fotochimiche nella formulazione delle regole di Woodward e Hoffman.

Nei manuali di fotochimica e nei corsi universitari nel mondo, comunque, spesso si cita Ciamician come il fondatore di questa disciplina. Osservazioni isolate sull'effetto della luce ce ne furono dai primordi della chimica, ma non vi fu mai uno studio sistematico prima di quello del Ciamician, che doveva poi, come si è detto, rimanere senza seguito nella scienza per parecchi decenni. Ci si può chiedere allora come e perché la fotochimica sia nata cent'anni fa a Bologna. Non certo per esplorare la chimica degli stati elettronicamente eccitati, in un'epoca ben precedente la comprensione della struttura elettronica delle molecole, anche se Ciamician fu sempre attento alla relazione tra fisica e chimica e più tardi riconobbe, col Plotnikov, che l'azione della luce doveva esplicarsi attraverso 'qualche specie di ionizzazione' coinvolgente quanti di energia come descritto da Einstein.

Al contrario, la nascita della fotochimica si deve all'altro collegamento interdisciplinare che Ciamician sentiva come fondamentale, quello verso la biologia e in particolare al contrasto che lo scienziato sentiva, proprio nel momento in cui la chimica celebrava il suo successo, avendo elaborato negli ultimi decenni dell'Ottocento le vie fondamentali per la sintesi artificiale di prodotti identici ai naturali o innovativi rispetto ad essi, tra la 'rozzezza' della chimica svolta dall'uomo in provetta, e la mirabile (apparente) semplicità della sintesi negli organismi viventi, in particolare nei vegetali.

Il piano della ricerca è mirabilmente illustrato in una conferenza tenuta davanti alla Società Chimica Francese a Parigi nel 1908,[2] che inizia con queste parole:

> Aux grand victoires de la Chimie organique moderne […] on a souvent reproché d'être des victoires acquises avec trop d'appareil de force. Et, pour être juste, il faut convenir que de telles objections ne sont pas sans fondement; l'intervention des réactifs les plus énergiques et des températures les plus élevées est presque toujours inévitable dans les synthèses organiques de laboratoire. Cet emploi des puissant énergies ne serait du reste pas humiliant pour la chimie organique moderne, si le monde organisé et surtout le monde végétal ne nous donnait un exemple admirable de grand résultats obtenus, du moins en apparence, par les moyens les plus infimes.
>
> La chimie organique de laboratoire ne diffère pas tant de la chimie des organismes, par les matériaux qui sont la base des nos recherches et sur lesquelles nous agissons, que par la nature des réactifs que nous employons. Il est pourtant évident que pour les progrès ultérieur de la biologie, il est indispensable de pouvoir reproduire sans l'aide d'agents étrangers au monde vivant, par les seuls moyens dont dispose la nature, toutes les substances qui composent les êtres organisés et surtout les plantes.
>
> L'étude de ces moyens dont se servent les organismes dans les actions chimiques, présente naturellement les plus grandes difficultés: nos connaissances sur ce sujet sont donc, par conséquent, encore bien limitées.

Egli si era dunque chiesto da dove potesse derivare questa superiore capacità degli organismi ed aveva indicato due possibilità.

> A ce point de vue, il faut considérer en premier lieu les ferments ou enzymes. Ceux-ci sont, en effet, les principaux catalyseurs du monde organique et les résultats obtenus dernièrement font aisément pressentir ce qu'on peut légitimement espérer pour l'avenir.
>
> Mais, outre les ferments, il y a un autre agent qui est de la plus grande importance, pour les plantes du moins, et dont l'influence sur les processus organiques mérite un étude profond: c'est la lumière.[3]

Sul secondo tema si era messo a lavorare per determinare se l'assorbimento della luce potesse causare reazioni chimiche in condizioni blande (sul primo tema, in particolare sulle glicosidazioni metaboliche indagherà negli ultimi anni di vita). In altri termini, lo scienziato definiva come obiettivo quella che oggi si chiama 'chimica verde' o 'sostenibile', nata da una quindicina d'anni ma ormai diventata una vera e propria branca della chimica, con propri giornali specialistici e istituti scientifici dedicati.[4] Il tema della chimica verde nasce dalla constatazione che la sintesi artificiale parte da prodotti di partenza non rinnovabili (il petrolio e gli altri com-

[2] Pubblicata in GIACOMO CIAMICIAN, *Sur les actions chimiques de la lumière,* «Bull. Soc. Chim. Fr.», Ser. IV, 1908, 4, pp. I-XXVII.

[3] CIAMICIAN, *op. cit*., p. II.

[4] Si veda, ad esempio, PAUL T. ANASTAS and JAMES C. WARNER, *Green Chemistry: Theory and Practice*, Oxford, Oxford University Press, 1998.

bustibili fossili) che comunque vengono per la maggior parte usati per scopi diversi da quelli della sintesi, cioè appunto come combustibili per produrre energia. Le sintesi poi procedono per molti passaggi, ognuno dei quali richiede condizioni drastiche con l'uso di reagenti aggressivi non più recuperabili e comporta la formazione di sottoprodotti da smaltire. L'obiettivo della chimica verde è quello di individuare nuovi cammini sintetici, con il minor numero possibile di passaggi, che avvengano in condizioni blande, senza usare reagenti aggressivi e limitando gli scarti, partendo da risorse rinnovabili, ad esempio vegetali, invece che combustibili fossili.

Novant'anni prima che queste preoccupazioni si esplicitassero nella moderna società industriale, Ciamician sentì l'esigenza intellettuale di cercare una chimica più 'pulita'.

Il lavoro svolto di Ciamician e Silber rivelò infatti una serie di reazioni blande: si poteva, ad esempio, ossidare un alcool ad aldeide o chetone con aria per irraggiamento in presenza di chinone, anziché ricorrere ad acido nitrico; in queste condizioni polialcooli si trasformavano in zuccheri identici a quelli naturali e un passo più avanti gli zuccheri in osoni.

Si poteva ottenere la frammentazione di legami in α a carbonili. La reazione era efficiente nei cicloalcanoni e poteva portare ad acidi alcanoici ad alchenali. Riscoperti molti decenni più innanzi, questi processi sono ora noti come reazioni di Norrish. Eseguite in presenza di ossigeno portano alla scissione ossidativa a dare due acidi carbossilici, processo che per via termica si ottiene solo con permanganato a caldo. Oltre ad ossidazioni in condizioni blande si potevano ottenere anche riduzioni. Ad esempio, la dimerizzazione riduttiva di chetoni a pinacoli si poteva ottenere per irraggiamento in alcoli, anziché per trattamento con metalli, sostituendo così reagenti che avrebbero dato poi residui da smaltire con un reagente per eccellenza pulito come la luce.

La sintesi di nuove molecole per formazione di legami carbonio-carbonio era esemplificata dalla formazione di 3,4-dimetil-2,5-esandione per irraggiamento di 2-butanone in alcoli: un esempio, come ora comprendiamo, di accoppiamento radicalico che a Ciamician sembrava giustamente avere analogia con la condensazione aldolica, ma di nuovo senza l'uso di reagenti aggressivi. L'irraggiamento del carvone poi portava alla formazione di un anello ciclobutanico per cicloaddizione intramolecolare (come correttamente proposto da Ciamician, anche se provato in seguito, data la difficoltà di stabilire una struttura così inusuale con i mezzi dell'epoca), un esempio di 'economia' di sintesi, in quanto in un solo passaggio si causa una profonda trasformazione molecolare con la formazione di due legami carbonio-carbonio, realizzando un altro degli obiettivi della moderna chimica verde.

In realtà, il lavoro di questi scienziati presenta già tutte le reazioni principali dei carbonili attraverso lo stato tripletto, quelle che formano tuttora il gruppo principale delle reazioni fotochimiche studiate ed utilizzate in sintesi. Di più, Ciamician mette ben in evidenza appunto il valore sintetico di queste reazioni, che come ora comprendiamo forniscono per la prima volta un uso sintetico dei radicali al carbo-

nio.[5] È quindi possibile far sintesi chimica in maniera più pulita, ad esempio sfruttando la luce. Anzi, Ciamician coglie un altro importante aspetto della moderna 'chimica verde': è necessario avere a disposizione una fonte per le materie prime che differisca dal carbone (allora del tutto predominante, diremmo ora dal petrolio), perché tali risorse non sono rinnovabili e sono usate in gran parte non come punto di partenza per sintetizzare composti nuovi, ma per la semplice produzione di energia. Qui di nuovo, lo sfruttamento dell'energia solare ben si presta.

Come detto ancora nella conferenza a Parigi: «il se pourrait ainsi, que le problème de l'utilisation de l'énergie rayonnante solaire pût devenir intéressant d'une autre manière: quand toute la houille aura été brûlée dans nos prodigues industries, il sera peut-être nécessaire, même pour l'économie sociale, de recourir a l'exploitation de l'énergie de la lumière».[6] In una seguente conferenza tenuta a New York nel 1912,[7] notava che «modern civilization is the daughter of coal, for this offers to mankind the solar energy in its most concentrated form; that is, in a form in which it has been accumulated in a long series of centuries. Modern man uses it with increasing eagerness and thoughtless prodigality».

Tuttavia, le riserve di carbone non erano certe infinite, per cui era opportuno chiedersi a quali altre fonti di energia ci si potesse rivolgere. Menzionando tra le alternative anche l'energia collegata alla disintegrazione atomica, per cui allora non era disponibile un modo di sfruttamento accessibile, Ciamician giunge a considerare la luce solare e mette in evidenza come una superficie terrestre di soli 10000 chilometri quadrati riceva in un anno una quantità di energia luminosa corrispondente a tre volte quella fornita da tutto il carbone allora estratto nello stesso periodo; il deserto del Sahara riceveva in un giorno l'energia corrispondente a sei volte la produzione annua di carbone. E, naturalmente, si trattava di un flusso di energia costantemente disponibile per tutto il futuro pensabile, a differenza dei giacimenti fossili, e non costoso: che sarebbe successo invece all'economia mondiale, si chiedeva lo scienziato, se il prezzo dei combustibili fossili fosse improvvisamente aumentato?

Oltre che per l'energia, il problema si poneva per l'industria chimica, che allora cominciava a prendere un ruolo vitale nelle società sviluppate. A parte il capestro del prezzo, si trattava comunque della disponibilità delle materie prime: ad esempio lo schema industriale per la produzione dell'indaco aveva dovuto essere variato in modo da partire dal naftalene anziché, come prima immaginato, dal toluene, perché la seconda materia prima non era disponibile in quantità sufficiente.

[5] Per un resoconto più preciso delle reazioni fotochimiche descritte da Ciamician e Silber si veda ANGELO ALBINI, MAURIZIO FAGNONI, *Green chemistry and photochemistry were born at the same time*, «Green Chemistry», 6, 2004, pp. 1-6; VINCENZO BALZANI, MARIA TERESA GANDOLFI, *Le intuizioni di Giacomo Ciamician pioniere della chimica*, in *Giacomo Ciamician a Bologna*, Bologna, Lo Scarabeo Editrice, 2003, pp. 5-36.

[6] CIAMICIAN, *op. cit.*, p. II.

[7] Pubblicata in GIACOMO CIAMICIAN, *The photochemistry of the future*, «Science», 36, 1912, pp. 385-394.

Lo scienziato intravedeva un futuro in cui si potesse avere migliore sfruttamento delle risorse, in particolare della maggiore, quella su cui la natura stessa si basa, la luce solare. Nelle regioni in cui la vegetazione era ricca, la fotochimica avrebbe potuto esser lasciata alle piante, razionalizzando la coltivazione. Ad esempio, alberi che crescessero più in fretta, dando realtà al sogno di Faust ('und Bäume sind täglich neu begrünen!'), come si era già visto per la cellulosa per la carta, o come si sarebbe potuto pensare per la produzione di un combustibile ideale: «the production of organic matters may be largely increased, making use, of course, of suitable mineral fertilizers […] The harvest, dried by the sun, ought to be converted, in the most economical way, entirely into gaseous fuel, taking care during this operation to fix ammonia which should be returned to the soil as nitrogenous fertilizer together with all the mineral substances contained in the ashes».[8]

D'altra parte, nelle regioni deserte e inadatte a qualsiasi coltivazione, si sarebbe dovuta usare la fotochimica artificiale. Questa avrebbe provveduto sia a fornire materiali di partenza, ad esempio convertendo acqua e biossido di carbonio in ossigeno e metano, o con la sintesi di ozono, triossido di zolfo, ammoniaca, ossidi di azoto, in un certo senso similmente a quanto le piante fanno riducendo l'anidride carbonica nella fotosintesi clorofilliana, sia alla sintesi fine, imitando quanto fanno le piante con la produzione di metaboliti secondari: «On the arid lands there will spring up industrial colonies without smoke and without smokestacks; forest of glass tubes will extend over plains and glass buildings will rise everywhere; inside of these will take place the photochemical process that hitherto have been the guarded secret of the plants».[9]

Non sembra sia necessario sottolineare quanto anticipatrici siano queste posizioni rispetto a quello che è diventato tema di pubblico dibattito cento anni dopo. Si potranno forse indicare alcune prospettive sul ruolo dello scienziato e la storia della scienza. L'attenzione odierna all'inquinamento prodotto dall'industria chimica nasce da una realtà ben evidente. Ciamician anticipa questa preoccupazione nel momento cruciale in cui la scienza ha già dimostrato che la sintesi chimica artificiale di prodotti eguali o sostituibili a quelli naturali è possibile ed ha tracciato le linee fondamentali della sintesi; per usare le parole di Cerruti,[10] la chimica ha già mostrato di essere 'bella e potente' (e Ciamician ha partecipato allo sforzo, in particolare con le estremamente innovative ricerche sul pirrolo). Tuttavia, l'industria chimica è solo all'inizio del suo sviluppo in grande scala. La preoccupazione ambientale dello scienziato è pertanto anticipatrice, anche se si basa naturalmente sui problemi di inquinamento causati da industrie sviluppatesi prima, come l'industria meccanica.

[8] CIAMICIAN, *The photochemistry* cit., p. 388.

[9] *Ivi*, p. 394.

[10] LUIGI CERRUTI, *Bella e potente. La chimica del Novecento fra scienza e società*, Roma, Editori Riuniti, 2003.

Cosa importante, Ciamician mette alla base della sua ricerca di una chimica verde prima di tutto uno stimolo intellettuale: la natura sa fare meglio, l'uomo deve arrivare ad imitarne l'economia di mezzi. In seguito, lo scienziato ravvisa un elemento morale nello sviluppo di una industria chimica compatibile con l'ambiente. Come affermò a New York, «life and civilization will continue as long as the sun shines! If our black and nervous civilization, based on coal, shall be followed by a quieter civilization based on the utilization of solar energy, that will not be harmful to progress and to human happiness».[11] Questo entusiasmo 'Belle Époque' per l'inesauribilità del progresso sociale ed industriale è saldamente basato sulla fiducia nella scienza. La storia ha mostrato, egli dice, che un progresso scientifico è condizione e si traduce in un processo industriale. Certamente egli pensava al grande sviluppo della chimica tedesca negli ultimi decenni dell'Ottocento, basato sulla stretta associazione tra ricerca accademica ed industriale, come esemplificato dalla straordinaria figura di Liebig. A questo proposito si può notare che, come riportato da Ciardi in questo stesso volume,[12] Borodin venendo a Pisa da Karlsruhe trovava laboratori altrettanto attrezzati di quelli tedeschi. Purtroppo però, alcuni anni dopo Ciamician non poteva accettare la proposta di Wilstätter (in seguito premio Nobel) che desiderava raggiungerlo a Bologna per proseguire le ricerche con lui, in quanto riteneva le attrezzature scientifiche bolognesi inadatte a chi avesse l'abitudine alla molto più ricca situazione tedesca. Ormai l'Italia stava staccandosi da una scienza in veloce sviluppo, ma Ciamician, come abbiamo visto, non perdeva la fiducia che lo sviluppo scientifico avrebbe consentito anche quello applicativo.

Non è qui il caso di rievocare la figura di Ciamician, ricordata in molte occasioni, anche in questa serie di convegni, e caratterizzata da un inusuale impegno verso le frontiere della chimica, che riteneva dovesse avere stretti contatti con la fisica da un lato e la biologia dall'altro. Certamente, la figura di questo scienziato si caratterizza per l'ampio respiro delle indagini affrontate e l'originalità dei temi e delle proposte che ne rende l'opera quasi profetica e lo hanno reso padre di due settori della chimica oggi molto significativi, fotochimica e chimica verde. Anche dal punto di vista didattico, la sua avventura intellettuale può essere un utile stimolo.

Riassunto – Nei primi anni del Novecento, Giacomo Ciamician pubblica, in collaborazione con Paul Silber, una serie di lavori su reazioni fotochimiche. Questo era il primo – e doveva restare per un quarantennio l'unico – sforzo coerente e sistematico per comprendere le azioni chimiche della luce. La motivazione che aveva spinto lo scienziato in questa dire-

[11] CIAMICIAN, *The photochemistry* cit., p. 394.

[12] Cfr. in questo volume M. CIARDI, *San Pietroburgo, Karlsruhe, Pisa: Aleksandr Porfirievič Borodin e la chimica italiana nell'età del Risorgimento*.

zione era l'insoddisfazione per la sintesi organica come si era venuta sviluppando negli ultimi decenni, che gli pareva giungesse a mirabili risultati con mezzi però troppo energici. Egli mirava invece a riprodurre le blande condizioni in cui le piante sintetizzano una così gran varietà di prodotti. Da un lato, il suo lavoro porta alla scoperta delle reazioni via tripletto dei composti carbonilici, le stesse che molto più tardi sarebbero state la base della fotochimica quando questa disciplina 'nasce' effettivamente con il riconoscimento del ruolo degli stati eccitati, e delle susseguenti reazioni dei radicali al carbonio. Dall'altra, con straordinario intuito anticipa l'ideazione, divenuta preoccupazione pressante in questi ultimi anni, di una sintesi in condizioni blande, non inquinanti, che meglio sfrutti le risorse naturali, prima di tutto la luce: quella che ora è chiamata 'chimica verde'.

BERNARDINO FANTINI*

L'emoglobina è un organo o una molecola? Le malattie molecolari fra chimica, biologia e medicina**

Is haemoglobin an organ or a molecule? Molecular diseases between chemistry, biology and medicine

Summary – Molecular biology utilises concepts deriving principally from the knowledge of the three-dimensional structures of biological macromolecules, as explanatory principles; it studies their genesis and function. In 1971, chemist Max Perutz defined the haemoglobin molecule as a 'molecular lung' and again proposed a theorization that began with Linus Pauling's famous work on sickle-cell anaemia. The macromolecules of biological interest are defined more as an organ than as chemical molecules. Analysing the origins of the concept of molecular disease and its implications, shows that molecular biology, contrary to dominant reductionist views, is biology applied to macromolecules, rather than biology explained with molecules.

Introduzione

Nel 1971 il chimico Max Perutz, Premio Nobel per la chimica nel 1962 insieme al suo collaboratore John Kendrew, in un articolo in cui riassume i risultati dei suoi studi cristallografici sulla struttura dell'emoglobina, definisce questa molecola, un 'polmone molecolare', 'a molecular lung'.[1] Lo stesso tipo di teorizzazione è alla base del concetto di 'malattia molecolare' proposto nel 1949 da Linus Pauling, dopo la scoperta della variazione genetica che modifica un residuo di aminoacido della catena β dell'emoglobina, divenuto rapidamente il simbolo della possibilità di spiegare in laboratorio la causalità delle malattie. Una modifica della sequenza di ami-

* Université de Genève, Institut d'Histoire de la Médecine et de la Santé, Faculté de Médecine.

** Relazione presentata al X Convegno Nazionale di «Storia e Fondamenti della Chimica» (Pavia, 22-25 ottobre 2003).

[1] MAX F. PERUTZ, *Haemoglobin: the Molecular Lung*, «New Scientist», 1971, pp. 676-679.

noacidi della macromolecola modifica le sue funzioni e può portare alla malattia e alla morte. Ma questo si verifica solo quando tale modifica produce dei cambiamenti della forma della molecola e quindi delle sue relazioni con altre molecole.

Per questo la molecola dell'emoglobina, che deve ai mutamenti conformazionali il proprio ruolo fisiologico, e alle sue malformazioni il manifestarsi di patologie molecolari, viene definita da Max Perutz «un polmone molecolare … un organo su scala molecolare», che può ammalarsi come un qualsiasi altro organo. Da oggetti chimici le macromolecole si trasformano in oggetti biologici, più vicini agli organi studiati dagli anatomisti, dai morfologi e dai patologi che alle molecole ordinarie dei chimici e anche dei biochimici. È la forma delle macromolecole, chimicamente costruita ma biologicamente determinata, che è alla base dei caratteri fondamentali dei sistemi viventi.

Chimica, biologia e medicina in Claude Bernard

Questa teorizzazione è certo profondamente innovativa ma per molti aspetti, non secondari, riprende l'analisi sperimentale ed epistemologica che era stata sviluppata nel XIX secolo da Claude Bernard. Soprattutto nell'ultimo suo libro,[2] il fisiologo francese aveva distinto due tipi di determinismo all'opera nei sistemi biologici, il determinismo chimico-fisico, responsabile della realizzazione dei fenomeni, e il determinismo morfologico (diremmo oggi informazionale) che li controlla e li finalizza.

La riproposta separazione fra 'forze chimiche e fisiche' e 'atti dell'economia' o 'organizzazione' ripropone il paradosso tradizionale: i sistemi viventi sono retti dalle leggi deterministiche della chimica e della fisica oppure è l'organizzazione (che prende il posto dell'*archè* e della *forza vitale*) che dirige e controlla i fenomeni fisici e chimici all'interno dei sistemi biologici? Ed anche ammettendo il ruolo di 'controllo' da parte dell'organizzazione, come questo si manifesta, si realizza e come si mantiene la sua continuità nel tempo, durante la vita dell'organismo e nel susseguirsi delle generazioni?

Claude Bernard è il biologo ottocentesco che, riassumendo nel pieno di una rivoluzione scientifica un secolo di elaborazione teorica, sembra più di altri aver approfondito il significato di questo paradosso, senza tuttavia tentare di risolverlo, anzi affermandone la natura sostanziale, inevitabile, irriducibile.[3]

[2] CLAUDE BERNARD, *Leçons sur les phénomènes de la vie communs aux animaux et aux végétaux,* Paris, Baillière et Fils, 1878. Reprint avec une préface de Georges Canguilhem, Paris, Vrin, 1966.

[3] BERNARD, *Leçons sur les phénomènes de la vie* cit. In questo testo fortemente teorico, Bernard distingue due parti distinte delle scienze biomediche, che si interessano rispettivamente dello studio delle funzioni e di quello delle forme: «Aujourd'hui nous séparons la physiologie de la zoologie, parce que nous séparons la *phénoménologie* vitale de la *morphologie* vitale. La morphologie

Esaminando i caratteri generali degli esseri viventi, Claude Bernard li riconduce a cinque: a. l'organizzazione, b. la generazione (riproduzione), c. la nutrizione, d. l'evoluzione (nel senso di sviluppo embrionale), ed infine e. la caducità, la malattia, la morte.[4] Tra questi, l'organizzazione (e la nutrizione o assimilazione che ne permette il mantenimento) sembra avere un significato speciale. Scrive Claude Bernard:

> L'*organizzazione* risulta da una combinazione di sostanze complesse che reagiscono le une con le altre. Per noi è la disposizione che dà origine alle proprietà immanenti della materia vivente, disposizione speciale e molto complessa, ma che obbedisce egualmente alle leggi chimiche generali del raggruppamento della materia. Le proprietà vitali non sono in realtà che le proprietà chimico-fisiche della materia organizzata.[5]

La nutrizione o assimilazione era stata da sempre considerata, nota Claude Bernard, come il carattere distintivo, essenziale, degli esseri viventi, come la più costante e la più universale delle sue manifestazioni, la sola che «deve e può essere sufficiente a caratterizzare la vita». La nutrizione consiste nello scambio continuo delle componenti materiali dell'organismo vivente, sede di un movimento nutritivo che interessa tutte le sue parti. Questo «rinnovamento molecolare» non può essere osservato direttamente, ma dato che ne possiamo determinare i prodotti di origine e di fine, l'ingresso e l'uscita, possiamo concepirne le fasi intermedie all'interno del corpo. La nutrizione è come una corrente di materia che attraversa l'organismo, la cui forma rimane costante nonostante il rinnovamento chimico continuo delle sue parti. Bernard cita Georges Cuvier e Marie-Jean-Pierre Flourens, che avevano proposto metafore rimaste classiche a questo proposito: «L'essere vivente è un vortice a direzione costante, nel quale la materia è meno essenziale della forma» (Cuvier); «La vita è una forma servita dalla materia» (Flourens).

Ma dunque, sembra chiedersi Bernard, percependo con chiarezza il paradosso, cosa assicura il mantenimento della forma, la continuità dell'organizzazione che determina le 'proprietà vitali'? E la risposta la trova nella riproposta di un dualismo teorico di fondo, che separa le 'condizioni chimico-fisiche' dalle 'leggi morfogenetiche' e afferma l'esistenza di un 'disegno prestabilito':

> I fenomeni vitali hanno certo le loro condizioni chimico-fisiche rigorosamente determinate; ma allo stesso tempo essi si subordinano e si succedono in una concatenarsi e seguendo una legge fissata in precedenza: essi si ripetono eternamente, con ordine, regolarità, costanza, e si armonizzano, in vista di un risultato che consiste nell'organizzazione e nella crescita dell'individuo, animale e vegetale.[6]

vitale, nous ne pouvons guère que la *contempler*, puisque son facteur essentiel, l'hérédité, n'est pas un élément que nous ayons en notre pouvoir et dont nous soyons maîtres comme nous le sommes des conditions physiques des manifestatins vitales: la phénoménologie vitale, au contraire, nous pouvons la diriger» (p. 342).

[4] *Ivi*, pp. 32-33.

[5] *Ivi*, p. 32.

[6] *Ivi*, p. 51.

Riprendendo la formulazione di Bichat, Bernard afferma che «a vita è un conflitto» e le sue manifestazioni risultano dall'intervento di due fattori: le «leggi prestabilite», dovute all'atavismo, all'ereditarietà, che regolano i fenomeni nella loro successione, concerto e armonia, e le «condizioni chimico-fisiche» determinate che sono necessarie alla produzione dei fenomeni.[7] Se il fisiologo sperimentale può avere un controllo totale in laboratorio sulle «condizioni chimico-fisiche», egli non ha alcuna presa sulle leggi morfogenetiche, che sono il risultato dello «stato anteriore» dei sistemi biologici, trasmesso attraverso l'eredità. Per questo, conclude Claude Bernard, alcuni filosofi e fisiologi hanno potuto scrivere che la vita non è che ricordo: «io stesso ho scritto che il germe sembra conservare la memoria dell'organismo da cui deriva».[8]

Se ogni fenomeno dell'economia è tributario delle forze generali della natura, quando viene considerato nelle sue relazioni, nei suoi rapporti con gli altri fenomeni vitali, esso manifesta un legame speciale, sembra essere diretto da una «qualche guida invisibile» che lo indirizza su una strada determinata, attribuendo il posto che ad esso compete nell'organizzazione. «Vi è come un disegno prestabilito di ogni essere e di ogni organo», un *quid proprium* dell'essere vivente, legato ad un «ordinamento vitale prestabilito».[9]

Questo «piano organico», tuttavia, non è propriamente una forza vitale, in quanto non interviene attivamente nei processi chimici, i quali sono invece soggetti ad un rigido determinismo chimico-fisico, che si può studiare in modo rigoroso in laboratorio.[10] Il potere di controllo è quindi distinto, separato, dal potere esecutivo, responsabile della produzione dei fenomeni vitali. La sola forza vitale che Bernard vuole ammettere è «una sorta di forza legislativa, ma per nulla esecutiva».

> Per riassumere il nostro pensiero, potremmo dire metaforicamente: la forza vitale dirige dei fenomeni che essa non produce; gli agenti fisici producono dei fenomeni che essi non dirigono.[11]

Ma questi due aspetti della vita non possono essere separati, morfologia e fenomenologia, forma e funzione, leggi morfogenetiche e determinismo chimico-fisico sono intrinsicamente legati ed inseparabili:

> Considerando la questione in modo assoluto, si deve dire che la vita non è né un principio né una risultante. Essa non è un principio, perché questo principio, in

[7] *Ivi*, p. 66.
[8] *Ibid.*
[9] *Ivi*, p. 51.
[10] «Riassumendo, noi reclamiamo l'universalità del principio del determino fiiologico nell'organismo vivente, ed esprimeremo il nostro pensiero nel modo seguente: 1° Ci sono delle *condizioni* materiali determinate che regolano la comparsa dei fenomeni vitali; 2° Ci sono delle *leggi* prestabilite che ne regolano l'ordine e la forma», *ivi*, p. 63. Questa stessa tematica è sviluppata da Claude Bernard nel *Rapport sur les progrès et la marche de la physiologie générale en France*, Paris, Imprimerie Impériale, 1867.
[11] BERNARD, *Leçons sur les phénomènes de la vie* cit., p. 51.

> qualche modo dormente o in attesa, sarebbe incapace di agire da solo. La vita non è d'altro canto una risultante, in quanto le condizioni chimico-fisiche che presiedono alla sua manifestazione non saprebbero imprimere ad essa alcuna direzione, alcuna forma determinata … Nessuno di questi due fattori, preso isolatamente, può spiegare la vita. La loro riunione è indispensabile. Di conseguenza, per noi la vita è un conflitto. Le sue manifestazioni risultano da una relazione stretta ed armonica tra le *condizioni* e la *costituzione* dell'organismo.[12]

Il linguaggio riccamente metaforico di Claude Bernard – «ordre vital, dessin préétabli, guide invisible, plan organique, lois préétablies, souvenir, mémoire» – ha molte assonanze facilmente percepibili con la teorizzazione contemporanea in biologia molecolare, centrata sui concetti di programma e informazione, ma sembra egualmente riecheggiare i sinonimi usati da Stahl per designare l'anima o principio vitale nel Settecento (φυσιζ, *natura rerum; vitae auctor, seu potius animalis natura, vel anima; ens activum; principium activum; principium vitale)*.[13]

Ed andando ancora più indietro nella storia, il tentativo di Fabrizi d'Acquapendente, alla fine della sua opera scientifica di grande anatomico, di spiegare il moto in base alla anatomia e alle leggi della fisica,[14] non è un maldestro tentativo di uscire dal suo terreno per invadere quello del fisico, ma piuttosto un dichiarare la parzialità degli studi puramente morfologici e la necessità di associare allo studio della forma lo studio della funzione.

La tradizionale dicotomia del pensiero biologico e medico, quella fra forma e funzione, fra struttura e dinamismo chimico, costituisce in effetti una diversa espressione della dicotomia fra determinismo chimico-fisico e 'disegno vitale'. La permanenza della forma, della struttura, dell'organizzazione è in effetti la causa della permanenza nel tempo dei fenomeni vitali. Segno evidente, questo, di una continuità teorica, della permanenza di un paradosso fondamentale, al di là delle profonde trasformazioni verificatesi in medicina e in biologia. Il sogno cartesiano di una spiegazione puramente meccanica della vita, come quello paracelsiano o helmontiano di una spiegazione puramente chimica della vita, basata sulla fermentazione, anche se troveranno ancora nel Novecento sostegni scientifici e filosofici, con il riduzionismo meccanicistico alla Loeb[15] o la 'teoria enzimatica della vita',[16] si infrangono contro la permanenza irrisolvibile di un dualismo fondamentale fra meccanismo e progetto, fra determinismo chimico-fisico ed esistenza di un 'disegno vitale', di un programma.

[12] *Ivi*, pp. 344-345.

[13] Su questo punto si veda Francesco Paolo De Ceglia, *Introduzione alla fisiologia di Georg Ernst Stahl,* Lecce, Pensa Multimedia, 2000.

[14] Girolamo Fabrizi D'Acquapendente, *De motu locali animalium secundum totum, nempe de gressu in genere,* Patavii, apud Jo. Baptistam de Martiniis, 1618.

[15] Jacques Loeb, *The Dynamics of Living Matter,* New York: Columbia University Press, 1906; Id, *The Mechanistic Conception of Life,* Cambridge, Mass., Harvard University Press, 1912, (Reprint, with an introduction by D. Fleming, Cambridge, Harvard UP, 1964).

[16] L.T. Troland, *Biological Enigmas and the Theory of Enzyme Action*, «American Naturilst», 51, 1917, pp. 321-350.

Ma anche il vitalismo viene egualmente abbandonato, quando si oppone al determinismo fisico e chimico in nome di principi non naturali o animistici. L'alternativa fra vitalismo e meccanicismo, fra integrismo e riduzionismo, si rivela essere una falsa alternativa, dato che si tratta di due interpretazione estreme ed unilaterali di un dualismo di fondo che è irrisolvibile, dualismo nel quale il determinismo chimico e il ruolo di 'forze legislative ma non esecutive' sono aspetti complementari e non riducibili uno nell'altro. Ciò che cambia nel nostro secolo, rispetto alla continuità del paradosso fra determinismo e finalismo, è che la sola percezione di questo paradosso lascia il posto ad una teorizzazione che tende a risolverlo, studiando in laboratorio, cosa che Claude Bernard riteneva impossibile,[17] proprio le 'leggi morfogenetiche', il disegno, il programma, scritto anch'esso nel linguaggio della chimica, ma risultato esclusivo dell'evoluzione per selezione naturale. Il vocabolario informazionale, che sostituisce quello metaforico di Stahl e Claude Bernard, diviene operativo all'interno di una disciplina scientifica, la biologia molecolare, che dell'accettazione del paradosso fondamentale fa uno dei principi teorici della propria struttura esplicativa.

Pauling e la malattia molecolare

Nel 1946 il chimico Linus Pauling, ad una cena al Century Club di New York con gli altri membri di un comitato che durante la guerra aveva sviluppato delle ricerche mediche, discusse con William B. Castle alcune ricerche che questo scienziato stava sviluppando sull'anemia falciforme.

> Quando egli ricordò che i globuli rossi dei pazienti con questa malattia sono deformati [a forma di falce] nella circolazione venosa, ma riassumono la loro forma originale nella circolazione arteriosa, mi venne l'idea che l'anemia falciforme fosse una malattia molecolare, dovuta a una anormalità della molecola dell'emoglobina determinata da una gene mutato. Pensai subito che le molecole anormali di emoglobina, che postulavo essere presenti nei globuli rossi di questi pazienti, avrebbero dovuto avere due regioni mutualmente complementari sulla loro superficie, in modo da aggregarsi in lunghe colonne, che si sarebbero attratte fra loro per le forze di van der Waals, formando un cristallo aghiforme, che divenendo sempre più lungo avrebbe causato la deformazione dei globuli rossi, provocando così le manifestazioni della malattia.[18]

[17] «Noi possiamo conoscere solo le condizioni materali e non la natura intima dei fenomeni della vita. Di conseguenza, abbiamo a che fare solo con la materia, e non con le cause prime o con la forza vitale che ne deriva. Questo cause ci sono inaccessibili». BERNARD, *Leçons sur les phénomènes de la vie* cit., p. 53. Si veda anche la citazione riportata nella nota 3.

[18] LINUS PAULING, *Fifty Years of Progress in Structural Chemistry and Molecular Biology*, «Daedalus», 99, 1970, pp. 988-1014. In una sua breve autobiografia pubblicata in *Scienziati e Tecnologi contemporanei* (Milano, Mondadori, 1975), si parla del 1949 come data di questa conversazione con Castle, ma si tratta evidentemente di un errore di stampa, dato che si legge successivamente che «tre anni dopo, insieme a H.A. Itano, egli potè annunciare che gli studi intrapresi partendo da questa ipotesi» avevano portato a scoprire il diverso comportamento elettroforetico dell'emoglobina normale e anormale, articolo che fu pubblicato nel 1949.

Questi ricordi sono stati scritti da Pauling negli anni '70 e sono quasi sicuramente una ricostruzione a posteriori di quanto realmente discusso subito dopo la seconda guerra mondiale, e in quella sala non c'erano microspie capaci di lasciarci delle prove. Tuttavia, questa testimonianza è importante, non per la sua autenticità, ma per il modo in cui essa rappresenta gli aspetti che Pauling considerava importanti per la sua scoperta: la malattia molecolare considerata come una anormalità della molecola di emoglobina, determinata da un gene mutato. Si tratta quindi non solo di una malattia genetica, ma di una malattia molecolare, il che faceva sperare che anche altre malattie genetiche e più in generale le strutture normali dell'organismo avrebbero potuto essere descritti in termini molecolari.

Pauling si trovava in una posizione particolarmente favorevole per questo tipo di ricerche perché, dopo aver dato contributi fondamentali alla trattazione quanto-meccanica del legame chimico,[19] si era dedicato a ricerche sulle proteine, studiandone la struttura chimica e mostrando la base chimica del fenomeno della denaturazione.[20]

La base del ragionamento di Pauling fu probabilmente l'analogia con la denaturazione reversibile delle proteine che egli aveva dimostrato in precedenza e il concetto di «strutture mutuamente complementari», che era stato sviluppato in un articolo scritto in collaborazione con il fisico Max Delbrück.[21]

Nel 1949 Linus Pauling, in un saggio divenuto rapidamente un classico della ricerca biomedica contemporanea,[22] ha introdotto l'espressione «malattia molecolare». Il titolo dell'articolo *L'anemia falciforme, una malattia molecolare*, nella sua immediatezza e chiarezza dell'assunto teorico che ne è alla base, mostra quale è la natura della teorizzazione operata da Pauling: l'articolo intendeva spiegare una malattia grave, l'anemia falciforme, come conseguenza di una modificazione della struttura molecolare dell'emoglobina. Questa pubblicazione avvenne contemporaneamente a quella dell'interpretazione genetica corretta dell'eredità del carattere falcemia che fu proposta indipendentemente nel 1949 da J.V. Neel[23] e da E.A. Beet.[24]

[19] PAULING, *The nature of the chemical bond*, Ithaca, Cornell University Press, 1939, trad. ital. della terza edizione (1959), *La natura del legame chimico*, Roma, Edizioni Italiane, 1961.

[20] LINUS PAULING, CARL NIEMANN, *The Structure of Proteins,* «Journal of the American Chemical Society», 61*,* 1939, pp. 1860-67; ALFRED E. MIRSKY, LINUS PAULING, *On the structure of native, denaturated, and coagulated proteins*, «Proceedings of the National Academy of Science», 22, 1936, pp. 439-447.

[21] LINUS PAULING, MAX DELBRUCK, *The nature of the intermolecular forces operative in biological processes',* «Science»*,* 92, 1940, pp. 77-79. Il tema delle forze intermolecolari come base della specificità biologica rimase una costante nel lavoro di Pauling per tutti gli anni Quaranta: PAULING, *Molecular structure and intermolecular forces*, in KARL LANDSTEINER (ed.), *Specificity of Serological Reactions*, Cambridge, Harvard University Press, 1946; ID., *Molecular architecture and the processes of life*, «21st Sir J. Bost Foundation Lecture», 1948; ID., *Molecular structure and biological specificity*, «Chemistry & Industry», Suppl. 1-4, 1948.

[22] LINUS PAULING, HARVEY A. ITANO, S.J SINGER., I.C. WELLES, *Sickle Cell Anemia, a Molecular Disease*, «Science», 110, 1949, p. 543.

[23] JAMES V. NEEL, *The inheritance of sickle cell anemia,* «Science», 110, 1949, pp. 64-66.

[24] E.A. BEET, *The genetics of the sickle cell trait in a Bantu tribe*, «Annals of Eugenics», 14,

L'ipotesi di fondo era che l'anemia falciforme fosse il risultato dell'omozigosi di un singolo gene mutato, che allo stato eterozigote produceva il carattere falciforme.

L'espressione malattia molecolare ebbe un successo folgorante. La retorica, come si sa, svolge un ruolo estremamente importante nella comunicazione scientifica e tale espressione aveva un impatto, una pregnanza paragonabile ad altri concetti, ad altre espressioni concise che riassumono tutta una teoria, tutta una realtà empirica, come «selezione naturale», «ambiente interno», «patologia cellulare».

Ma in che senso si può dire con Pauling che l'anemia falciforme è una «malattia molecolare – una malattia della molecola di emoglobina»? Per Pauling l'anemia falciforme non è una malattia *dovuta a* una molecola, come per una lesione biochimica, ma una malattia *della* molecola. L'espressione malattia di una molecola è usato nel senso del linguaggio comune, come si parla di malattia di cuore o dei polmoni. L'emoglobina è considerata come un organo su scala molecolare, che può essere «malato» come un qualsiasi altro organo.

Grazie ai contemporanei lavori di J. Neel,[25] il concetto di malattia molecolare viene direttamente legato alla genetica, cioè ad «alterate relazioni tra molecole riconducibili a geni alterati» e in questo modo si abbandona il concetto di malattia di una molecola e si passa a quello di «determinazione genetica di una malattia».[26]

Le «lesioni biochimiche»

Il concetto di malattia chimica o molecolare non era nuovo nella storia della medicina. Esso era stato già usato da J. Elliotson nel 1830 durante una conferenza sullo scorbuto al St. Thomas's Hospital a Londra:

> lo scorbuto è una malattia puramente chimica […] in quanto ogni parte dell'organismo è pronta a svolgere tutte le sue funzioni, ma uno dei componenti esterni necessari per il suo funzionamento è tenuto lontano […] come per il soffocamento, l'organismo non ha impedimenti, ma soffre per la mancanza di aria fresca […] il corpo sarebbe in buona salute se non fosse privato del necessario apporto esterno.[27]

Concetti analoghi espresse George Budd, che considerò altre malattie, tra cui il rachitismo, come conseguenze di una deficienza chimica.[28] Dopo la rivoluzione lavoisieriana, e soprattutto con le ricerche tossicologiche di Claude Bernard, stu-

1949, p. 6. Per una trattazione storica su questo punto si veda C.L. CLONLEY, *Sickle-cell anemia - the first molecular disease*, in M.M. WINTROBE (ed.), *Blood, pure and eloquent: a story of discovery, of people, and of ideas*, New York, McGraw-Hill, 1980, pp. 323-327.

[25] NEEL, *The Inheritance of Sickle Cell Anemia*, cit.

[26] Sulla storia dell'anemia falciforme si veda KEITH WAILOO, *Dying in the City of the Blues: Sickle Cell Anemia and the Politics of Race and Health*, University of North Carolina Press, 1999.

[27] J. ELLIOTSON, *Clinical Lecture*, «Lancet», 1, 1831, pp. 649-655.

[28] G. BUDD, *Disorders resulting from defective nutriment*, «London Medical Gazette», 5, 1844, pp. 751-52.

diate analiticamente da Mirko D. Grmek,[29] una intossicazione o un avvelenamento sono considerate come malattie molecolari, legate alla modifica della composizione ordinaria dell'organismo umano, in particolare dei suoi fluidi, per opera di prodotti chimici. L'idea originale di «virus» è appunto di questa natura, come quella di miasma palustre, la produzione da parte delle paludi di effluvi capaci di modificare la composizione chimica dell'organismo e determinare la malattia. Da questo punto di vista la malaria era da considerare una «malattia chimica».

Un altro tipo di problematica è associata con l'origine della «chimica patologica», l'applicazione diretta della chimica organica alla pratica clinica, che darà origine alla scienza dell'alimentazione e allo sviluppo degli esami chimici di laboratorio come supporto alla diagnosi e alla terapia. In questo sviluppo, un ruolo importante ebbe il diabete, considerato da Henry Bence-Jones una malattia di sotto-ossidazione, «un disordine puramente chimico della salute».[30] Nelle stesse linee si muove negli anni '80 del secolo scorso l'opera di A. Bouchard sulle «malattie dovute al rallentamento della nutrizione». Secondo questo autore molte manifestazioni cliniche, come il diabete, la gotta od anche l'obesità sono legate ad una scarsa utilizzazione, o più precisamente una limitata ossidazione, delle risorse alimentari.[31]

Nel nostro secolo il concetto di malattia molecolare è stato in primo luogo associato con la dimostrazione da parte di Archibald Garrod che alcuni percorsi metabolici particolari sono legati a fattori genetici. In particolare, Garrod mostrò che l'alcaptonuria, una rara e generalmente benigna anormalità metabolica, che provoca l'accumulazione di acido omogentisico nelle urine con la produzione di una caratteristica colorazione scura, che la rende facilmente individuabile nei neonati, poteva essere legata ad un semplice fattore mendeliano.[32] Il medico inglese riuscì a dimostrare due fatti importanti. Il primo era la distribuzione familiare dell'anormalità, che seguiva rigidamente i rapporti mendeliani per un gene recessivo. In secondo luogo Garrod interpretò l'alcaptonuria come la deficienza congenita di un particolare enzima, dovuta alla presenza di due fattori mendeliani (geni) anormali. È quindi l'assenza di uno o più enzimi (enzimopenia) ad essere responsabile di questo tipo di malattie metaboliche, alcune delle quali particolarmente gravi, come la fenilchetonuria, scoperta da Fölling nel 1934,[33] che causa un grave ritardo mentale nei bambini che ne sono colpiti.

[29] MIRKO D. GRMEK, *Raisonnement expérimental et recherches toxicologiques chez Claude Bernard*, Genève, Droz, 1973.

[30] HENRY BENCE-JONES, *The diseases of suboxidation*, «Medical Time and Gazette», 11, 1865, pp. 29-83; ID., *Lectures on some of the Applications of Chemistry and Mechanics to Pathology and Therapeutics*, London, Churchill, 1867, p. 40.

[31] A. BOUCHARD, *Maladies par ralentissement de la nutrition*, Paris, Baillière, 1882.

[32] ARCHIBALD E. GARROD, *The Cronian Lectures on Inborn errors of metabolism,* «Lancet», 1908, pp. 1-7, 73-79, 142-148, 214-220; ID., *Inborn errors of metabolism*, London, Frowde, Hodder, and Stoughton, 1909.

[33] A. FOLLING, *Ueber Ausscheidung von Phenylbrenztraubensäure in den Harn als Stoffwechselanomalie in Verbindung mit Imbezillität*, «Hoppe-Seylers Z, Physiol. Chem.», 227, 1934, p. 169.

Lo sviluppo della biochimica negli anni '30 e '40 portò all'individuazione di molti cicli metabolici e anche alla scoperta di diverse patologie legate a «lesioni biochimiche», come sono state chiamate da R.A. Peters nel 1931,[34] cioè modificazioni dei cicli metabolici per l'assenza di un composto chimico necessario, come una vitamina, ad esempio. Il concetto di lesione biochimica implica dunque un processo morboso, non associato ad alterazioni istologiche, conseguente del blocco, provocato da un agente esogeno o endogeno, di una attività enzimatica o di una altra reazione chimica metabolica. Queste deviazioni patologiche non sono necessariamente associate ad alterazioni strutturali, in quanto si tratta di un malfunzionamento della macchina metabolica senza che la cellula o i suoi componenti siano strutturalmente alterati.

Si deve notare, tuttavia, che il concetto di «malattia molecolare», come introdotto da Pauling, differisce sostanzialmente da questo modello biochimico. La definizione di malattia molecolare, secondo Pauling, non prende in esame le reazioni chimiche cellulari, ma la struttura di una macromolecola essenziale e lega la malattia non ad una «lesione biochimica», ad un blocco di una catena enzimatica, ma ad una modifica strutturale della molecola. Vi è una differenza teorica di fondo fra un difetto biochimico (la mancanza di un effettore chimico, in genere un enzima, provocata o da un'anomalia ereditaria o da un agente esogeno) e uno molecolare, in cui si ha una variazione strutturale della molecola, che può risultare patologica come nelle emoglobinopatie. Tale differenza, fondamentale per la natura della spiegazione molecolare, e parallela ad una fondamentale distinzione teorica fra biochimica e biologia molecolare, che ne fa due discipline separate, risulterà più chiara da una analisi della natura della spiegazione molecolare.

Il raffinamento della definizione

In un lavoro successivo, scritto in collaborazione con E. Zuckerkandl, Pauling ha chiarito il senso del termine «malattia molecolare»:

> La vita è una relazione fra molecole, non una proprietà di una singola molecola. Lo stesso vale per una malattia, che minaccia la vita. Mentre ci sono malattie molecolari, non ci sono molecole ammalate. Al livello delle molecole troviamo solamente variazioni nella struttura e nelle proprietà chimico-fisiche. Allo stesso modo, a questo livello possiamo raramente trovare un qualche criterio con cui collocare una data molecola «più in alto» o «più in basso» nella scala evolutiva. […] La malattia molecolare e l'evoluzione sono realtà che appartengono a livelli superiori dell'integrazione biologica.[35]

[34] R. Peters, *Biochemical lesions and lethal synthesis*, Oxford, Pergamon Press, 1963.

[35] Emile Zuckerkandl, Linus Pauling, *Molecular disease, evolution, and genic hetereogeneity*, in M. Kasha, B. Pullman (eds.), *Horizons in Biochemistry*, New York, Academic Press, 1962, p. 189.

Restringendo ancora il campo di applicazione, Pauling lega il concetto di malattia molecolare alla genetica, cioè ad «alterate relazioni tra molecole riconducibili a geni alterati» e questo si ricollega «alla trasmissione ereditaria di molecole alterate di proteine e di acidi nucleici».[36] Per la biologia molecolare, e sempre di più dopo l'elaborazione del concetto di codice genetico e la chiarificazione dei meccanismi della sintesi proteica, ogni malattia genetica è necessariamente una malattia molecolare, nel senso che ha alla base un cambiamento nell'informazione ereditaria trasmessa dal DNA e nella struttura delle proteine che ne sono l'espressione fenotipica. Riprendendo una intuizione di André Lwoff del 1943,[37] Pauling considera la perdita per mutazione da parte di un batterio della capacità di sintetizzare un dato enzima come una malattia molecolare. Questo, se diminuisce il rigore terminologico, permette a Pauling di operare una affascinante generalizzazione:

> al limite, la vita stessa è una malattia molecolare, che essa supera temporaneamente rendendosi dipendente dal suo ambiente. Ogni vitamina di cui abbiamo bisogno oggi porta con sé la testimonianza di una malattia molecolare che i nostri antenati hanno contratto qualche centinaio di milioni di anni fa.[38]

Precisando l'argomentazione, Pauling afferma che

> una malattia molecolare può probabilmente essere definita a un livello molecolare in modo potenzialmente completo determinando l'alterazione della sequenza in aminoacidi di una proteina (oppure la sequenza nucleotidica nel corrispondente acido nucleico).[39]

Le macromolecole come organi morfologici

Lo studio delle varianti dell'emoglobina, ed in particolare quella legata all'anemia falciforme, ha dato quindi origine al concetto di «*molecular diseases*». Da un certo punto di vista, questo sviluppo teorico prosegue nella «discesa» verso il microscopico e submicroscopico iniziato nel XVII secolo, con il passaggio dall'organismo agli organi, poi ai tessuti, alle cellule, agli organuli subcellulari e infine alle strutture macromolecolari. Esso rientra nella tradizione analitica che aveva portato al trionfo della patologia cellulare di Rudolf Virchow. Questa continuità è importante, in quanto mette sullo stesso livello, senza discontinuità, le molecole come l'emoglobina, con strutture tipicamente biologiche, come le cellule e i tessuti. Questo corrisponde d'altra parte ai principi teorici della biologia molecolare, per i quali la struttura molecolare, la «forma» della molecola, intesa in senso biologico, è un principio esplicativo fondamentale. Uno fra i primi ad teorizzare questo aspetto era stato il cristallografoco inglese William Astbury:

[36] *Ivi*, p. 191.

[37] ANRÉ LWOFF, *L'évolution physiologique. Etude des pertes de fonctions chez les microorganismes*, Paris, Hermann, 1943.

[38] ZUCKERKANDL, PAULING, *Molecular disease* cit., p. 191.

[39] *Ivi*, p. 213.

> Il nome «biologia molecolare» […] si riferisce particolarmente alla forma delle molecole biologiche e all'evoluzione, utilizzazione e ramificazione di queste forme nella ascesa a sempre più alti livelli di organizzazione. La biologia molecolare è in misura predominante tri-dimensionale e strutturale, il che non significa comunque che essa sia un raffinamento della morfologia. Essa deve di necessità ricercare allo stesso tempo la genesi e la funzione.[40]

In effetti questo concetto era totalmente nuovo e l'idea che ne segue è che il principio di funziomanento fisiologico delle molecole di interesse biologico deve essere ritrovato nelle loro strutture e non particolarmente nella loro composizione chimica. Macromolecole dalla forma identica ma dalla struttura chimica diversa, come per le varianti fisiologiche dell'emoglobina, saranno chimicamente diverse ma biologicamente identiche o equivalenti. Il principio metodologico viene esplicitato da Francis Crick con il famoso motto «se non capite una funzione studiate una struttura».[41]

La biologia molecolare utilizza come principi esplicativi concetti derivati principalmente dalla conoscenza delle strutture tridimensionali delle macromolecole biologiche, studiandone la genesi e la funzione. Per questo la struttura delle macromolecole, la loro «forma», svolge a livello molecolare lo stesso ruolo degli organi morfologici studiati dall'anatomia classica. Per François Jacob, il metodo della ricerca in biologia molecolare «somiglia molto a una anatomia molecolare».[42] La molecola dell'emoglobina che deve ai mutamenti conformazionali il proprio ruolo fisiologico, e alle sue malformazioni il manifestarsi di patologie molecolari, viene definita da Max Perutz «un polmone molecolare … un organo su scala molecolare».[43] «L'emoglobina una specie di contenitore di ossigeno? No, piuttosto un tipo di polmone molecolare … L'emoglobina è un organo in miniatura».[44] È su questa base che viene anche il ponte con la teoria dell'evoluzione, perché «così come l'anatomia comparata si è sforzata di definire le relazioni di struttura e di funzioni fra specie, allo stesso modo l'anatomia molecolare comparata cerca di schizzare i percorsi dell'evoluzione, in particolare quelli che non sono stati marcati da fossili».[45] Questo legame con l'evoluzione, che è specifico della biologia molecolare, rovescia il determinismo chimico, implicito nelle forme tradizionali di riduzionismo, dando origine a un nuovo livello di spiegazione. È la forma delle macromolecole, chimicamente costruita ma biologicamente significativa, che è alla base dei caratteri fondamentali dei sistemi viventi.

[40] W.T. Astbury, *X-ray studies of the structure of compounds of biological interest*, «Ann. Rev. Biochem.», 8, 1939, pp. 113-132.

[41] Citato in Horace Freeland Judson, *The Eight Day of Creation. Makers of the Revolution in Biology,* London, Jonathan Cape, 1979 (trad. it., *L'ottavo giorno della creazione. La scoperta del DNA*, Editori Riuniti, Roma 1986).

[42] François Jacob, *Le jeu des possibles. Essai sur la diversité du vivant*, Paris, Fayard, 1981, p. 62.

[43] Max F. Perutz, *Haemoglobin: the Molecular Lung*, «New Scientist», 1971, pp. 676-79.

[44] Perutz in Judson, *The Eight Day of Creation* cit., p. 208.

[45] Jacob, *Le jeu des possibles* cit., p. 66.

Il concetto di forma sottindende un altro concetto, quello di «relazione». La biologia, infatti, è certo una scienza di particolari oggetti naturali, ma è soprattutto la scienza delle relazioni fra questi oggetti.[46] Ogni oggetto è al tempo stesso un invidivuo, una totalità, ed un elemento di un insieme di relazioni con altri elementi allo stesso o a diversi livelli di organizzazione. Un organismo vivente, ma anche una cellula, un gene o una molecola biologica, è comprensibile solo in quanto parte di un sistema di relazioni. Da questo punto di vista la forma e l'organizzazione non sono concetti «puramente descrittivi» di oggetti biologici, come nella tradizione morfologica classica, quanto concetti esplicativi delle relazioni, storiche e funzionali, fra tali oggetti. La spiegazione biologica di un fenomeno tende a scoprire la sua posizione intrinseca in un nesso di relazioni, che si estende nello spazio (la forma) e nel tempo (evoluzione). La forma è quindi al tempo stesso un problema da spiegare, attraverso in particolare la sua funzione e i percorsi della sua costruzione, e un principio di spiegazione, in quanto determinante delle relazioni fra gli oggetti biologici.

La patologia molecolare non è l'estensione nel molecolare del principio analitico che aveva portato dagli organi ai tessuti alla cellula, a causa della dualità fra molecole informazionali e fisiologia cellulare, le molecole informazionali sono come separate dal metabolismo cellulare, ne sono gli «organi di controllo». Nel rapporto fra normale e patologico entrano quindi in gioco diversi fattori. In esso una parte importante sembra essere rappresentata da quello che i medici classici chiamavano il «temperamento», di diatesi, di costituzione, cioè l'individualità ereditaria di ogni singolo organismo. Molti processi patologici – e gli sviluppi degli ultimi decenni sembrerebbero portare ad una posizione assolutistica secondo la quale *tutti* i processi patologici – sono il risultato della interazione fra l'eredità (il programma), la fisiologia dell'organismo (la realizzazione del programma) e l'ambiente. Se si accetta questa visione, la patologia molecolare sembra poter svolgere in medicina lo stesso ruolo di punto di riferimento e di sintesi teorica che la biologia molecolare svolge per l'insieme delle scienze biologiche.

Se la genetica classica, dopo la riscoperta delle leggi di Mendel aveva definito le malattie genetiche, separandole nettamente, anche nel nome, dalle malattie ereditarie di cui parlavano i trattati ottocenteschi, la biologia molecolare sottolinea le basi molecolari di ogni malattia. La specificità della malattia trova la sua base nell'informazione genetica, nel programma, risultato dell'evoluzione per selezione naturale. La costituzione genetica di un organismo, infatti, non determina semplicemente i caratteri che un neonato eredita dai suoi genitori e che si sviluppano in mondo autonomo, automatico, come una macchina o un orologio cartesiano che continua a funzionare autonomamente, purché possa operare in un dato ambiente e possa avere una sorgente sufficente di energia. Al contrario, il programma gene-

[46] ANTOINE DANCHIN, «Organismo», in *Enciclopedia XV*, Torino, 1982.

tico continua a giocare un ruolo centrale in tutta la vita di una cellula e dunque dell'organismo nella sua integralità. Delle modificazioni in questo meccanismo di regolazione non producono solo delle malformazioni congenite, ma possono risultare in cambiamenti patologici in ogni momento della vita di un organismo. L'espressione e la regolazione dei geni ad ogni istante modula la vita della cellula e determina con tutta probabilità la sua morte. In questo contesto, ogni malattia, direttamente o indirettamente, è legata ad una base genetica, nel senso che ogni manifestazione cellulare, fisiologica o patologica, è continuamente legata all'espressione di geni. La biologia molecolare, dunque, supera lo stadio dell'analisi delle malattie genetiche per delineare una genetica delle malattie.

Conclusioni

La dicotomia struttura/funzione, tradizionale nel pensiero biomedico, viene sostituita come fondamentale dalla dualità fra informazione da una parte e struttura/funzione dall'altra, perché l'informazione (il messaggio, il programma genetico) non si identifica con la struttura chimica che la trasporta ed è separata dalle funzioni che essa determina. I geni, anziché essere qualcosa di esterno all'organismo, che determinano semplicemente la costruzione della macchina, come un Dio cartesiano o come le «leggi morfologiche» che Claude Bernard considerava inaccessibili all'analisi sperimentale, sono inseriti in permanenza nella fisiologia cellulare, regolano le sintesi chimiche cellulari nelle diverse fasi dello sviluppo cellulare.

Mentre la spiegazione riduzionistica di tipo chimico e fisico diffusa nella prima metà del XX secolo intendeva trasferire a livello morfologico concetti tipicamente chimici e fisici, la biologia molecolare ha seguito storicamente e teoricamente il cammino esattamente opposto, trasferendo il concetto classico e specifico, di «forma» al livello delle macromolecole. La biologia molecolare, piuttosto che una biologia spiegata con la chimica, è una biologia applicata alle molecole.

Riassunto – La biologia molecolare utilizza come principi esplicativi concetti derivati principalmente dalla conoscenza delle strutture tridimensionali delle macromolecole biologiche, ne studia la genesi e la funzione. Nel 1971 il chimico Max Perutz definisce la molecola di emoglobina un 'polmone molecolare', riproponendo una teorizzazione iniziata con il celebre lavoro di Linus Pauling del 1949 sull'anemia falciforme. Le macromolecole di interesse biologico sono definite più come un organo che come molecole chimiche. L'analisi dell'origine del concetto di malattia molecolare e delle sue implicazioni mostra che la biologia molecolare contrariamente alle dominanti visioni riduzionistiche, piuttosto che una biologia spiegata con le molecole, è una biologia applicata alle macromolecole.

FRANCESCA TURCO*

L'introduzione della spettrometria di massa in Italia**

Introduction of mass spectrometry in Italy

Summary – After the Second World War the technology of mass spectrometry was spread in the United States and in several other Countries, in the University as well as in industry, with a strong contribution given by military researches in the war years; in Italy its very existence was hardly known. The introduction of the technology in our country took place at the end of the forties, by the famous group of Roman physicists; at this point in time Amaldi led the group. A decade after, at last the technology was used by different groups of Italian chemists, however it was in centres, and for researches, strictly bound to physics. The flood of researches in numerous groups, more or less simultaneously, was undoubtedly due to the commercial availability of instruments. In short, many areas of chemistry bound themselves to mass spectrometry, and after about ten years the pioneers united in the Gruppo di Spettrometria di Massa of the Società Chimica Italiana. Thus in 1972 an official character was given to the mass spectrometry technique inside Italian chemistry.

1. Introduzione

Il lavoro riguarda l'introduzione della tecnica di spettrometria di massa in Italia. Per capire quanto sia stato tardivo questo sviluppo nel nostro paese verranno rapidamente riportati gli sviluppi della tecnica a partire dalla sua nascita con i primi brillanti risultati nel campo della fisica, ad alcune applicazioni chimiche alla fine degli anni Trenta, per giungere a delineare quale fosse la situazione negli Stati Uniti negli anni della seconda guerra mondiale. In Italia la tecnica fu introdotta alla fine degli anni Quaranta dal gruppo romano di fisica guidato da Amaldi, e solo dopo

* Università di Torino, Dipartimento di Chimica Generale ed Organica Applicata.

** Relazione presentata al X Convegno Nazionale di «Storia e Fondamenti della Chimica» (Pavia, 22-25 ottobre 2003).

circa un decennio, in seguito una serie di commistioni con i chimici, iniziarono a comparire lavori di gruppi di chimica. Determinanti furono i contatti con gli Stati Uniti, tanto per i fisici quanto per i chimici, per questi ultimi un'ulteriore condizione che diede il via, più o meno contemporaneamente, a diverse ricerche, fu la disponibilità di strumenti commerciali. Seguiremo alcuni di questi gruppi pionieri fino all'istituzionalizzazione della tecnica per la chimica italiana, simboleggiata dalla nascita del Gruppo di Spettrometria di Massa della Società Chimica Italiana, nel 1972.

2. 1919-1948. Cenni su sviluppi e applicazioni nel resto d'Europa e negli Stati Uniti

Per cogliere quanto forte sia stato il ritardo dei ricercatori italiani nell'appropriarsi di una tecnica potente e versatile riporto un breve riassunto delle origini della spettrometria e di alcune delle sue fertili applicazioni in diversi ambiti scientifici e in diverse strutture di ricerca negli anni che vanno dalla fine della prima alla fine della seconda guerra mondiale.[1] La tecnica risale ufficialmente al 1919, data in cui Francis W. Aston, un chimico del Cavendish, mette a punto il primo strumento noto come spettrografo di massa con cui ottiene risultati clamorosi: la conferma dell'esistenza degli isotopi anche per gli elementi leggeri e misure di massa via via più accurate dei pesi degli isotopi, sostanzialmente delle masse dei nuclei; queste mostrano uno scarto rispetto a numeri interi, scarto interpretato come la perdita di massa necessaria per mantenere coese le particelle subnucleari. I dati di Aston furono fondamentali per l'interpretazione di una serie di ricerche di primo piano per la fisica, molte delle quali coronate con l'assegnazione del premio Nobel: la proposta di un modello di struttura del nucleo da parte di George Gamow, la scoperta del deuterio (Harold C. Urey), la conferma sperimentale dell'esistenza del neutrone (James Chadwick) e l'interpretazione della prima reazione nucleare (John D. Cockcroft e Ernest T.S. Walton).

Verso la fine degli anni Trenta iniziano a comparire studi su molecole organiche sempre più complesse, lavori che riguardano lo studio della frammentazione delle molecole e il tentativo di interpretarla. La frammentazione interessa enormemente l'industria petrolifera perché permette di distinguere gli isomeri e così la tecnica, che è ormai consolidata, diventa indispensabile per l'analisi dei prodotti di raffineria. L'interesse dell'industria all'uso della tecnica segna l'immediato inizio della costruzione a livello industriale di strumenti, il primo modello commerciale della Consolidated risale al 1942. Una nuova spinta allo sviluppo della tecnica è

[1] Per un approfondimento il lettore vedano FRANCESCA TURCO, LUIGI CERRUTI, *Profound and far-reaching theoretical implications. La spettrometria di massa di Aston e il suo impatto sulla fisica del nucleo*, in EDVIGE SCHETTINO (a cura di), *Atti del XX Congresso nazionale di Storia della Fisica e dell'Astronomia*, Napoli, CUEN, 2001, pp. 371-422; F. TURCO, L. CERRUTI, *La spettrometria di massa negli Stati Uniti, 1916-1936*, in PAOLO MIRONE (a cura di), *Atti del IX Convegno Nazionale di Storia e Fondamenti della Chimica*, (Modena, 28-30 ottobre) Roma, Accademia Nazionale delle Scienze detta dei XL, 2001, pp. 369-406.

dato dalle ricerche militari nell'ambito del famoso Manhattan Project, quando gigantesche batterie di spettrometri di massa furono messe a punto per preparare l'uranio arricchito per la costruzione di una delle bombe atomiche lanciate sul Giappone. Dalle ricerche belliche venne un ulteriore impulso allo sviluppo commerciale e industriale grazie alla messa a punto di un sistema di campionamento continuo di flussi gassosi. In breve, alla fine della seconda guerra mondiale la tecnica era nota e ampiamente utilizzata in diversi comparti disciplinari (chimica e fisica) e istituzionali (Università, industrie, laboratori militari) negli Stati Uniti principalmente e in numerosi altri Paesi in misura minore, mentre in Italia non se ne conosceva in pratica l'esistenza.

3. 1948-1956. I «fisici» italiani: dai primi sentori al primo spettrometro italiano

Nel 1948 (cioè a vent'anni dalla nascita) compare su *La Chimica e l'Industria* una bella presentazione della tecnica firmata da Giuseppe Parravano,[2] la tecnica viene spiegata a partire dalle basi, dal principio di funzionamento, e quindi viene evidentemente presentata ad un pubblico che non ne ha mai sentito parlare. Parravano, che pure appartiene all'Istituto Fisico dell'Università e Centro Studi di Fisica Nucleare del C.N.R. di Roma, sottolinea le applicazioni *chimiche* della spettrometria, nonostante ciò l'appropriazione della tecnica da parte della comunità chimica italiana tarda ancora una decina d'anni, mentre saranno i fisici, proprio del C.N.R. di Roma a costruire il primo spettrometro italiano. Per la precisione l'Istituto e l'ambiente di ricerca in cui si svolse questo episodio erano strettamente fisici ma i protagonisti avevano doppia formazione, chimica e fisica. Approfondiamo la figura di Giorgio Careri, quella più strettamente legata alla costruzione materiale dello strumento.

3.1. *Giorgio Careri*

Una biografia scientifica di Careri, tratta da un'intervista del maggio 2000, è già stata pubblicata a cura di Giuseppe Giuliani,[3] ne riporto qui alcuni elementi significativi per la nostra storia con stralci delle parole dell'intervistato. Giorgio Careri nasce a Roma nel 1922. Dopo aver frequentato il Liceo classico, nel 1939 si iscrive a ingegneria per ripiego, essendo la fisica la sua vera passione:

> La ragione per cui ho fatto ingegneria è che a quei tempi non c'erano aperture nella fisica, non c'erano posti nel modo più assoluto, ci sarà stato un concorso per assistente una volta ogni tre quattro anni in una delle tante sedi italiane. Si rischiava di stare in un posto per venti anni senza poter avere un concorso locale. Non c'erano assolutamente posti e allora in questa incertezza mi sono iscritto a ingegneria.

[2] GIUSEPPE PARRAVANO, S*pettrometria di massa*, «La Chimica e l'Industria», XXX, fasc. 2, 1948, pp. 46-48.

[3] GIUSEPPE GIULIANI (a cura di), *Per una storia della fisica italiana, 1945-1965*, Pavia, La Goliardica Pavese, 2002, alle pp. 176-181.

Nel dicembre 1944 si laurea in Ingegneria Industriale Chimica («perché a me interessava da sempre quella che oggi si chiama chemical physics, la parte più fisica della chimica fisica»), ma ritenendo di non essere ancora abbastanza fisico si iscrive anche a fisica, sempre a Roma. Dopo solo due anni si laurea e immediatamente entra a far parte del gruppo di Amaldi, che lo lascia molto libero ma per giustificare lo stipendio che gli corrisponde gli chiede *almeno* di costruire lo spettrometro.

> Non volevo fare le cose che facevano qui Amaldi e gli altri. [Amaldi] mi ha lasciato libero di fare quello che volevo e per farmi campare mi ha detto che dovevo costruire almeno qualcosa che fosse a ponte tra fisica nucleare e chimica fisica e trovò che lo spettrometro di masse, che in Italia non esisteva, poteva essere un ponte fra le due cose. Così fu fatto lo spettrometro di masse, che io non avevo mai visto, non ne conoscevo neanche il nome prima di iniziare a lavorare.

Nel 1950, grazie ai contatti con Enrico Fermi, trascorre un anno all'Institute for Nuclear Studies di Chicago, dove incontra, fra gli altri, anche Urey. A 33 anni è già in cattedra, secondo le sue parole proprio grazie ai lavori fatti con lo spettrometro: «avendo realizzato lo spettrometro immediatamente vennero fuori dei lavori interessanti perché tutto era vergine, tutto era possibile, tutto era aperto. Bastava che uno fosse lì». Riporto ancora le parole di Careri per i dettagli della costruzione della macchina; come si vede i contatti con gli Stati Uniti furono indispensabili, per procurarsi materialmente alcuni pezzi necessari, ed in Italia nel dopoguerra erano i fisici e non i chimici ad avere tessuto la necessaria rete di contatti.

> Lo spettrometro di masse fu concepito in un momento in cui in Italia non c'era nulla per fabbricarlo e lo spettrometro in quanto tale era considerato materiale strategico dagli americani, quindi non si potevano comprare i pezzi di nessun tipo. Riuscimmo a farlo funzionare perché Emilio Segrè portò dall'America una resistenza di 10^{12} ohm che non si poteva comprare e che era necessaria per far funzionare il detector di ioni. Me la portò Segrè, che se l'era messa in tasca.

Negli articoli, che cominciano a comparire dal '50, lo spettrometro non viene illustrato con disegni né descritto, si dice semplicemente che il modello costruito è quello di Nier, cioè un settore magnetico di 60°.[4]

3.2. *I primi lavori con lo spettrometro*

Alla fine '49 Careri manda al Nuovo Cimento un lavoro scritto in collaborazione con Giuliano Nencini.[5] Gli autori hanno studiato la correlazione fra il potenziale applicato e l'intensità dei segnali che si misurano. Poiché l'efficienza dello strumento nella rivelazione è funzione del potenziale applicato e una delle possibilità per fare la scansione delle masse è fare una scansione del potenziale è necessa-

[4] Giorgio Careri, Giuliano Nencini, *La discriminazione degli ioni negli spettrometri di massa*, «Il Nuovo Cimento», VII, fasc. 1, 1950, pp. 64-68, alla p. 65.

[5] G. Careri, G. Nencini, *La discriminazione degli ioni negli spettrometri di massa* cit.

rio avere la curva di taratura fra il potenziale applicato e l'efficienza. La teoria di Coggeshall propone questa correlazione, Careri e Nencini la cassano e concludono che non è possibile misurare le abbondanze con una scansione del campo elettrico. Il lavoro è fortemente sperimentale e ancora in qualche modo legato alla messa a punto e al funzionamento dello strumento. Un estratto di questo lavoro viene inviato anche al *Journal of Chemical Physics*, prestigiosa rivista internazionale, nel '50, cioè in coincidenza della permanenza di Careri a Chicago. Al ritorno di Careri iniziano a comparire i primi lavori riguardanti misure effettuate con lo spettrometro. Il gruppo si è allargato e fra gli autori compaiono anche Mariano Santangelo dell'Istituto Nazionale di Geofisica e Giovanni Boato (altro ricercatore con doppia formazione: laurea in Chimica conseguita a Genova e in Fisica proprio a Roma, che aveva anche collaborato alla costruzione della macchina). Secondo le parole di quest'ultimo il gruppo sceglie il settore di ricerca dietro invito di Amaldi a fare «qualcosa di fisica nucleare».[6]

L'argomento scelto è la determinazione del rapporto $^{40}Ar/^{36}Ar$ in campioni di gas provenienti dai soffioni di Larderello, confrontando il valore trovato con il rapporto isotopico atmosferico, viene evidenziato uno scarto abbondante, con un arricchimento in ^{40}Ar intorno al 25%.[7] L'ispirazione per questo lavoro è da far risalire a Nier, il «padre» dello spettrometro romano, che nel '48 aveva pubblicato su *Physical Review* un lavoro in cui veniva confermato sperimentalmente come ^{40}Ar sia originato dal decadimento di ^{40}K (cattura k), reazione che può essere sfruttata per misurare l'età dei minerali potassici. È da sottolineare come un gruppo di fisici usi nuovamente lo spettrometro per un lavoro sugli isotopi, campo che come ricordato aveva portato brillanti risultati nei decenni precedenti. Questa volta l'obiettivo non è però la misura esatta delle masse ma una valutazione di abbondanze relative, questione che si pone sullo sfondo del problema dell'origine delle emanazioni gassose del suolo e dell'origine e dell'evoluzione dell'atmosfera terrestre.

3.3. *La collaborazione con i chimici*

A partire dal 1953 il confluire di ricercatori con diversi interessi porta alla definizione di un nuovo campo di ricerche con lo spettrometro: lo studio della cinetica dello scambio fra idrogeno e deuterio nell'equilibrio $H_2 + D_2 \square 2HD$.[8]

[6] Intervista del marzo 2000, altri elementi si trovano in G. GIULIANI (a cura di), *Per una storia della fisica italiana* cit., alle pp. 162-170.

[7] a) GIOVANNI BOATO, GIORGIO CARERI, GIULIANO NENCINI, MARIANO SANTANGELO, *Sulla composizione isotopica dell'argon nei gas naturali*, «Annali di geofisica», IV, 1951, pp. 111-112. Il lavoro prosegue con b) GIOVANNI BOATO, GIORGIO CARERI, MARIANO SANTANGELO, *Argon Isotopes in Natural Gases*, «Il Nuovo Cimento», IX, fasc. 1, 1952, pp. 44-49.

[8] GIOVANNI BOATO, GIORGIO CARERI, ALESSANDRO CIMINO, ETTORE MOLINARI, GIAN GUALBERTO VOLPI, *A Perturbative factor on the Kinetics of the Homogeneous Hydrogen Deuterium Exchange Reaction*, «Il Nuovo Cimento», X, fasc. 7, 1953, pp. 993-994.

Careri durante la messa a punto dello spettrometro aveva realizzato lavori teorici di cinetica, l'ovvio sbocco di questo interesse e della disponibilità dello strumento fu la realizzazione di lavori sperimentali di cinetica. La reazione prescelta è una reazione di grande interesse sia chimico sia fisico; a questo lavoro collaborano tre chimici a tutti gli effetti, o meglio chimici e basta: Alessandro Cimino, Ettore Molinari e Gian Gualberto Volpi dell'Istituto di Chimica Generale ed Inorganica dell'Università di Roma. Secondo le parole di Boato e Volpi[9] la collaborazione era iniziata già nel '49, ma i risultati tardarono ad arrivare perché tutti i componenti del gruppo erano impegnati in altri lavori. Fra questi vanno menzionati almeno quelli correlati all'argomento della collaborazione: Molinari, e Parravano da Princeton inviano nell'aprile del '53 al *Journal of the American Chemical Society* un lavoro sullo scambio idrogeno deuterio catalizzato da ZnO[10] (ricordo che Parravano fu il divulgatore della spettrometria di massa in Italia). Più tardi, nel dicembre '53 Boato invia da Chicago un lavoro sull'abbondanza primordiale del deuterio.[11] Come si vede l'intreccio è intricato: Boato riprende il precedente argomento del gruppo (origine degli elementi e dell'atmosfera), ma riferendosi al deuterio (il nuovo argomento), ed è determinante anche il luogo in cui viene svolta la ricerca: a Chicago lavora Urey, lo scopritore dell'isotopo dell'idrogeno, che compare infatti nei ringraziamenti dello scienziato italiano. Negli anni seguenti continua il lavoro in questa direzione e nel '55 e '56 escono ancora due lavori comuni,[12] poi il gruppo si sfalda: Boato torna a Genova, all'Istituto di Fisica Sperimentale dove continua ad occuparsi di spettrometria di massa, Careri va a coprire la cattedra di Fisica a Padova[13] e restano i tre chimici a proseguire, con un'analisi dell'effetto di parete sulla cinetica di scambio.[14] È da notare come il primo lavoro del gruppo ridotto compaia sulla *Gazzetta Chimica Italiana*, quindi si passa da pubblicazioni su riviste internazionali a una italiana, se pure importante. A questo punto anche il trio dei chimici si divide, Molinari e Cimino proseguono gli studi sulle proprietà catalitiche degli

[9] Giovanni Boato, Gian Gualberto Volpi, *Experiments on the Dynamics of Molecular Processes: A Chronicle of Fifty Years*, «Annual Review of Physical Chemistry», L, 1999, pp. 23-50.

[10] Ettore Molinari, Giuseppe Parravano, *The Hydrogen-Deuterium Exchange Reaction on Zinc Oxide Catalysts*, «Journal of the American Chemical Society», LXXV, 1953, pp. 5233-5237.

[11] Giovanni Boato, *The Primeval Cosmic Abundance of Deuterium*, «Physical Review», XCIII, 1954, pp. 640-641.

[12] a) Giovanni Boato, Giorgio Careri, Alessandro Cimino, Ettore Molinari, Gian Gualberto Volpi, *Homogeneous Exchange Rate Between Hydrogen and Deuterium*, «Naturwissenschaften», XLII, 1955, p. 388. b) Giovanni Boato, Giorgio Careri, Alessandro Cimino, Ettore Molinari, Gian Gualberto Volpi, *Homogeneous Exchange Reaction Between Hydrogen and Deuterium*, «The Journal of Chemical Physics», XXIV, fasc. 4, 1956, pp. 783-791.

[13] G. Boato, G.G. Volpi, *Experiments on the Dynamics of Molecular Processes* cit., alla p. 27.

[14] Alessandro Cimino, Ettore Molinari, Gian Gualberto Volpi, *Effetti di parete nella reazione di scambio tra idrogeno e deuterio*, «Gazzetta Chimica Italiana», LXXXVI, 1956, pp. 609-623.

ossidi mentre Volpi trascorre un lungo periodo ad Harvard;[15] vedremo nel prossimo paragrafo la nuova area di ricerche che nascerà da questo soggiorno.

4. 1960-1972. La nutrita schiera dei «chimici»

Fu necessario attendere un decennio dall'inizio delle ricerche svolte dai fisici, che coinvolsero come visto anche alcuni chimici, prima che prendessero avvio ricerche indipendenti sulla spettrometria di massa fra i chimici italiani, le relative pubblicazioni cominciano infatti a comparire intorno al 1960. A questa data è probabile che nell'industria italiana la tecnica per analisi di routine fosse già diffusa o per lo meno nascente: proprio nel '60 Luigi Fusari dell'A.G.I.P. presenta alle Giornate della Chimica della 38ª Fiera di Milano un lavoro poi pubblicato su *La Chimica e l'Industria*[16] in cui illustra le applicazioni della spettrometria per l'analisi di miscele gassose; nel lavoro appare uno spettro, come esempio, ottenuto usando uno «spettrometro commerciale italiano»; l'autore fa anche una panoramica degli strumenti disponibili: «In Europa si hanno notizie disponibili su tre ditte costruttrici: la "Metropolitan Vickers", inglese, la "Italelettronica", italiana e la casa tedesca "Atlas Werke"».[17]

Dal tono della presentazione, che mostra ottima padronanza della tecnica, parrebbe che l'uso di questa nell'industria, o per lo meno all'A.G.I.P., fosse ormai di routine per l'analisi di idrocarburi. Tuttavia l'esame delle annate 1950-1960 della *Rivista dei Combustibili* ha rivelato uno scarso numero di riferimenti alla tecnica chimico-fisica, in favore di classiche determinazioni chimiche, quali l'uso dell'apparecchio Orsat per l'analisi dei gas.

Sicuramente poco diffuso era l'uso della tecnica nella ricerca istituzionale, con queste parole si chiude, ancora su *La Chimica e l'Industria*, il resoconto di un simposio di chimica organica tenutosi in Belgio nel '62:

> […] gli spettri di risonanza magnetica nucleare e gli spettrogrammi di massa figurano ormai nelle comunicazioni straniere con la frequenza e la facilità con cui vi compaiono gli spettri infrarossi e ultravioletti. Al progresso delle scuole straniere, particolarmente sensibile in questo campo, non corrisponde purtroppo un adeguato sviluppo da parte italiana: lo sforzo per non lasciarsi irrimediabilmente staccare è prodotto da poche squadre di ricerca, che suppliscono con la passione e con la pazienza ai disagi e alla cronica carenza di mezzi.[18]

[15] G. Boato, G.G. Volpi, *Experiments on the Dynamics of Molecular Processes* cit., alla p. 27.

[16] Luigi Fusari, *Lo spettrometro di massa nelle analisi di idrocarburi*, «La Chimica e l'Industria», XLII, fasc. 7, 1960, pp. 745-750.

[17] L. Fusari, *Lo spettrometro di massa nelle analisi di idrocarburi* cit., alla p. 747.

[18] F. Piozzi, *Simposio della UICPA sulla chimica dei prodotti naturali*, «La Chimica e l'Industria», XLIV, fasc. 9, 1962, pp. 1075-1078.

Vediamo quindi alcuni di questi primi gruppi, spesso ancora legati a filo doppio con la fisica. L'elenco che seguirà non ha alcuna pretesa di completezza, si tratta infatti di un lavoro preliminare su un evento molto articolato e ricco di protagonisti. Si è deliberatamente scelto di tralasciare, almeno per il momento, alcune figure anche importanti perché iniziarono l'attività in spettrometria verso la fine del periodo in esame o perché meno incisive di quelle presentate per quel che riguarda la diffusione della tecnica. La complessità del processo, dovuta al gran numero di gruppi che iniziano nell'arco di breve tempo a utilizzare la spettrometria, è da far risalire ad un intreccio di fattori: innanzi tutto la tecnica è molto versatile ed era, intorno al 1960, più che consolidata, costituendo dunque un'ottima risposta alle esigenze di ricercatori operanti in campi piuttosto eterogenei. Ciò portò all'elemento che può essere considerato determinante per un così rapido fiorire di laboratori di spettrometria: la disponibilità di apparecchi commerciali. Mentre fino ad ora abbiamo incontrato esclusivamente ricerche compiute con apparecchi assemblati negli stessi laboratori, d'ora in avanti si tratterà sempre di strumenti acquistati.

4.1. *Gian Gualberto Volpi e Anna Giardini-Guidoni*

Volpi fu senza dubbio una figura determinante per il collegamento fra fisici e chimici nella trasmissione dell'uso della spettrometria. Come abbiamo visto anche questo ricercatore, come molti sui colleghi, trascorse un periodo all'estero: nel 1957 dal laboratorio chimico dell'Università di Harvard viene inviato al *Journal of Chemical Physics* un lavoro,[19] su uno studio di reattività di atomi di azoto e relativi ossidi: uno spettrometro viene utilizzato per determinare le abbondanze delle specie presenti allo stato stazionario. Al ritorno in Italia Volpi riprende studi analoghi, ma con una differenza fondamentale: vengono determinati meccanismi di reazione e costanti di velocità non più di specie neutre ma di ioni, lo spettrometro viene quindi utilizzato non solo come rivelatore ma anche come reattore; è la nascita dell'applicazione della spettrometria alla chimica ionica gassosa nel nostro paese. Il gruppo di lavoro che si forma è da commentare: una figura diviene ben presto rilevante, è Anna Giardini Guidoni, laureata in fisica sotto la guida di Careri. Volpi ricrea quindi un gruppo di ricerca misto, sulla scia delle sue esperienze precedenti. Il gruppo appartiene al Laboratorio di Spettrometria di Massa del Comitato Nazionale per le Ricerche Nucleari, che nel 1960, per metterne in rilievo le applicazioni pacifiche, diviene Comitato Nazionale per l'Energia Nucleare, mentre il laboratorio di Spettrometria di Massa diretto da Volpi viene inglobato nel Laboratorio di Chimica delle Radiazioni e Chimica Nucleare, sempre all'interno dell'Istituto di Chimica Generale ed Inorganica dell'Università di Roma. Tutto questo preambolo è importante per la collocazione disciplinare delle ricerche

[19] G.B. Kistiakowsky, Gian Gualberto Volpi, *Reactions of Nitrogen Atoms. I Oxygen and Oxides of Nitrogen*, «The Journal of Chemical Physics», XXVII, 1957, pp. 1141-1149.

di chimica ionica gassosa, che consistendo in studi fondamentali di reattività si inquadra pienamente nell'area della chimica generale ed inorganica. Tuttavia, come viene ricordato nelle pubblicazioni, la determinazione del comportamento degli ioni è rilevante nello studio delle radiazioni (ionizzanti), il che mantiene uno stretto legame con la fisica. Dunque, sia per la composizione mista del gruppo, sia per il confine su cui si pongono gli studi svolti, non può essere tracciato un netto margine di separazione fra ricerche di fisica e poi di chimica realizzate con lo spettrometro, ragione che spiega l'uso delle virgolette nel titolo di questo paragrafo. La contiguità con la fisica è sancita dalle riviste scelte per i numerosissimi lavori prodotti dal gruppo, pubblicati sul *Nuovo Cimento* (editore: Società Italiana di Fisica), o sul *Journal of Chemical Physics* (dell'American Institute of Physics).[20] Una menzione particolare merita un lavoro, pubblicato nel '65 sul *Journal of the American Chemical Society*,[21] in cui si valuta la presenza di ioni metastabili per determinare il meccanismo di alcune reazioni ione-molecola: con o senza la formazione di un addotto intermedio con tempo di vita sensibile. L'articolo non solo è accettato da una rivista estera di grande prestigio ma è addirittura posto in apertura di fascicolo, il che implica considerazione di grande rilevanza.

Lo spettrometro con cui vengono svolte queste ricerche è un Italelettronica SP12F, a settore magnetico di 60°, con raggio di curvatura di 15 cm, dunque uno strumento commerciale, con modifiche sul detector di ioni e il sistema di pompaggio. Nel '65 emerge l'anima nucleare del gruppo con una modifica sostanziale della sorgente: invece che per bombardamento elettronico gli ioni sono prodotti per irraggiamento beta ottenuto da trizio.[22]

4.2. *Antonio Foffani, Salvatore Pignataro et al.*

Un altro gruppo pioniere è quello costituito da Foffani e Pignataro, dell'Istituto di chimica-fisica dell'Università di Catania, in collaborazione con diversi colleghi che incontreranno nei frequenti spostamenti per varie sedi italiane. Esaminando alcuni lavori seguiamo il percorso dei due scienziati. Nel 1963, in collaborazione

[20] Alcuni dei primi lavori sono a) Anna Giardini-Guidoni, Gian Gualberto Volpi, *Ion-Molecule Reactions of the Fifth Group Elements Hydrides*, «Il Nuovo Cimento», XVII, fasc. 6, 1960, pp. 919-927. b) Andrea Galli, Anna Giardini-Guidoni, Gian Gualberto Volpi, *Charge Exchange in Noble Gases*, «Il Nuovo Cimento», XXVI, fasc. 5, 1962, pp. 845-854. c) Andrea Galli, Anna Giardini-Guidoni, Gian Gualberto Volpi, *Ion-Molecule Reactions Leading to NO^+ Formation*, «The Journal of Chemical Physics», XXXIX, fasc. 3, 1963, pp. 518-521.

[21] A. Ghazi, W. Derwish, Andrea Galli, Anna Giardini-Guidoni, Gian Gualberto Volpi, *Ion-Molecule Reactions in Acetylene*, «Journal of the American Chemical Society», LXXXVII, fasc. 6, 1965, pp. 1159-1168.

[22] Vincenzo Aquilanti, Andrea Galli, Anna Giardini-Guidoni, Gian Gualberto Volpi, *Ion-Molecule Reactions in Hydrogen-Rare-Gas-Mixtures*, «The Journal of Chemical Physics», XLIII, fasc. 6, 1965, pp. 1969-1973.

con Biagio Cantone e Francesco Grasso (dell'Istituto di Fisica di Catania), compare su *Il Nuovo Cimento* uno studio su diazocomposti, vengono studiati i processi di frammentazione e misurati i potenziali di ionizzazione e di comparsa dei frammenti, osservando le variazioni per effetto di sostituenti.[23] Lo spettrometro utilizzato è di fabbricazione tedesca, modello CH-4 della Atlas Werke; si tratta nuovamente di un settore magnetico di 60°, che appartiene al laboratorio di Spettrometria di Massa del Centro Siciliano di Fisica Nucleare. L'anno seguente uno studio analogo su carbonili aromatici viene pubblicato sulla *Zeitschrift für Physikalische Chemie*.[24] Oltre a misurare la variazione dei potenziali si vuole precisare il processo di ionizzazione determinando quale sia l'elettrone rimosso, se uno del sistema π o uno di un doppietto solitario dell'ossigeno: come si vede le ricerche si collocano nel pieno della chimica fisica; anche questo gruppo ha un forte legame con la fisica, per la formazione professionale di due degli autori e per il laboratorio in cui vengono svolte le analisi.

Un lavoro analogo compare nel '66, di nuovo sulla prestigiosa rivista tedesca:[25] Foffani e Pignataro si sono trasferiti all'Università di Perugia, presso l'Istituto di Chimica Fisica, i collaboratori per questo lavoro sono Giuseppe Innorta e Giuseppe Distefano, lo spettrometro utilizzato è sempre quello catanese. L'anno precedente Foffani e Pignataro, già a Perugia ma ancora in collaborazione con Grasso e Cantone rimasti a Catania, pubblicano un lavoro sugli ioni negativi di metallocarbonili.[26] L'assenza di picchi molecolari è letta come formazione dello ione molecolare in uno stato repulsivo (con l'elettrone addizionale catturato da un orbitale con carattere di antilegame), che induce immediata frammentazione. Parte di questo lavoro era stata presentata dai due chimico fisici catanesi all'8_{th} European Meeting on Molecular Spectroscopy di Copenhagen (nello stesso 1965), mentre già nel '64 Foffani aveva preso posizione alla Mass Spectrometry Conference di Parigi durante la discussione seguita alla presentazione di un altro autore.[27] Questi eventi segnano

[23] Antonio Foffani, Salvatore Pignataro, Biagio Cantone, Francesco Grasso, *Mass Spectra of Diazocompounds. I- Diazocarbonyl Compounds*, «Il Nuovo Cimento», XXIX, fasc. 4, 1963, pp. 918-929.

[24] Antonio Foffani, Salvatore Pignataro, Biagio Cantone, Francesco Grasso, *Ionization Potentials and Substituent Effects for Aromatic Carbonyl Compounds*, «Zeitschrift für Physikalische Chemie Neue Folge», XLII, 1964, pp. 221-235.

[25] Salvatore Pignataro, Antonio Foffani, Giuseppe Innorta, Giuseppe Distefano, *Molecular Structural Effects on the Ionization Potentials for Metasubstituted Aromatic Compounds and for the Compounds of the Type X-CH_2-R*, «Zeitschrift für Physikalische Chemie Neue Folge», IL, 1966, pp. 291-298.

[26] Salvatore Pignataro, Antonio Foffani, Francesco Grasso, Biagio Cantone, *Negative Ions from metal Carbonyls by Electron Impact*, «Zeitschrift für Physikalische Chemie Neue Folge», XLVII, 1965, pp. 106-113.

[27] Dalla nota tre del riferimento precedente: a) Antonio Foffani, Mass Spectrometry Conference, Paris (1964), discussion to paper n° 17 by G. Jacobb and A. Henglein. b) Antonio Foffani, Salvatore Pignataro, 8_{th} European meeting on Molecular Spectroscopy, Copenhagen (1965).

l'inizio di un'attiva partecipazione del gruppo ad eventi internazionali sulla spettrometria. A questo proposito va ricordato che nel '69 Innorta, che fruisce di una borsa di post dottorato del C.N.R., si reca alla Cornell University dello Stato di New York, dove lavora con McLafferty, personalità di primo piano della spettrometria statunitense. Il gruppo d'oltre oceano da tempo si occupa di lavoro analogo a quello dei nostri ricercatori, Innorta firma nel '70 il quindicesimo articolo sullo studio dell'effetto dei sostituenti sulla decomposizione delle molecole.[28] Il problema trattato in questo lavoro è far coincidere un'interpretazione accettata dei dati sulla frammentazione delle molecole che si osservano con spettrometria di massa con la teoria del quasi equilibrio. Uno strumento per valutare la distribuzione dell'energia interna delle molecole (che è fondamentale per determinare la frammentazione) è dato dalla spettrometria di fotoelettroni; quando Innorta ritorna in Italia continua questo filone con Pignataro, adesso a Bologna, dove tiene aperte diverse linee di ricerca grazie ad un elevato numero di collaborazioni, fra le quali J.N.A. Ridyard della Perkin-Elmer (una ditta costruttrice di strumenti), Sandro Torroni di Bologna, Flavio Bonati di Milano, Paolo Linda e Gianlorenzo Marino di Perugia, Giovanni Natile a Venezia. In definitiva Pignataro e Foffani, prima insieme poi separatamente, producono nel decennio dal '63 al '72 numerosi lavori di chimica fisica con lo spettrometro di massa, e, soprattutto il primo, seminano la tecnica in varie sedi italiane.

4.3. *Sergio Facchetti*

Dei lavori in parte analoghi vengono da Facchetti del Centro Comune di Ricerca dell'EURATOM, di Ispra. Dopo un primo lavoro sulla determinazione di tracce di deuterio svolto per il C.N.R.N. nel 1960[29] si ha una pausa di cinque anni nei lavori di spettrometria dell'autore, fino all'inizio delle ricerche per l'EURATOM. Queste vengono svolte con due strumenti: il già incontrato Atlas Werke CH-4 e, quando serve alta risoluzione, un AEI MS-9, di fabbricazione inglese; è evidente la ricchezza di mezzi del Centro internazionale in confronto alle sedi universitarie italiane. Questi lavori, di chimica organica fisica, sono strettamente imparentati ai lavori di Foffani e Pignataro ma, almeno inizialmente, più sbilanciati verso la chimica: viene nuovamente esaminato il processo di frammentazione molecolare ma più che il meccanismo (il *come*, che si può collocare nell'area della chimica fisica) qui è sottolineata la determinazione dei frammenti che si formano (il

[28] Fred W. McLafferty, Timothy Wachs, Chava Lifshitz, Giuseppe Innorta, Philip Irving, *Substituent Effects in Unimolecular Ion Decompositions. XV. Mechanistic Interpretations and the Quasi-Equilibrium Theory*, «Journal of the American Chemical Society», XCII, 1970, pp. 6867-6880.

[29] Sergio Facchetti, *Determination of D in He of the reactor*, Comitato Nazionale per le Ricerche Nucleari, CNI-49, 1960.

cosa, più legato alla chimica organica). Come si intuisce dall'istituzione di appartenenza del nostro autore c'è nuovamente una strettissima relazione con il nucleare: il primo degli articoli esaminati[30] riguarda infatti i prodotti della degradazione di polifenili, una miscela dei quali costituiva il refrigerante utilizzato per un reattore ad uranio del progetto Orgel dell'EURATOM. L'autore studia il grado di frammentazione delle molecole in seguito a bombardamento elettronico, questione originata da un problema concreto: i prodotti di pirolisi e radiolisi della miscela disciogliendosi nella stessa ne aumentano la viscosità rendendo necessario sostituirla. Altri lavori analoghi con diversi coautori, molti dei quali stranieri, sono svolti negli anni seguenti, ad esempio uno studio su composti alogenati del benzene.[31] In dati ottenuti in questo lavoro hanno un destino assai movimentato: innanzi tutto sono registrati anche su nastro perforato ed elaborati con un calcolatore elettronico (IBM 360/65), poi i dati sulle abbondanze dei frammenti sono mandati al dr. Cornu del Centro di Studi Nucleari di Grenoble per essere inseriti in un atlante degli spettri di massa che servirà come database per la correlazione fra spettri e strutture.

Di tutt'altro genere è invece un lavoro di Facchetti che inizia al limite del periodo in esame (1972) e prosegue per quasi vent'anni: insieme a Garibaldi della S.N.A.M. l'autore presenta la possibilità di identificare il piombo di origine antropica presente nell'ambiente tramite la determinazione del rapporto isotopico. Si studiano quindi nuovamente rapporti isotopici tramite spettrometria, come nei primi anni di vita della tecnica, questa volta non siamo però nel campo della fisica né della determinazione dei pesi atomici, ma in piena chimica analitica, con un lavoro di analisi degli inquinanti. È da sottolineare che sono passati solo dieci anni dalla pubblicazione di Primavera Silenziosa di Rachel Carson, il testo rivoluzionario su ambiente e inquinamento e, per restare al nostro paese, non è ancora avvenuto il disastro di Seveso: la difesa dell'ambiente in Italia non è certo un argomento di attualità. Gli autori pubblicano la presentazione del lavoro su *La Rivista dei Combustibili*[32] dopo un'analoga presentazione all'*International Symposium Environmental Health Aspects of Lead* tenutosi ad Amsterdam nel '72 e annunciano di aver intrapreso una valutazione delle possibilità di utilizzare in diverse regioni italiane benzine arricchite con piombo isotopicamente differenziato per poterne poi seguire i movimenti nell'ambiente, progetto che rientra in un contratto stipulato nel '73 fra la C.E.E., l'E.N.I. e la S.I.A.C. (Società Italiana Additivi per Carburanti).

[30] SERGIO FACCHETTI, *La spettrometria di massa nello studio di alcuni polifenili*, «La Chimica e l'Industria», XLVII, fasc. 9, 1965, pp. 966-972.

[31] S. FACCHETTI, *Spettrometria di massa a bombardamento elettronico: studio dei composti mono- e dialogenati del benzene*, «La Chimica e l'Industria», LI, fasc. 12, 1969, pp. 1373-1379.

[32] S. FACCHETTI, P. GARIBALDI, *Il Piombo quale inquinante. II. La determinazione della composizione isotopica: una tecnica per identificare le fonti di contaminazione*, «La Rivista dei Combustibili», XXVII, fasc. 10, 1973, pp. 474-482.

4.4. *Pompeo Capella e Enzo Fedeli*

Come molti colleghi anche Pompeo Capella fonda in Italia un filone di ricerche tramite spettrometria di massa dopo aver preso contatti con la tecnica negli Stati Uniti. In questo caso si tratta esclusivamente di continuità strumentale e non di area di ricerca: nell'agosto '65 invia da Huston un lavoro su determinazione di derivati di ammine tramite gas cromatografia spettrometria di massa[33] mentre dal '66, dopo il ritorno in Italia, si occupa di analisi di sostanze grasse. In un primo periodo l'attività procede con tecniche tradizionali (varie tecniche cromatografiche, spettroscopia nell'infrarosso, NMR); la spettrometria di massa viene pure utilizzata ma in modo che si potrebbe definire improprio: soltanto per determinare la massa molecolare delle sostanze in esame.[34] Dal '67, in un lavoro sull'aroma del tartufo,[35] riappare invece la gas cromatografia spettrometria di massa, l'analisi dello spettro di una delle sostanze esaminate rivela la presenza di due atomi di zolfo e del gruppo CH_3S^+, permettendo di identificare il bis-metiltiometano come principale responsabile dell'aroma; la tecnica in questo caso viene utilizzata per avere indicazioni sulla composizione e la struttura della specie, e quindi in modo molto più pertinente di quanto non fosse la semplice misura della massa molecolare. Lo strumento utilizzato è un LKB 9000, le analisi sono eseguite da Salvatori, che incontreremo fra breve. Negli anni seguenti Capella si trasferisce all'Istituto Industrie Agrarie dell'Università di Bologna, proseguendo gli studi sulle sostanze grasse, lasciando in eredità la tradizione di gas cromatografia spettrometria di massa anche a Milano, nella persona di Enzo Fedeli, direttore della Stazione Sperimentale per gli Oli e Grassi, che aveva avuto una collaborazione con Capella quando questi si trovava al vicino Centro Nazionale per la Lipochimica del C.N.R.[36]

4.5. *Tito Salvatori, Giuliano Nencini, et al. (S.N.A.M.)*

Torniamo alle industrie con la S.N.A.M. (Società Nazionale Metanodotti) già incontrata parlando del lavoro analitico di Facchetti nei primi anni Settanta. L'inte-

[33] Pompeo Capella, E.C. Horning, *Separation and Identification of derivatives of Biologic Amines by Gas-Liquid Chromatography*, «Analytical Chemistry», XXXVIII, fasc. 2, 1966, pp. 316-321.

[34] a) Enzo Fedeli, Pompeo Capella, M. Cirimele, Giovanni Jacini, *Isolation of geranyl geraniol from the unsaponifiable fraction of linsed oil*, «Journal of Lipid Research», VII, 1966, pp. 437-441. b) Alberto Fiecchi, Pompeo Capella, Enzo Fedeli, Armando Lanzani, Giovanni Jacini, *Identificazione del 24-metilencicloartanolo negli olii di oliva e di lino*, «La Ricerca Scientifica», XXXVI, fasc. 12, 1966, pp. 1316-1320.

[35] Alberto Fiecchi, Marzia Galli Kienle, Antonio Scala, Pompeo Capella, *Bis-metyltiomethane, an odorous substance from withe truffle, Tuber Magnatum Pico*, «Tetrahedron Letters», XVIII, 1967, pp. 1681-1682. Per un refuso nell'intestazione dell'articolo compare «Cabella» invece di «Capella».

[36] Si vedano i riferimenti alla nota 34.

resse della compagnia per la spettrometria era già nato anni prima: due ricercatori dei Laboratori Riuniti Studi e Ricerche di S. Donato Milanese, Tito Salvatori e Giuseppe Nencini (quest'ultimo già incontrato nel gruppo pioniere dei fisici) con vari altri colleghi, fra cui Ricca del centro per lo Studio delle Sostanze Naturali del C.N.R. di Milano, firmano nel '63 un lavoro[37] sull'analisi della secrezione odorosa di un artropode. Uno spettrometro (nuovamente l'Atlas Werke CH-4) viene utilizzato per caratterizzare una delle sostanze isolate, in quantità troppo piccola per l'identificazione con altre tecniche. L'argomento è quanto mai lontano dall'area di ricerche della S.N.A.M., il che dimostra, ancor più che in altri casi incontrati in precedenza, la fluidità dei rapporti fra i ricercatori e l'ampia tolleranza sugli argomenti di ricerca da parte delle istituzioni di appartenenza. Tutt'altro argomento viene affrontato nel 1965 con un lavoro sulla caratterizzazione di copolimeri (ricordo che Natta ricevette il Nobel nel '63) tramite l'analisi delle frazioni volatili ottenute per pirolisi.[38] Negli anni seguenti continuano ricerche con lo spettrometro sugli argomenti più disparati: il meccanismo di una reazione di isomerizzazione termica,[39] quello di una sintesi biologica,[40] l'identificazione di un acido grasso di un microrganismo (quest'ultimo lavoro porta la firma anche di Alessandro Ballio, dell'Università di Napoli).[41] Per il solo Nencini ricordo ancora una presentazione delle applicazioni della tecnica alla metallurgia[42] e un lavoro con Foffani e Pignataro su ionizzazione e frammentazione di complessi di metalli di transizione.[43]

Chiudo questa panoramica con l'evento scelto come conclusivo per l'introduzione della spettrometria fra i chimici italiani, in quanto sancisce l'istituzionalizza-

[37] G. Casnati, Giuliano Nencini, A. Quilico, M. Pavan, A. Ricca, Tito Salvatori, *The Secretion of the Myriapod Polydesmus collaris collaris (Koch)*, «Experientia», XIX, fasc. 8, 1963, pp. 409-411.

[38] Giuliano Nencini, G. Giuliani, Tito Salvatori, *A Pyrolysis-Mass Spectrometry Method for Blockiness Determination of Ethylene-Propylene copolymers*, «Journal of Polymer Science, Part B: Polymer Letters», III, fasc. 6, 1965, pp. 483-485.

[39] Leonello Paoloni, Giuliano Nencini, Maria L. Tosato, Tito Salvatori, *Tautomeric Form of Oxygenated 1,3,5-triazines. V. Study of the Thermal Isomerization of Trimethoxytriazine by Mass Spectrometry of Labeled Molecules*, «Gazzetta Chimica Italiana», XCVII, fasc. 5, 1967, pp. 635-653.

[40] Luigi Canonica, Alberto Fiecchi, Marzia Galli-Kienle, Bianca M. Ranzi, Antonio Scala, Tito Salvatori, E. Pella, *Biosynhtesis of Ophiobolins*, «Tetrahedron Letters», XXXV, 1967, pp. 3371-3376.

[41] Alessandro Ballio, S. Barcellona, Tito Salvatori, *Identification of 9.10-methylenehexadecanoic acid in some aerobic «Actinomycetales» by a combined gas chromatographic-mass spectroscopic thchnique*, «Journal of Chromatography», XXXV, fasc. 2, 1968, pp. 211-212.

[42] Giuliano Nencini, *Aggiornamenti sulla spettrometria di massa con particolare riferimento alle applicazioni nel settore siderurgico*, «La Metallurgia Italiana», VIII, 1966, pp. 265-267.

[43] Salvatore Pignataro, Giuseppe Distefano, Giuliano Nencini, Antonio Foffani, *Mass Spectrometric Study of Paramagnetic and Diamagnetic Transition Metal Complexes*, XXXV, 1967, pp. 3371-3376.

zione della tecnica: durante il Secondo Convegno Italiano degli Spettrometristi di Massa, organizzato sotto gli auspici della Società Chimica Italiana al C.C.R. EURATOM di Ispra nel settembre '71 i partecipanti decidono di riunirsi in associazione e inviano al presidente della S.C.I. (Professor Sartori) richiesta di costituire la Divisione di Spettrometria di Massa. Nel maggio '72 si ha l'approvazione definitiva della richiesta e viene costituito il Gruppo di Spettrometria di Massa (che diverrà Divisione più tardi), il cui primo presidente è Facchetti. È da sottolineare che la Divisione di Spettrometria di Massa è l'unica Divisione della S.C.I. dedicata a una tecnica e non a una disciplina, infatti per la sua ampia applicabilità riunisce ricercatori di provenienza anche molto diversa, come sottolinea l'articolo due del Regolamento, che riporta gli obiettivi del gruppo:

> Il Gruppo è a carattere interdisciplinare e riunisce quanti operano nel campo con lo scopo:
> di favorire gli studi sulla spettrometria di massa, sia nei suoi aspetti di pura ricerca come nelle sue applicazioni;
> di divulgare la potenzialità di questa tecnica;
> di mantenere relazioni con analoghe organizzazioni di altri Paesi;
> di promuovere l'interessamento delle Industrie nazionali allo sviluppo della strumentazione.[44]

Nel '74 il gruppo conta 58 iscritti, provenienti da Università, Centri di Ricerca, industrie, come si ricava dal primo Bollettino del Gruppo[45] che ne riporta l'elenco completo, lo stesso riporta i risultati di un'inchiesta condotta nel '72 che stima in un totale di 75 gli strumenti presenti sul territorio nazionale: 32 fra Università e Centri Nazionali di Ricerca e 43 in altri Istituti di Ricerca e industrie.

5. Conclusioni

Nel secondo dopoguerra la tecnica di spettrometria di massa era ampiamente diffusa, negli Stati Uniti come in molti altri Paesi, anche europei, sia nelle Università sia nelle industrie, con un forte contributo dato dalle ricerche militari negli anni della guerra; in Italia non se ne conosceva quasi l'esistenza. L'introduzione della tecnica nel nostro paese avvenne alla fine degli anni '40 ad opera del celebre gruppo di fisici di Roma, al momento guidato da Amaldi, indispensabile a questo proposito furono i contatti con gli Stati Uniti che proprio i fisici avevano instaurato prima e durante la guerra, non solo per uno scambio di conoscenze, che pure fu importante, ma addirittura per avere materialmente i pezzi necessari alla costruzione dello strumento. I primi protagonisti di questa vicenda sono solitamente

[44] Sergio Facchetti, Salvatore Pignataro p. Comitato Promotore del Gruppo di S.M. (ed.), *Bollettino del Gruppo di Spettrometria di Massa della Società Chimica Italiana – Numero I*, 1974, cit. alla p. 3.

[45] *Ivi*.

ricordati come fisici, avendo svolto gran parte della loro opera scientifica in centri di fisica, ma erano in realtà ricercatori dalla doppia formazione (chimica e fisica) e che, in brevissimo tempo, si associarono a dei chimici «puri» per portare avanti le ricerche con lo spettrometro. Quando, un decennio dopo, finalmente iniziò la diffusione della tecnica in diversi gruppi di ricerca della chimica italiana fu in centri, e per ricerche, ancora strettamente legate alla fisica, in quanto ricerche di confine (tipiche furono le indagini chimico fisiche di numerosi gruppi) o, se pure prettamente chimiche, fortemente connesse alla ricerca sul nucleare. E va ancora ricordato che alcuni di questi gruppi comprendevano a loro volta dei fisici per cui, se pure a grandi linee si può affermare che la spinta iniziale alla nascita della tecnica in Italia venne dai fisici, è poco sensato cercare di porre un confine per il passaggio delle consegne ai chimici. Quello che invece appare nettamente definito è come il dilagare della ricerca in numerosi gruppi più o meno contemporaneamente sia legato alla disponibilità di strumenti commerciali. A rigore va ricordato che questi esistevano già dagli inizi degli anni '40, almeno negli Stati Uniti, ma la possibilità di acquistarli per i nostri centri di ricerca, fra blocchi autarchici, interdizioni e crisi economica non si verifica fino a diversi anni dopo la fine della guerra. Anche la distanza delle ditte costruttrici può aver contribuito, a questo proposito ricordo che nella panoramica delle stesse che Fusari compila nel '60 si limita ad elencare quelle europee e che fra gli obiettivi del neonato Gruppo di Spettrometria compare il promuovere l'interessamento delle Industrie nazionali allo sviluppo della strumentazione. Quest'ultimo dato, se ce ne fosse bisogno, sancisce definitivamente una variazione culturale: nessuno pensa nemmeno più a costruirsi autonomamente gli apparecchi; si noti anche che, inaugurando una tradizione che permane tuttora, al Gruppo sono iscritti anche diversi rappresentanti di industrie costruttrici di strumenti. Un altro elemento comune a quasi tutti i primi protagonisti della spettrometria di massa in Italia è un soggiorno di lavoro negli Stati Uniti, quindi anche per i chimici l'avvio delle ricerche è dato da un contatto con la nuova patria d'elezione della tecnica, che pure era nata in Europa oltre quarant'anni prima.

In breve, fra le altre cose grazie alla complessità della rete di rapporti fra i diversi ricercatori ed enti coinvolti, molti settori della chimica si legano alla spettrometria: dopo la chimica fisica e la chimica generale vennero l'analitica, l'organica, la macromolecolare, ecc. Dopo solo una decina d'anni questi gruppi pionieri (è facile immaginare che la spinta venne proprio dall'elevata eterogeneità), si unirono nel Gruppo di Spettrometria di Massa della Società Chimica Italiana, nel 1972, che si può quindi assumere come data in cui la tecnica venne ufficializzata per la chimica italiana.

Vorrei ringraziare il Professor Giuseppe Giuliani e il Professor Giorgio Mellerio, che mi hanno fornito materiale indispensabile per la ricerca.

Riassunto – Nel secondo dopoguerra la tecnica di spettrometria di massa era ampiamente diffusa, negli Stati Uniti come in molti altri Paesi, sia nelle Università sia nelle industrie, con un forte contributo dato dalle ricerche militari negli anni della guerra; in Italia non se ne conosceva quasi l'esistenza. L'introduzione della tecnica nel nostro paese avvenne alla fine degli anni Quaranta ad opera del celebre gruppo di fisici di Roma, al momento guidato da Amaldi. Quando, un decennio dopo, finalmente iniziò la diffusione della tecnica in diversi gruppi di ricerca della chimica italiana fu in centri, e per ricerche, ancora strettamente legate alla fisica. Il dilagare della ricerca in numerosi gruppi più o meno contemporaneamente fu indubbiamente legato alla disponibilità di strumenti commerciali. In breve molti settori della chimica si legarono alla spettrometria e dopo solo una decina d'anni i pionieri si unirono nel Gruppo di Spettrometria di Massa della Società Chimica Italiana (nel 1972), che si può quindi assumere come data in cui la tecnica viene ufficializzata per la chimica italiana.

MARCO FONTANI[a] – MARIAGRAZIA COSTA[b] – ARNALDO CINQUANTINI[c]

La congiura di Copenaghen: dall'eclissi dell'aldebaranio e del cassiopeio al conflitto di priorità tra celtio e afnio*

The Copenhagen conspirancy: from the passing of Aldebaranium and Cassiopeium to the conflict between Celtium and Hafnium

Summary – Georges Urbain was already famous all over the world[1] when he started to process many minerals searching for the 72nd element. Born in Paris on April 12th 1872 he took up chemistry and later worked under Charles Friedel (1832-1899) till 1899. He spent more than a quarter of a century studying mineral chemistry[2] and discovered three elements: *neoytterbium*, Ny (later ytterbium), *lutecium*, Lu (later lutetium)[3] and finally *celtium*, Ct.[4] He was the first to purify many oxides of the rare-earths elements and obtained samarium, europium, gadolinium, terbium, dysprosium and holmium in metallic state.[5] In 1906 he split

[a] Università di Firenze, Dipartimento di Chimica Organica «U. Schiff».

[b] Università di Firenze, L.R.E. Dipartimento di Chimica.

[c] Università di Siena, Dipartimento di Chimica.

* Relazione presentata al X Convegno Nazionale di «Storia e Fondamenti della Chimica» (Pavia, 22-25 ottobre 2003).

[1] PAUL JOB, *Notice sur la vie et le travaux de Georges Urbain (1872-1938)*, «Bulletin de la Société Chimique de France», (1939) 5e Sér. T. 6, 49 – Mémoires; GEORGERS CHAPETIER, CHARLOTTE H. BOATNER, *Georges Urbain*, «Journal of Chemical Education», 17, 1940, p. 103; Mémoires et Communication, *Séance du Lundi 7 Novembre 1938*, «Comptes Rendus de l'Académie des Sciences», 207, 1938, p. 66.

[2] GEORGES URBAIN, *Sur la nature de quelques éléments et méta-éléments phosphorescents de Sir W. Crookes,* «Comptes Rendus de l'Académie des Sciences», 145, 1907, p. 1335; G. URBAIN, GUSTAV JANTSCH, *Sur le magnétisme des terres rares*, «Comptes Rendus de l'Académie des Sciences», 147, 1908, p. 1286; G. URBAIN, *Sur la loi de l'optimum des phosphorescences cathodiques des systèmes binaires*, ivi, p. 1472; ID. *Recherches sur le terres rares*, «Journal de Chimie-Physique», 1906, 2iéme mémoire, [iv], p. 31; ID., S*ur l'analyse magnéto-chimique des terres rares*, «Comptes Rendus de l'Académie des Sciences», 150, 1910, p. 913.

[3] G. URBAIN, *Sur le lutécium et le néo-ytterbium*, «Comptes Rendus de l'Académie des Sciences», 146, 1908, p. 406.

[4] G. URBAIN, *Sur un nouvel élément qui accompagne le lutécium et le scandium dans le terres de la gadolinite: le celtium*, «Comptes Rendus de l'Académie des Sciences», 152, 1911, p. 141.

[5] G. URBAIN, *Twenty-five years of research on the yttrium earhts*, «Chemical Review», 1, 1924-25), p. 143.

the presumptive Marignac's ytterbium into two distinct elements that he named *neoytterbium* and *lutecium*.[6] Finally, in 1911 Urbain announced the discovery of element 72. The preliminary paper was partially incorrect and it had to be confirmed by further researches only in 1922. The name *celtium* was given to element 72 after the Celtic population that in pre-Roman age settled the border of the region which now corresponds to France. Urbain fitted this new element as the last one of the rare-earths group. Few months after Urbain's claim, in 1923, two scientists identified the 72nd element and named it hafnium. Although the second discovery of *celtium* was right, and the announcment was published six months before the hafnium one, the element took the second name. It may sound strange but the reason of this decision was due to the decline and loss of power of the French Chemical Society among the International Community.

Anamnesi: le Terre Rare

Nel 1794 il finlandese J. Gadolin (1760-1852) scoprì il primo elemento delle terre rare in alcuni minerali nei pressi dei giacimenti di Ytterby. Chiamò con il nome di *itterbia* l'ossido del nuovo elemento che isolò e itterbite il minerale dal quale aveva estratto il nuovo elemento. Tre anni più tardi A.G. Ekeberg (1767-1813) verificò le scoperte di Gadolin e propose il nome di *ittria* (o terre ittriche) per l'ossido e gadolinite per il minerale. Per molti anni i chimici, tra i quali L.N. Vauquelin (1763-1829), J.J. Berzelius (1779-1848) e M.H. Klaproth (1743-1817) si erano posti il problema se l'ittrio di Gadolin non fosse un corpo semplice ma in realtà contenesse altri elementi.

Nel 1842 il chimico svedese C.G. Mosander (1797-1858) descrisse come, per mezzo di precipitazioni frazionate di ossalati da soluzioni diluite di acido ossalico e dal trattamento degli idrossidi con soluzioni ammoniacali diluite, fosse riuscito a estrarre tre nuovi elementi. Il primo fu l'ittrio, il più basico; seguì l'erbio, il meno basico; la frazione intermedia la chiamò terbio. I nomi terbio, erbio e itterbio derivano dalla località svedese dove si trova il giacimento minerario, Ytterby. I nomi che Mosander dette ai tre elementi derivano dalla sequenza con la quale li separò: il nome ittrio non fu mutato per rispetto a Gadolin. Il primo elemento che estrasse lo chiamò terbio il successivo erbio. Tolse una lettera alla parola terbio, poiché l'aveva isolato successivamente.

Negli anni successivi si scoprì che sia l'erbio che il terbio non erano singoli elementi, ma un miscuglio di elementi ancora ignoti. Si consolidò l'abitudine, che potremo definire *entente cordiale*, quando gli scopritori scindevano un presunto elemento nei suoi costituenti, di lasciare ad uno di essi il nome che gli era stato imposto dal precedente scienziato. Quest'usanza fu rispettata da tutti fin ultimo

[6] G. URBAIN, *Un nouvel élément: le lutécium, résultant du dédoublement de l'ytterbium de Marignac*, «Comptes Rendus de l'Académie des Sciences», 145, 1907, p. 759.

Urbain nel 1907, con i nomi *neoitterbio* e *lutecio*.[7] Solo Auer von Welsbach non rispettò questo tacito *gentlemen's agreement* e chiamò gli elementi di numero atomico 70 e 71 con i nomi di *aldebaranio* e *cassiopeio*.[8]

Le luci di Parigi oscurano le stelle

Poche settimane dopo l'annunciò dell'identificazione del *neoitterbio* e del *lutecio*, un celebre chimico austriaco ripeteva le stesse scoperte di Urbain. Il barone Carl Auer von Welsbach,[9] nato a Vienna il 1 settembre 1858, studiò nella capitale asburgica e successivamente andò a perfezionare gli studi ad Heidelberg sotto la guida di Robert Bunsen (1811-1899). Agli inizi degli anni ottanta del XIX secolo Auer von Welsbach pubblicò i suoi primi lavori sulle terre rare. Nel 1885, dopo un minuzioso lavoro di separazione, si accorse che il *didimio* non era un elemento, ma un miscuglio di due corpi semplici. Egli cristallizzò le soluzioni di *didimio* con nitrato di ammonio e ricavò dei cristalli verdi. Il metallo contenuto nel sale lo chiamò praseodimio. Dalla soluzione delle acque madri isolò un sale rosa e da esso un nuovo elemento che chiamò *neodidimio*. Successivamente il nome di questo elemento mutò nell'attuale neodimio. Al volgere della penultima decade del XIX secolo Auer von Welsbach si interessò ad alcuni problemi industriali, come la sintesi di nuove leghe per filamenti di lampade ad incandescenza e mantelli riscaldanti. A quegli anni risalgono numerosi brevetti. Riuscì a mettere su una propria azienda che gli permise di accumulare una notevole fortuna. Ricevette il titolo di barone dall'imperatore Francesco Giuseppe (1830-1916); il motto che scelse per l'occasione, risultò inerente al lavoro che gli procurò fama e denaro: *plus lucis*!

Nel 1905 fece una comunicazione assai limitata alla *Akademie der Wissenschaften* di Vienna. In questa riconobbe la complessità dell'itterbio scoperto da Marignac. Già dal 1904 Urbain che lavorava a Parigi iniziò ad indagare sulla presunta natura elementare dell'itterbio. Molti sostenitori di Auer narrarono quest'episodio negli anni seguenti, quando sorse il problema della priorità della scoperta dei due nuovi elementi.[10] Auer riportò le sue convinzioni secondo le quali l'itterbio isolato da Jean de Marignac nel 1878 non era un corpo semplice ma un miscuglio di più elementi.[11] Purtroppo non riportò i risultati. Anche Urbain aveva avuto le

[7] URBAIN, *Un nouvel élément* cit.

[8] AUER VON WELSBACH, *Über die elemente der Yttergruppe*, «Kaiserisch Akademie Wissenschaft Wiener (Math. Natur. Klasse)», 1907, p. 468.

[9] VIKTOR GUMTANN, *More Light. A short historical sketch of Carl Auer von Welsbach*, «Journal of Chemical Education», 47, 1970, p. 209.

[10] G. URBAIN, *Zur Zerlegung des Ytterbiums in seine Komponenten. Neoytterbium und Lutetium oder Aldebaranium und Cassiopeium*, «Chemiker Zeitung», 32, 1908, p. 730; AUER VON WELSBACH, *Die Zerlegung des Ytterbiums in seine Elemente*, «Monatshefte für Chemie und Verwandte Teile Anderer Wissenschaften», 29, 1908, p. 181; G. URBAIN, *Lutetium und Neoytterbium oder Cassiopeium und Aldebaranium*, «Zeitschrift für anorganische Chemie», 68, 1910, p. 236.

[11] AUER VON WELSBACH, *Notiz über die Elemente des Thuliums*, «Monatshefte für Chemie

stesse intuizioni, ma fu più rapido nel trarre le conclusioni ed identificare i due nuovi elementi: li separò e li caratterizzò.[12] Mantenne immutato il nome del primo, vi pose unicamente il prefisso «neo» ma alterò il simbolo chimico (Ny), in onore del lavoro svolto dal collega ginevrino Jean de Marignac. L'altro elemento lo chiamò *lutecio*, simbolo Lu, in onore di Parigi, dal latino *Lutetia parisorum*.

Poco dopo, sempre nel 1906, Auer von Welsbach individuò per via spettroscopica due nuovi elementi. Li separò con il metodo classico di cristallizzazione frazionata e li chiamò *aldebaranio*, [Ad, numero atomico 70 corrispondente all'attuale itterbio] e *cassiopeio*,[13] [Cp, numero atomico 71 corrispondente all'attuale lutezio] in onore delle costellazioni aldèbaran e cassiopèa. I nomi di questi due elementi non entrarono mai nell'uso comune, fatto eccezione per il *cassiopeio* che talvolta comparve nelle riviste scientifiche di lingua tedesca. La comparsa del nome *cassiopeio* sulle riviste scientifiche, o meglio la sua ricomparsa, si ebbe nel 1923, in seguito all'opera intimidatoria che de Hevesy e Coster condussero, con notevole accanimento nei confronti di Urbain. Il lavoro sul *cassiopeio* e sull'*aldebaranio* di Auer von Welsbach era posteriore, sebbene di poco, a quello del francese per cui sorse quasi inevitabilmente una lunga e poco edificante controversia sulla priorità delle scoperte.

Urbain pose con risolutezza, sul tavolo della discussione, la data delle due pubblicazioni e a nulla valse il prestigio del vecchio chimico austriaco. Nel 1909 la Commissione Internazionale di Pesi Atomici sciolse la diatriba, pronunciandosi in favore delle scoperte di Urbain. Alcuni detrattori hanno affermato come il francese avesse condizionato le scelte della Commissione, essendo egli membro della stessa dal febbraio del 1907, quando succedette ad Henri Moissan. La presenza di Urbain tra i membri della Commissione non tolse alcunché alla priorità delle scoperte del *neoitterbio* e del *lutecio*, sebbene G. de Hevesy (1885-1966) e D. Coster (1889-1950), negli anni venti, insinuassero il contrario.

Nessuno dei nomi proposti da Urbain, comunque ebbe la fortuna di rimanere immutato. Il primo cambiò in itterbio poco dopo, mentre il nome *lutecio*, sopravvissuto al suo scopritore, fu alterato in lutezio nel 1949 dalla commissione IUPAC.

Tra gli inizi del XX secolo e lo scoppio della prima guerra mondiale Auer von Welsbach si interessò alla ricerca di altri elementi mancanti e nel primo dopoguerra cercò attivamente l'elemento di numero atomico 61. Si occupò anche dell'estrazione degli elementi radioattivi dai giacimenti di pechblenda a Joachimstad. Nel 1911, quando Urbain riportò il primo annuncio della scoperta del *celtio* da cam-

und Verwandte Teile Anderer Wissenschaften», 32, 1911, p. 373; ID., *Die Zerlegung des Ytterbiums in seine Elemente*, «Monatshefte für Chemie und Verwandte Teile Anderer Wissenschaften», 34, 1913, p. 1713.

[12] GEORGES URBAIN, FRANÇOIS BOURION, MAILLARD, *Extraction du lutécium des terres rares de la gadolinite*, «Comptes Rendus de l'Académie des Sciences», 149, 1909, p. 127.

[13] WELSBACH, *Über die elemente Yttergruppe*, cit.

pioni di gadolinite, Carl Auer von Welsbach era impegnato nel frazionamento del tulio.[14] Auer era convinto che questo elemento al pari del *didimio* di Mosander o dell'itterbio di Marignac, potesse contenere tre nuovi elementi che chiamò provvisoriamente *tulioI*, *tulioII* e *tulioIII*. La ricerca fu pubblicata su *Monatshefte für Chemie und Verwandte Theile anderer Wissenschaften* dello stesso anno e non passò inosservata, per lo meno nel mondo tedesco, sebbene nelle traduzioni dei testi anglosassoni fu confuso il tulio con il terbio. Auer riportò un dettagliato studio spettroscopico dello spettro, d'arco e d'incandescenza, dei tre nuovi elementi ma non fu in grado di separare chimicamente i tre elementi; si rammaricò che i tre corpi TmI, TmII e TmIII avessero proprietà così simili da non poter esser separati con le tecniche analitiche del tempo. Sembrarono così simili poiché i tre elementi non esistevano affatto.

Ogni anno, a partire dal primo dopo guerra fino all'anno della sua morte, fu candidato al premio Nobel per la chimica. Come Urbain, si avvicinò moltissimo a questo traguardo ricevendo numerose preferenze degli accademici svedesi. Poco dopo, a 70 anni d'età, il barone Carl Auer von Welsbach si spense nel suo castello a Welsbach in Carinzia. Era il quattro agosto del 1929.

Il forte attrito tra il vecchio austriaco e il chimico francese, in seno alla Commissione Internazionale di Pesi Atomici, si protrasse ben oltre la sua scomparsa e lasciò il mondo scientifico, che gravitava nell'orbita tedesca, profondamente frustrato.

Il Neoceltio

L'annuncio della scoperta del *celtio* del 1911 passò inosservata.[15] Nel 1922 dopo molti anni passati lontano da questa tematica, Urbain pubblicò una seconda nota sul *celtio*.[16] Anche questa volta la comunità scientifica internazionale non accolse la scoperta con favore, sebbene risultasse corretta e gli spettri X caratteristici confermassero la presenza dell'elemento 72 nei suoi preparati.

Nel 1922 la legge di Moseley era al tempo stesso *condizione necessaria e sufficiente* per individuare un nuovo corpo semplice. Ed infatti Urbain al tempo del secondo annuncio della scoperta del *celtio*, si basò su questa semplicissima ed elegante legge sperimentale. L'annuncio della scoperta del *celtio* nel 1911 era stata un errore: i dati erano falsati dalla presenza di grosse quantità di lutezio. Dovette aspettare oltre dieci anni e nel 1922, Urbain annunciò inequivocabilmente la scoperta del *neoceltio*, per distinguerlo della precedente scoperta. C'è chi parlò di riscoperta poiché il nome mutò nuovamente in *celtio*.

[14] WELSBACH, *Notiz über die Elemente des Thuliums* cit.

[15] URBAIN, S*ur un nouvel élément* cit.

[16] G. URBAIN, *Le numéros atomiques du néo-ytterbium, du lutécium et du celtium*, «Comptes Rendus de l'Académie des Sciences», 174, 1922, p. 1349.

In un primo tempo egli aveva pensato che il celtio avesse proprietà chimiche simili agli elementi delle terre rare. Nel giugno del 1914 i coniugi Urbain fecero un viaggio in Inghilterra in compagnia di Sir William Ramsay (1852-1916). Si recarono ad Oxford dove Ramsay presentò il chimico francese al celebre spettroscopista H. Moseley (1887-1915).[17] Urbain soggiornò un breve periodo da Moseley, finché quest'ultimo terminò di studiare i campioni che il francese aveva portato con sé. L'esito fu negativo: nelle frazioni di terre rare di Urbain non era presente l'elemento 72. Nell'agosto del 1914 scoppiò la prima guerra mondiale. Moseley con risolutezza tutta britannica si arruolò entusiasta. Morì l'anno seguente sulle spiagge dei Dardanelli. Urbain interruppe il lavoro, tornò in Francia, ed entrò nella difesa nazionale. Fu congedato nel 1919 e nel maggio del 1922 fece l'annuncio della scoperta del *celtio*. Contemporaneamente Alexandre Henri Georges Dauvillier osservava le righe del nuovo elemento.[18, 19]

Nel gennaio 1923 de Hevesy e Coster annunciarono, a loro volta la scoperta dell'elemento di numero atomico 72, che chiamarono afnio:[20] non potendo basare la priorità del loro lavoro sul fattore temporale fu giocata la carta del discredito dell'avversario. Quando i colleghi di N. Bohr (1885-1962) all'università di Copenaghen, annunciarono la scoperta dell'afnio, il mondo scientifico accettò quasi unanimemente la scoperta perché confermava le nuove teorie di Bohr. Grazie al peso immenso della sua popolarità, quest'ultimo trascinò il nome dell'afnio ben oltre i limiti della scoperta. All'inizio del XX secolo le divergenze tra la fisica e la chimica vennero fuori con tutte le loro incongruenze. Erano due modi di affrontare e studiare la materia che si basavano su due differenti approcci concettuali: sperimentale ma rigorosamente matematico il primo, più empirico e applicativo il secondo. Quando le due discipline finirono a studiare lo stesso fenomeno, fu chiaro che sarebbero sorti forti attriti e che una delle due discipline avrebbe finito col soccombere. Bohr fu uno dei brillanti fisici del ventesimo secolo che contribuì a vincolare prepotentemente le scienze chimiche alla fisica. All'inizio degli anni venti, suggerì un modello di tavola periodica *a guscio*, basato sul riempimento degli orbitali con elettroni *s*, *p*, *d*, *f*. Sebbene tale modello sia corretto, non ha soppiantato la vecchia *tavola mendeleviana*.

L'ostilità del mondo accademico che Urbain doveva superare era un ostacolo di lunga data, al quale si sommava l'errore iniziale del 1911. Infatti al momento del

[17] JOHN L. HEILBRON, *H.G.J. Moseley – The life and Letters of an English Physicists – 1887-1915*, Berkeley, Unversity California Press, 1974.

[18] ALEXANDRE DAUVILLIER, *Sur la séries L du lutécium et de l'ytterbium et sur l'identification du celtium avec l'élément de nombre atomique 72*, «Comptes Rendus de l'Académie des Sciences», 174, 1922, p. 1347.

[19] A. DAUVILLIER, *High-frequency Lines of Celtium*, «Chemistry and Industry», 42, 1923, p. 1182.

[20] DIRK COSTER, GEORGE DE HEVESY, *On the Missing Element of Atomic Number 72*, «Nature», 1923, 111, 79.

primo annuncio della scoperta del *celtio* non era stata postulata la legge di Moseley che permetteva di correlare il numero atomico di un elemento con la lunghezza d'onda dei raggi X diffratti da un campione di quell'elemento. Urbain isolò il *celtio* allo stato molto impuro. Le proprietà chimiche e magnetiche del *celtio* risultarono essere simili a quelle degli elementi delle terre rare. In realtà non è così. Il *celtio* è il primo elemento dopo il gruppo delle terre rare. Le sue proprietà chimiche sono diverse dagli elementi appartenenti a questa famiglia. Poiché i primi campioni di Ct contenevano in gran parte Lu, Urbain osservò erroneamente la trivalenza tipica dei lantanidi anche per il *celtio*. Questo fatto portò in un primo tempo Urbain a ritenere che le terre rare includessero anche il suo nuovo elemento. Come sappiamo oggi il *celtio*, o afnio, ha le proprietà chimiche degli elementi del quarto gruppo al quale appartiene.

Nel primo dopoguerra Georges Urbain riprese la sua ricerca nel settore delle terre rare. Sebbene i suoi impegni accademici fossero cresciuti notevolmente dopo che nel 1921 fu eletto all'*Académie des Sciences*, ebbe ancora la soddisfazione di compiere un'ultima scoperta veramente importante: il *celtio*. Il 22 maggio 1922 con due comunicazioni distinte all'Accademia delle Scienze di Parigi, Georges Urbain e Alexandre Henri Georges Dauvillier annunciarono di essere giunti alla definitiva identificazione dell'elemento di numero atomico 72.[21, 22] Il 17 giugno lord Rutherford pubblicò di suo pugno un articolo sulla rivista *Nature*, nel quale elogiava il lavoro dei colleghi francesi e ne riportò tradotte alcune parti.[23]

Dauvillier era nato il 5 maggio 1892 a Saint-Lubin-des-Joncherets. Era stato allievo di Urbain prima della guerra. Richiamato al fronte iniziò ad occuparsi di radiologia. Al termine della guerra conseguì la laurea in fisica e nel 1920 entrò all'*Ecole des Haute-Etudes* sotto la guida di Maurice de Broglie (1875-1960). Si specializzò in diffrattometria a raggi X. Morì nel 1979.

La ricerca spettroscopica del *celtio* era iniziata nel 1914 sotto la guida di Moseley, l'allievo prediletto di E. Rutherford (1871-1937). Quest'ultimo rimase per tutta la vita un fisico classico e malgrado la simpatia per un altro suo mirabile allievo, Bohr, non accettò pienamente la nuova teoria quantistica.[24] Rutherford era ambivalente rispetto alla teoria: troppo intelligente per non capirne l'importanza, ma con un interesse assai limitato nei *quanti* e nelle nuove grandi idee che cominciavano a farsi strada in fisica.

In quest'ottica egli prediligeva le scoperte di Moseley che non erano in contrasto con la fisica classica. Il *celtio* era frutto della legge di Moseley e non della teoria quantistica di Bohr. Anche per questo motivo esaltò il lavoro di Urbain.

[21] DAUVILLIER, *Sur la séries L* cit.

[22] URBAIN, *Le numéros atomiques* cit.

[23] ERNEST RUTHERFORD, *Identification of a Missing Element*, «Nature», 109, 1922, p. 781.

[24] HELGE KRAGH, *Anatomy of a Priority Conflict: The Case of Element 72*, «Centaurus», 23, 1980, p. 275.

Bohr non restò imparziale, sebbene fosse il direttore del centro dove de Hevesy aveva scoperto l'afnio. Esercitò forti pressioni sul direttore di *Nature* per poter sapere in anticipo ciò che il francese avrebbe pubblicato. La stampa anglosassone era divisa: se la rivista *Chemistry & Industry* si mostrava a favore del *celtio*, il direttore di *Nature* era smaccatamente di parte nei confronti dell'afnio.[25, 26, 27, 28, 29, 30, 31]

Dopo una breve parvenza di imparzialità, Bohr tempestò il vecchio Rutherford con lettere incresciose, additando Urbain di incompetenza. Anche un altro fisico, Friedrich Adolf Paneth (1887-1957), era fortemente convinto della inesistenza del *celtio*.[32] Convinse buona parte dei suoi colleghi che Urbain aveva fatto un lavoro a dir poco dilettantesco. Paneth era così malevolmente predisposto nei confronti di Urbain da convincere lo svedese Karl Manne Georg Siegbahn (1886-1978) ad andare appositamente a Parigi. Siegbahn si recò nel laboratorio di Dauvillier per osservare le lastre fotografiche e le righe caratteristiche del *celtio*. Al ritorno a Stoccolma Siegbahn si lasciò andare a poco edificanti commenti:

> Non ho osservato le righe del celtio sulla lastra fotografica che Dauvillier mi ha mostrato. Del resto credo che esse siano visibili solo ai francesi.[33]

L'eco della lettera piena di sarcasmo montata ad arte per screditare tutta la scienza francese in genere, arrivò a Parigi. Fino a quel momento il risentimento dei francesi era stato molto timido e per di più limitato all'ambito Accademico. Urbain fu sempre correttissimo. Non andò oltre la ferma determinazione nel rivendicare le sue scoperte:

> Mes efforts n'ont abouti qu'à des séparations bien imparfaites, mais seules, elles ont été suffisantes pour permettre aux spectres de haute fréquence d'attribuer sans ambiguïté aux trois constituants que j'ai découverts leurs numéros atomiques: (neo) ytterbium: 70; lutécium: 71; celtium: 72.[34]

Una strategia e una correttezza che furono pagate a caro prezzo. Nessun elemento mantenne il nome datogli dal legittimo scopritore.

La stampa francese, dopo la maldestra uscita di Siegbahn, non attese altro e sui giornali comparvero titoli infuocati all'indirizzo dei ricercatori scandinavi.

[25] D. Coster, G. de Hevesy, *On the New Element Hafnium*, «Nature», 111, 1923, p. 182.

[26] G. Urbain, A. Dauvillier, *On the Element of Atomic Number 72*, «Nature», 111, 1923, p. 218.

[27] D. Coster, G. de Hevesy, *On the New Element Hafnium* cit., p. 252.

[28] D. Coster, G. de Hevesy, *On Celtium and Hafnium*, «Nature», 111, 1923, p. 462.

[29] G. Urbain, *Should Element of the Atomic Number 72 be called Celtium or Hafnium?*, «Chemistry and Industry», 42, 1923, p. 764.

[30] Bohuslav Brauner, *Hafnium or Celtium*, «Chemistry and Industry», 42, 1923, p. 884.

[31] Editoriale, *Celtium or Hafnium?*, «Chemistry and Industry», 42, 1923, p. 782.

[32] Friedrich Adolf Paneth, *Über das Element 72 (Hafnium)*, «Ergebnisse der Exakten Naturwissenschaften», 2, 1923, p. 160.

[33] Heilbron, *H.G.J. Moseley* cit.

[34] Urbain, *Le numéros atomiques* cit.

In un susseguirsi sempre più bieco di meschinità, Bohr accusò il francese di utilizzare la memoria dello scomparso Moseley per commuovere Rutherford ed influenzare il pubblico anglosassone. Bohr era amico del direttore di *Nature* e in un suo articolo non mancò di ringraziarlo per avergli fatto pervenire le bozze che Urbain avrebbe voluto pubblicare sulla stessa rivista!

L'attentato alla credibilità scientifica di Urbain fece molto eco. Contemporaneamente Coster e de Hevesy lo accusarono di plagio nei confronti di von Welsbach.

Nel 1923 Rutherford pubblicò un articolo in favore di Urbain per i lettori di *Nature*. Cercò di chiudere la partita indirizzando la ricerca e l'interesse dei giovani ricercatori danesi verso la scoperta di quegli elementi che ancora mancavano all'appello. Era un segnale agli uomini di Bohr perché riconoscessero la scoperta del *celtio* come un fatto incontrovertibile. Rutherford era un grande uomo oltre che un genio riconosciuto unanimemente e lo si osserva nelle parole:

> In two recent communications to the Paris Academy of Science by M.A. Dauvillier and Prof. G. Urbain respectively, very definitive conclusions have been reached as to the identity of celtium with the missing element of number 72 on the Moseley classification … now the missing element 72 has been identified, there remain only three vacant places of ordinal number – 43, 61, 75 – between hydrogen and bismuth in Moseley's classification of the elements.[35]

Il lavoro di Urbain e Dauvillier, trovò comunque una favorevole accoglienza anche fuori dai confini della Francia. Oltre al già citato giudizio di Rutherford, si aggiunsero gli apprezzamenti di Bohuslav Brauner (1855-1935), Blas Cabrera (1878-1945) ed altri.[36] Tuttavia essi non bastarono a salvare il *celtio* dall'oblio. Urbain ricevette la simpatia di molti fisici e dei chimici, nulla più. L'uscita di scena di Dauvillier e dei fratelli de Broglie, che volsero la loro attenzione ad altri campi della fisica, facilitò l'affermarsi dell'afnio. Nel saggio del danese Helge Kragh ieraticamente si trova la seguente frase:

> When, in the summer of 1923, the controversies were de facto settled in favour of hafnium, the priority conflicts had worked as a fine propaganda for Bohr's ideas on atomic structure.[37]

Il Celtio non ha una sola gamba su cui star ritto

Quando nel 1923, Dirk Coster e George von Hevesy rivendicarono la scoperta dell'elemento 72, Urbain si trovò praticamente solo nel difendere la priorità del suo lavoro. L'inconciliabilità che Urbain aveva mostrato con Welsbach, nel 1907, scavò un solco incolmabile con buona parte del mondo scientifico dell'epoca, che quindici anni dopo si rivoltò contro di lui e la sua scoperta.

[35] RUTHERFORD, *Identification of a Missing Element* cit.
[36] BRAUNER, *Hafnium or Celtium* cit.
[37] KRAGH, *Anatomy of a Priority Conflict* cit.

Secondo la teoria di Bohr, l'elemento 72, sarebbe stato l'omologo superiore dello zirconio: fu così, che de Hevesy e Coster passarono all'esame i minerali zirconiferi.[38, 39, 40, 41, 42] Il lavoro di estrazione fu molto più semplice di quello di Urbain, che invece ricercò questo elemento tra le terre rare. Il tenore dell'elemento 72 in questi minerali è molto minore di quello che si ritrova nello zircone. De Hevesy e il suo collega Coster ebbero dalla loro la teoria di Bohr, ma ciò nonostante non riuscirono a portare evidenze sperimentali dell'afnio che sei mesi dopo Urbain.

Ad Urbain va il riconoscimento della scoperta dell'elemento 72 a de Hevesy e Coster va il merito del suo isolamento. Già alla fine del 1923 il team danese siglò un accordo con la Philips per lo sfruttamento commerciale del nuovo elemento.

Nella loro prima pubblicazione, nel gennaio 1923, de Hevesy e Coster proposero il nome di afnio per l'elemento di numero atomico 72. *Hafnia* è il nome latinizzato della capitale danese, luogo dove sorgeva l'Istituto di Fisica Teorica e dove erano stati svolti tutti i loro lavori. Il direttore di questo istituto era il giovane quanto famoso Niels Bohr. Egli avrebbe voluto che questo elemento prendesse il nome *danio*, da Danimarca, ma de Hevesy e Coster rifiutarono categoricamente, poiché nessuno di loro era danese.[43]

Appena uscì la pubblicazione dei risultati sulla rivista *Nature*, divampò violento lo scontro che oppose da una parte Georges Urbain, scopritore del *celtio*, e dall'altra de Hevesy e Coster che lo avevano isolato. Rutherford e Brauner si schierarono a favore del francese, ma non mancarono personalità importanti anche tra le altre fila: Bohr, nonché gran parte del mondo scientifico tedesco e scandinavo furono tra questi. Purtroppo il *celtio* non fu isolato né in quantità apprezzabile né fu possibile determinarne le proprietà chimiche.[44] Queste erano le esigenze indispensabili per poter reggere il confronto con gli agguerriti ricercatori danesi.

Nel frattempo i due distinti gruppi di ricerca si affannarono a estrarre l'elemento dai minerali con estrema rapidità. Urbain da un lato aveva un gruppo di ricerca più numeroso di quello del giovane ungherese che lavorava a Copenaghen, ma si sforzava a cercare il *celtio* in minerali ittrici dal basso tenore di questo ele-

[38] G. de Hevesy, *Über die Auffindung des Hafniums und den gegenwärtigen stand unseren Kenntnisse von diesen Element*, «Berichte der Deutschen Chemischen Gesellschaft», 56, 1923, p. 1503.

[39] G. de Hevesy, *Note on the Chemistry of Hafnium*, «Chemical News», 127, 1923, p. 33.

[40] D. Coster, *On the X-Ray Spectra of Hafnium and Thulium*, «Philosophical Magazine», 46, 1923, p. 956.

[41] G. de Hevesy, Thal Jantzen, *The Hafnium content of Zirconium Ores*, «Journal of the Chemical Society of London», 123, 1923, p. 3218.

[42] G. de Hevesy, Madsen, *Über Gesetzmäßigkeiten innerhalb der seltenen Erden und der Titangruppe*, «Zeitschrift angewandte Chemie», 38, 1925, p. 228.

[43] Heilbron, *H.G.J. Moseley* cit.

[44] G. Urbain, *Sur le celtium, l'élément de numéro atomique 72*, «Comptes Rendus de l'Académie des Sciences», 176, 1923, p. 469.

mento. Avrebbe potuto spazzare via ogni velleità dell'afnio se solo avesse analizzato i minerali zirconiferi che aveva nel suo laboratorio. Erano campioni provenienti dal Madagascar; sono tra i minerali più ricchi di *celtio* in assoluto. Urbain si era impegnato pubblicamente nel sostenere la presenza dell'elemento nel gruppo delle terre rare.[45] Tra queste lo aveva osservato e da queste lo voleva estrarre. La presenza di *celtio* in questi minerali è molto scarsa: l'ordine di grandezza è dell'1%, mentre nello zircone si trova in quantità fino al 17%.[46]

Perse così del tempo prezioso e molti suoi ricercatori furono impiegati in una ricerca sterile. In conclusione, pagò amaramente la sua ostinazione. Coster e de Hevesy lavorando nel modo sopra accennato riuscirono ad estrarre l'afnio con netto anticipo e con purezza sorprendentemente maggiore. A questo punto Urbain ammise, sebbene con ritardo, di aver creduto che il *celtio* fosse un elemento delle terre rare, come aveva scritto nel 1911; riconobbe la priorità di Coster e de Hevesy nell'estrazione del metallo da minerali zirconiferi. La scoperta però, sottolineò il francese, era il frutto del suo lavoro e della collaborazione con Dauvillier. Di nessun altro. La data era il maggio 1922. La concessione che egli fece era propria dell'indole mite e corretta di Urbain. Fu invece interpretata come un segno di cedimento e di debolezza e la comunità scientifica reagì di conseguenza.

La stampa francese aveva accolto la rivendicazione danese facendo quadrato attorno ad Urbain. In una vertigine di nazionalismo alcuni giornali riportarono la scoperta dell'afnio diffamando i danesi. Uno di essi riportò il seguente titolo: «*Ça pue le boche*».[47] Il riferimento era scontato. De Hevesy aveva militato nell'esercito austriaco contro l'Intesa e, nel 1923, la Francia piangeva ancora i suoi morti. Era il paese più spossato tra i vincitori. Simili sentimenti erano diffusi in tutto il mondo occidentale. Oltremanica, il direttore della rivista *Chemical News*, nonché presidente della Royal Society W.P. Wynne ebbe a dire:

> We adhere to the original name word celtium give to it by Urbain as a representative of the great French nation which was loyal to us throughout the war. We do not accept the name which was given by the Danes who only pocketed the spoil after the War.[48]

Urbain però non si scostò mai dalla correttezza professionale che lo contraddistingueva e non trasse profitto da simili episodi. Aveva dedicato l'intera esistenza a chiarire il dilemma delle terre rare: gli dovette sembrare quasi ineluttabile, sebbene beffardo che il primo elemento oltre le terre rare gli fosse scappato tra le mani nel momento di mietere gli allori.

Urbain era stato in quegli anni piuttosto lontano dal lavoro manuale del labo-

[45] URBAIN, *Sur le celtium* cit.

[46] DE HEVESY, MADSEN, *Über Gesetzmäßigkeiten innerhalb der seltenen Erden und der Titangruppe*, cit.

[47] «Il fetore del crucco»: PANETH, *Über das Element 72* cit.

[48] KRAGH, *Anatomy of a Priority Conflict* cit.

ratorio, sia per via dell'età (aveva passato la cinquantina) sia a causa di gravosi impegni Accademici, quali la nomina all'Accademia Francese, l'elezione alla Royal Society nonché il lavoro alla Commissione Internazionale dei Pesi Atomici.

L'immenso lavoro che aveva portato all'estrazione del lutezio nel 1906 fu realizzato con oltre 300,000 cristallizzazioni frazionate, in gran parte eseguite da lui. Se lo sforzo tecnico e la lena dei dieci anni precedenti fossero stati mantenuti non v'è dubbio che Urbain avrebbe ottenuto *celtio* in maggiori quantità.

Coster era un semplice ricercatore come de Hevesy; quest'ultimo ottenne la cattedra a Copenaghen nel 1926 (in riconoscimento per l'estrazione dell'afnio). Essi imboccarono la strada giusta e nel 1926 de Hevesy fu in grado di riportare le proprietà chimiche, fisiche, magnetiche dell'afnio. Nel lungo trattato sull'elemento 72, tuttavia non si mostrò umanamente corretto quanto lo era stato scientificamente. In apertura del suo lavoro riportò la storia della scoperta dell'afnio in cui non lesinò critiche al collega francese del quale riportò unicamente gli episodi meno precisi dei lavori del 1911.

Inoltre avanzò forti perplessità sulle effettive scoperte di Urbain del 1906: il *neoitterbio* e *lutecio*. Sollevò un gran polverone nel tentativo di trascinare il vecchio Auer von Welsbach nell'agone. Il chimico austriaco era troppo vecchio per intervenire attivamente, ma a de Hevesy bastò soltanto mandare un implicito quanto inequivocabile segnale a Urbain: il suo riconoscimento al *neoitterbio* e *lutecio* era vincolato a quello del francese per l'afnio. Urbain non si piegò mai a queste condizioni e per il resto della sua vita continuò a ignorare l'afnio. La comunità internazionale sembrò aver capito meglio di lui il pragmatismo dell'ungherese e già prima della morte di Urbain gli voltò le spalle.

Quanto fece Coster invece fu platealmente disonesto. Si recò in Austria in apparenza a trovare il vecchio barone. Auer si era costruito un laboratorio nel proprio casello e lì tentava di estrarre l'elemento 61 da rocce monazifere. Dirk Coster si offrì di portare a Copenaghen alcuni campioni purificati e studiarne gli spettri alla ricerca dell'elemento 61. La condizione che poneva a Auer von Welsbach era che rigettasse il verdetto del 1909 della Commissione Internazionale dei Pesi Atomici dove era stata accolta la proposta di Urbain di nominare gli elementi 70 e 71 con i nomi di *neoitterbio* e *lutecio*. L'austriaco accettò e con lui tutta la comunità scientifica tedesca. Ribattezzarono l'elemento 71 col vecchio nome di *cassiopeio* datogli da Auer. La scienza lasciò il passo al più bieco nazionalismo. Per l'altro elemento, il 70, fu deciso di mantenere il nome di itterbio e non mutarlo in *aldebaranio*. La scelta fu motivata non tanto per rispetto alla scoperta di Urbain ma come omaggio al lavoro di Marignac del 1878 che era di nazionalità svizzera e non francese. Urbain si trovò a dover difendere la propria credibilità scientifica dagli attacchi congiunti di Auer von Welsbach, de Hevesy e Coster.

Un aiuto inaspettato ad Urbain arrivò dal sessantottenne chimico cecoslovacco Bohuslav Brauner. Uno dei motivi che spinse Brauner a scendere spontaneamente in campo a fianco del francese, a differenza di quello che successe da parte di Auer

von Welsbach, parte da lontano. Il *didimio* metallico scoperto nel 1841 da Mosander (1797-1858) era stato esaminato spettroscopicamente da Brauner nel 1882 il quale osservò due bande di assorbimento una nel blu e l'altra nella regione del giallo. A quel tempo non pensò seriamente che avesse potuto osservare le bande di due distinti elementi costituenti il *didimio*. Fu solo nel 1885 che Auer riuscì a scindere il *didimio* nei suoi elementi costituenti, per i quali propose i nomi di *neodidimio* e praseodimio.

Sebbene Brauner non avesse mai (e non lo farà mai nell'arco di tutta la sua vita) rivendicato ufficialmente la scoperta di questi elementi, egli si considerava il vero scopritore e sentiva che Auer von Welsbach aveva plagiato i suoi lavori. In tarda età confidò ad Urbain i suoi sentimenti verso l'austriaco

> … it is interesting that Auer von Welsbach often did the same as I. I learned from Bunsen in 1878-79 how to work with the rare earths; he [Auer von Welsbach] did the same in 1883, but when I was visiting in the same place, he did not present himself. I found in 1882, through study of the decomposition products of the old didymium, that it can be split into two eraths and published a note on it in the Wiener Anzeiger. He published his work on praseodymium and neodymium in 1885.[49]

I colpi bassi attraverso i quali Coster e de Hevesy coinvolsero Auer von Welsbach contro Urbain fece ritornare in mente a Brauner il suo vecchio attrito con l'austriaco. Brauner informò Urbain del rischio a cui era esposta la sopravvivenza del *lutecio*. Georges Urbain ricambiò la correttezza del chimico cecoslovacco e trovò parole serene e al tempo stesso ferme tanto per ringraziarlo quanto per condannare il tentativo di Auer, Coster e de Hevesy di screditarlo a livello internazionale.

> Il est notoire que le Lutecium a failli répéter l'historie du Praséodyme, et vous tremblez plus que mois pour le sort du Celtium. Je souhaite que cette argumetation fasse pencher dans l'avenir la balanche en votre faveur, et que justice soit enfin universellement rendue à votre mérite.[50]

Urbain si mostrò straordinarimante cauto e corretto. Ringraziò Brauner, ma non approfittò del suo aiuto per alimentare la polemica internazionale. Si limitò, legittimamente, ad augurargli che in seguito egli potesse esser additato, al pari di Auer, come lo scopriotore dei due elementi.

Purtroppo col tempo la silenziosa congiura di Copenaghen fu accolta a malincuore da tutti i ricercatori, francesi compresi.

Dopo un'interminabile *querelle*, disputata quasi interamente sulle pagine di *Nature* e *Chemistry & Industry*, la Commissione Internazionale di Pesi e Misure giunse ad una sofferta e deludente conclusione: l'elemento 72 avrebbe avuto due

[49] MARY ELVIRA WEEKS, *Discovery of the Elements*, Easton, PA, «Journal of Chemical Education» ED., 1968, p. 689.

[50] G. URBAIN, *Discours sur les éléments chimiques et les atomes. Hommage au Professeur Bohuslav Brauner*, Recherche Travaux Chimique Pais-Bas (1925) 44, 281.

nomi.[51] Sarebbe stato corretto chiamarlo afnio o *celtio*. Entrambi i simboli, *Hf* e *Ct* sarebbero stati corretti. Questa decisione non lasciò nessuna parte soddisfatta. Nel volgere di pochissimi anni prima che la Commissione Internazionale cancellasse il nome *celtio*, esso andava già sostituendosi. I sostenitori del *celtio* erano eminenti scienziati accomunati da un unico *difetto*: appartenevano alla vecchia generazione che si andava velocemente assottigliando. Consumata dalle radiazioni M.me Curie fu portata via da un'anemia perniciosa a metà del '34. Sotto il peso dei suoi ottant'anni nel febbraio 1935 morì Bohuslav Brauner, un fervido sostenitore del lavoro di Urbain. Sul finire dello stesso anno morì un altro amico e sostenitore di Urbain, Victor Grignard. Nell'ottobre 1937 fu la volta del grande Rutherford. Urbain non sopravvisse che altri tredici mesi. Morì a Parigi il 5 novembre 1938. Tra le conseguenze che la guerra, che si profilava all'orizzonte, avrebbe portato, ci sarebbero state nuove scoperte. Agli uomini sarebbe stato permesso di creare nuovi elementi: i primi elementi artificiali o sintetici. Il lavoro dei chimici che, al pari di Urbain, avevano cercato gli ultimi elementi in natura sembrò d'un tratto anacronistico. Nel chiudere gli occhi ad Urbain il *fato* volle anche chiudere un'epoca.

Riassunto – La fama di cui Georges Urbain godeva internazionalmente era già grande quando si dedicò alla ricerca del *celtio*. Nato a Parigi il 12 aprile 1872 lasciò il laboratorio di Charles Friedels (1832-1899) nell'anno della morte del maestro, e si dedicò con successo allo studio della chimica minerale. Questo lavoro lo assorbì per oltre 25 anni e lo portò ad isolare tre nuovi elementi: il *neoitterbio*, Ny (poi itterbio), il *lutecio*, Lu (in seguito lutezio) e infine il *celtio*, Ct. Partendo dalla purificazione di un gran numero di elementi delle terre rare, isolò per primo allo stato elementare, il samario, l'europio, il gadolinio, il terbio, disprosio e l'olmio; nel 1906 giunse a scindere il presunto itterbio di Jean de Marignac (1817-1894) in due elementi che chiamò *neoitterbio* e *lutecio*. Infine nel 1911 Urbain annunciò la scoperta dell'elemento di numero atomico 72. Il lavoro, preliminare ed in buona parte impreciso, fu confermato da successive indagini soltanto nel 1922. Il nome, *celtio*, fu dato in onore alle popolazioni celtiche che in epoca preromana abitavano l'odierna Francia. Il chimico inorganico posizionò il nuovo elemento come l'ultimo delle terre rare. Nel 1923 due scienziati che lavoravano a Copenaghen identificarono il 72° elemento che chiamarono afnio. Sebbene la *seconda* scoperta del *celtio* fosse considerata da tutti corretta e anteriore a quella dell'afnio, l'elemento prese il secondo nome. Può sembrare un paradosso ma tale decisione risulta invece chiara se si considera, come fattore trainante della disputa tra i due nomi, la potenza della Società Chimica Francese che stava attraversando un periodo di declino in seno alla comunità internazionale.[52]

[51] F.W. Aston, Gregory P. Baxter, Bohuslav Brauner, André Debierne, A. Leduc, T.W. Richards, Frederick Soddy, Georges Urbain, *Second Report of the International Committee of the International Union of Pure and Apllied Chemistry on Chemical Elements, Intenrational Atomic Weights*, «Journal of the Chemical Society of London», 127, 1925, p. 913.

[52] José M. Claro Gomes, *Georges Urbain (1872-1938) Chimie et Philosophie*, These pour obtenir le grade de docteur de l'Université de Paris X Nanterre, 2003.

GASPARE POLIZZI*

Aspetti dell'epistemologia della chimica di lingua francese: Bachelard, Metzger e la nuova storiografia del «misto»**

Aspects of French epistemology of chemistry: Bachelard, Metzger and the new historiography of «mixt»

Summary – In my work I pose this question: does epistemology and philosophy of chemistry exist in french culture and style? To answer, I approach three directions of the French thought on chemistry in the XXth century: the historic epistemology of chemistry in Bachelard, the emphatic history of chemistry in Metzger, the new historiography of «mixt» in the studies of Bensaude-Vincent and Stengers, two researchers near to Serres. These directions have, as peculiar character, the attention for historical research and historical thought. I compare them, considering some central aspects of the chemical historiography: the works of Lavoisier and Mendeleev and the problem of the relation between physics and chemistry. My conclusion is that the directions examined give an epistemological and philosophical role to historiography of chemistry, distinctive of French style into historiography of science. In the French style in chemical historiography, except the methodological differences between Bachelard and the other historians, the outline of main points is: an attention to the procedural, methodological and instrumental dimension; the functional use of the historical reconstruction in order to an epistemological and philosophical thought; the relative distance from a historiography too bound to the documentary aspect the emphasis on «mixt», considered a specific content of modern chemistry; the critical treatment of historical procedures.

Nel clima nazionalista e patriottico che attraversava l'Europa in guerra, Pierre Duhem si poneva, in uno scritto del 1916, la domanda «retorica» se la chimica fosse una scienza francese, riprendendo una precedente affermazione espressa da Adolphe Wurtz nel 1869, prima della guerra franco-prussiana.[1]

* Università di Firenze, Storia della scienza e delle tecniche.

** Relazione presentata al X Convegno Nazionale di «Storia e Fondamenti della Chimica» (Pavia, 22-25 ottobre 2003).

[1] Mi riferisco rispettivamente a PIERRE DUHEM, *La chimie est-elle une science francaise?*,

Naturalmente Duhem rispondeva affermativamente e nonostante la sua visione continuista della storia della scienza richiamava le origini della chimica moderna nei chimici francesi del XVI e XVII secolo. Oggi che, almeno in ambito scientifico, il nazionalismo sembra definitivamente tramontato l'attenzione a una cultura scientifica nazionale acquista soprattutto il valore della ricerca di uno stile e di una filosofia. Poiché non sono né un chimico, né uno storico della chimica, ma ambirei a propormi come uno storico dell'epistemologia, nel mio contributo sposterò l'attenzione sulla filosofia e sull'epistemologia della chimica formulando una domanda – anch'essa retorica – che si pone su un meta-livello rispetto a quella duhemiana: esistono una epistemologia e una filosofia della chimica di cultura e di stile francese? Per rispondere accosterò tre orientamenti esemplificativi della riflessione francese sulla chimica nel Novecento: quelli di Gaston Bachelard, di Hélène Metzger e di due studiose legate a Michel Serres, Bernadette Bensaude-Vincent e Isabelle Stengers.

Si tratta naturalmente di una selezione a campione, in quanto – soltanto nel Novecento – andrebbero ricordati vari altri epistemologi e storici francesi della chimica, come lo stesso Duhem, Émile Meyerson, Maurice Dumas, François Dagognet. Tuttavia mi pare che i tre orientarnenti scelti possono essere assunti a esempi canonici di una epistemologia e filosofia della chimica che possiede un tratto distintivo univoco e preliminare: l'attenzione marcata per la ricerca e per la riflessione storica. Di conseguenza le mie osservazioni verranno a misurarsi rapsodicamente con alcuni aspetti ricorrenti e centrali della storiografia chimica, quali l'opera di Lavoisier e di Mendeleev e il problema del rapporto tra fisica e chimica dalla fine del Settecento a oggi. Alle possibili obiezioni sulla «inconsistenza scientifica ed epistemologica» della categoria di stile applicata all'ambito scientifico rispondo richiamando le considerazioni di Bensaude-Vincent sviluppate a proposito dello «stile» di Lavoisier: l'insieme delle regole, anche implicite, di una collettività scientifica e culturale in un'epoca data configura uno stile anche nella pratica della scienza, e a maggior ragione dell'epistemologia.[2]

L'epistemologia storica della chimica di Bachelard

L'epistemologia e filosofia chimica di Bachelard è raccolta in due libri espressamente dedicati alla chimica – *Le pluralisme cohérent de la chimie moderne*, 1932 e *Le matérialisme rationnel*, 1953[3] –, ma si presenta in modo diffuso nell'epistemo-

Paris, Hermann, 1916 e a ADOLPHE WURTZ, *Histoire des doctrines chimiques depuis Lavoisier*, Paris, Hachette, 1869, p. 1. Cfr. anche BERNADETTE BENSAUDE-VINCENT, *Lavoisier. Mémoires d'une révolution*, Préface de M. Serres, Paris, Flammarion, 1993, pp. 393-400 e 412-15 e JEAN-FRANÇOIS STOFFEL, *Le phénoménalisme problématique de Pierre Duhem*, Préface de J. Ladrière, Bruxelles, Académie royale de Belgique, 2002, pp. 260-62.

[2] Cfr. BENSAUDE-VINCENT, *Lavoisier* cit., p. 28.

[3] GASTON BACHELARD, *Le pluralisme cohérent de la chimie moderne*, Paris, Vrin, 1932 e ID., *Le matérialisme rationnel*, Paris, P.U.F., 1953, tr. it. di L. Semerari, Bari, Dedalo, 1975.

logia bachelardiana, che fruisce di categorie desunte dall'epistemologia chimica. Peraltro i libri del 1932 e del 1953 occupano un posto significativo nella riflessione bachelardiana: il primo delimita gli inizi della sua ricerca epistemologica, in parallelo con l'altro scritto fondativo dedicato a *La valeur inductive de la relativité* (1928); il secondo caratterizza il secondo periodo epistemologico, dopo la fase delle ricerche sull'immaginario (anche scientifico e chimico) e dopo che con *La formation de l'esprit scientifique* (1938) Bachelard aveva inaugurato una psicologia della conoscenza scientifica come operazione di rimozione degli ostacoli epistemologici che impediscono il pieno sviluppo della scienza, anche qui in parallelo con un altro libro epistemologico dedicato alla fisica contemporanea e specificamente alla meccanica quantistica, *L'activité rationaliste de la physique contemporaine* (1951).[4] Tale delimitazione consente di riconoscere come la chimica occupi nel pensiero bachelardiano una posizione di soglia, decisiva per la configurazione delle categorie fondative dell'epistemologia e parimenti per l'avvio di una psicoanalisi della conoscenza oggettiva. Da un lato, essa, in quanto strutturalmente legata all'esperienza diretta, esprime nel suo costituirsi come scienza il migliore esempio della rottura che la ragione produce rispetto all'esperienza «bruta» orientata dal senso comune (non a caso il sostanzialismo dei quattro elementi, pervasivamente chimico, è considerato da Bachelard uno dei più rilevanti ostacoli epistemologici nello sviluppo dello spirito scientifico); dall'altro, il processo di purificazione e di astrazione introdotto nel pensiero chimico tra '800 e '900 è ritenuto da Bachelard esemplare per la definizione del «nuovo spirito scientifico», in quanto la chimica moderna partecipa sia dello stadio astratto, matematico, che di quello concreto-astratto, geometrico, e in quanto essa mette in movimento la «città scientifica» nelle sue pratiche collettive di laboratorio. Bachelard valorizza, con una forzatura tutta filosofica, la tendenza della chimica a risolversi nella microfisica, modello della razionalità scientifica contemporanea, ma insieme ne riconosce l'ambivalenza costitutiva nel partecipare al livello delle molecole e dei nuclei atomici delle leggi della fisica classica, che consentono una rappresentazione strutturale geometrica delle forme chimiche, mentre al livello dei legami stabiliti dagli elettroni a quelle quantistiche della microfisica, aritmetiche e discontinue. Tale bi-comprensione geometrica e quantistica delle molecole chimiche indicherebbe bene – secondo Bachelard – il carattere di soglia del sapere chimico, oscillante tra la dimensione concreto-astratta della fisica classica

[4] Mi riferisco rispettivamente a GASTON BACHELARD, *La valeur inductive de la relativité*, Paris, Vrin, 1928; ID., *La formation de l'esprit scientifique: contribution à una psychanalyse de la connaissance objective*, Paris, Vrin, 1938, tr. it. di E. Castelli Gattinara, Milano, Cortina, 1995 e ID., *L'activité rationaliste de la physique contemporaine*, Paris, P.U.F., 1951, tr. it. di C. Maggioni, *Introduzione* di F. Bonicalzi, Milano, Jaca Book, 1987. Una psicoanalisi dell'immaginario chimico è raccolta soprattutto in ID., *La psychanalyse du feu*, Paris, Gallimard, 1938, tr. it. di G. Silvestri, in ID., *L'intuizione dell'istante. La psicoanalisi del fuoco, Introduzione* di J. Lescure, Bari, Dedalo, 1973, pp. 125-235, soprattutto nel capitolo *La chimica del fuoco: storia di un falso problema*, pp. 183-206.

e quella del tutto astratta della fisica quantistica.[5] In ogni caso lo sviluppo della chimica moderna viene visto come un processo di progressiva decostruzione del dato naturale e di conseguente ricostruzione delle sostanze chimiche secondo metodi e parametri razionali. Se l'aspetto pre-scientifico dell'alchimia risiede nel suo ancoraggio al dato immediato, la chimica – sottolinea Bachelard con un'espressione che caratterizza in pieno il proprio modello di razionalità – «pensa e lavora a partire da un mondo ricominciato».[6] La chimica, più della fisica, è scienza del ricominciamento; e l'azione del ricominciare esprime per il filosofo di Bar-sur-Aube la caratteristica peculiare del razionalismo scientifico moderno.

Le pluralisme cohérent de la chimie moderne, definito nell'*Avant-propos* «un essai de philosophie chimique»,[7] risulta esemplare per la sua indagine interna dello sviluppo della chimica dal '700 al primo '900, visto secondo i parametri di una epistemologia storica. Il marcato carattere epistemologico e vieppiù filosofico del libro si riconosce già nella sua architettura e nella riflessione consegnata all'*Introduction*. La prima parte del libro è infatti orientata dalla considerazione del processo unitario del pensiero chimico in formazione, espresso nella definizione di categorie quali l'analogia, la purezza e la composizione, e ritrovato nei primi tentativi di classificazione che conducono a una geometria della sostanza. Nella seconda parte viene posta al centro la classificazione periodica degli elementi di Mendeleev nella sua qualificazione di dottrina generale delle qualità particolari e di precondizione per una definizione armonica delle sostanze elementari che la chimica contemporanea risolverà in un piano generale orientato dalle nozioni fisiche di isotopo, atomo ed elettrone. La terza parte individua l'emergere della chimica matematica nel punto di congiunzione tra le nuove forme di misura microfisica (come la spettrometria) e le teorie fisico-matematiche della meccanica quantistica.

La filosofia chimica di Bachelard viene pienamente esplicitata nell'*Introduction*, intitolata a buon conto *Le problème philosophique du divers*. Proprio sul rapporto metafisico tra unità e diversità si sofferma Bachelard, che vede nella dialettica tra pensiero unificante e diversificazione funzionale il motore sotterraneo della storia della chimica (operando una dialettizzazione delle concezioni di Émile Meyerson sul processo di unificazione del pensiero scientifico).[8] Nella sua funzione attiva il pen-

[5] «Un corpo chimico viene ad essere in tal modo un *corpus* di leggi, un'enumerazione di caratteri numerici. È questo il primo sforzo di sottilizzazione che sottolinea il passaggio dal realismo materialista al realismo matematico», GASTON BACHELARD, *Le nouvel esprit scientifiqu*e, Paris, Alcan, 1934, tr. it. di F. Albergamo, riveduta da L. Geymonat e P. Redondi, Prefazione di L. Geymonat e P. Redondi, Roma-Bari, Laterza, 1978, p. 73 e in generale tutto il capitolo *Materia e irradiazione*, pp. 55-75, che affronta temi di filosofia della chimica quantistica.

[6] BACHELARD, *Le matérialisme rationnel* cit., p. 31. La centralità della logica bachelardiana del ri-cominciamento è stata evidenziata nel Convegno *Ri-cominciare. Percorsi e attualità dell'opera di Gaston Bachelard*, Università della Calabria, 15-16 maggio 2003, i cui *Atti* sono in corso di stampa presso Jaca Book.

[7] BACHELARD, *Le pluralisme cohérent* cit., p. 5.

[8] Cfr. BACHELARD, *Le pluralisme cohérent* cit., pp. 11-27. Come è noto Meyerson leggeva la

siero unificante – espresso nella sintesi – facilita nuove diversificazioni, in un andamento alternato nel quale dialetticamente la rinascita continua delle diversità attraverso l'analisi è conquista progressiva di specificazioni. In termini generali, con un movimento che inverte la tradizione analitica della chimica moderna, il valore epistemologico dell'analisi viene subordinato al primato della sintesi, che risalta l'unità nella spiegazione. La filosofia chimica è una filosofia della diversità illimitata delle forme e delle sostanze, radice della diversità dei fenomeni, ma tale diversità indirizza verso un potente processo sintetico, esplicativo e matematico. Bachelard riconosce la «lentezza» in chimica dello sviluppo di una sistematica della diversità e le difficoltà dei processi di generalizzazione, ma la vede come un segno di «arretratezza» del sapere chimico.[9] La chimica moderna invece individua le sostanze sulla base del genere e cancella le singolarità sostanziali; il pluralismo di base delle sostanze elementari rientra in leggi inter-sostanziali tramite le quali le sostanze chimiche diventano esempi di leggi e la conoscenza di una sostanza particolare arriva come risultato di uno studio comparativo e discorsivo. In tale peculiare movimento di conoscenza risiede il pluralismo coerente della chimica moderna: in esso l'armonia progressiva delle forme sostanziali riduce la diversità sostanziale accrescendone la varietà, in esso la semplificazione arriva come esito compiuto della complessità ordinata.

Su queste basi epistemologiche, spiccatamente fisico-matematiche e apertamente antisostanzialistiche, si sviluppa l'intero quadro della filosofia chimica di Bachelard, che trova in *Le pluralisme cohérent* un dispiegamento significativo dal punto di vista cognitivo, fruendo di un sicuro aggiornamento sulle interazioni della chimica con la fisica atomica e con la meccanica quantistica, e che si ritrova alla conclusione del percorso epistemologico bachelardiano, in *Le matérialisme rationnel*. La categoria stessa di «materialismo razionale» viene vista, in sinergia con quella di «razionalismo applicato», come una categoria fondativa del «nuovo spirito scientifico»: la prima afferisce alla chimica matematica contemporanea e la seconda attiene alla fisica matematica e in specie alla meccanica quantistica. La *coupure* epistemologica tra esperienza comune e scientifica espressa nel razionalismo applicato si presenta anche nel materialismo razionale, inteso come materialismo discorsivo e progressivo, di contro a un materialismo ingenuo. In aggiunta, il materialismo razionale della chimica è da un lato un materialismo elaborato nella speri-

storia del pensiero scientifico (e chimico in particolare) in funzione di una razionalità identificatrice che riconduce la varietà del reale alla logica dell'identità (cfr. ÉMILE MEYERSON, *Identité et réalité*, Paris, Alcan, 1908 e ID., *De l'explication dans les sciences*, 2 voll., Paris, Payot, 1921). Bachelard dialettizza tale filosofia dell'identità in un nome di un pluralismo coerente, di un'epistemologia costruttiva della complessità chimica.

[9] La seguente affermazione esprime bene la visione bachelardiana dell'«arretratezza» storica della chimica: «Les conceptions chimiques au début du XVIII^e^ siècle en étaient à peu près au point où se trouve notre intuition philosophique actuelle des phénomènes de la vie: nous n'imaginons en effet qu'un principe de vie qu'un élan vital, de la meme manière que les anciens chimistes imaginaient qu'il n'y avait qu'une forme d'activité chimique», BACHELARD, *Le pluralisme cohérent* cit., p. 21.

mentazione produttiva e industriale della città scientifica e dall'altro un materialismo ordinato a partire dalla chimica matematica.[10] Accantonato come un residuo irrazionale il concetto generale primitivo di materia, la chimica è «scienza discorsiva effettiva della pluralità delle materie», «costantemente in istanza di *nuova fondazione*».[11] Lo spirito di sintesi è meticolosamente progressivo e del tutto estraneo alla dimensione naturale. Tale materialismo di seconda approssimazione conduce al riconoscimento della centralità nella chimica delle trasformazioni materiali, che configurano il problema dell'unità della materia come un problema *terminale*. Il percorso verso il materialismo attivo e razionale, scandito dalla dialettica tra la ricerca dell'unità e il lavoro di differenziazione, già individuata in *Le pluralisme cohérent*, viene ora meglio caratterizzato con la categoria di «fenomenotecnica»: in chimica la fenomenologia delle sostanze omogenee «è una fenomenologia guidata (*dirigée*)», solidale con una fenomenotecnica che si realizza nella pratica dell'officina-laboratorio (e proprio la dimensione tecnico-applicativa della fenomenologia chimica costituisce un termine di confronto rispetto al carattere solitario della produzione alchemica).[12] Il materialismo razionale e istruito della chimica moderna è in definitiva per Bachelard l'esito compiuto di una razionalizzazione scientifico-tecnologica che ha purificato la materialità «bruta» sintetizzandola in un ordine di composti altamente formalizzato e realizzato in serie (come nel caso dei prodotti dalle case farmaceutiche).

Passando a qualche osservazione relativa alla metodologia storiografica bachelardiana richiamo subito come l'epistemologia di Bachelard inquadri la chimica contemporanea come il risultato di una *coupure épistémologique* rispetto al sostanzialismo della chimica lavoisieriana. Nella *Philosophie du non* un intero capitolo è dedicato a illustrare tale rottura con la chimica lavoiseriana il cui esito è inteso come una dialettizzazione della nozione di sostanza che inaugura una meta-chimica di «livelli diversi a fondamento delle molteplici proprietà del sostanzialismo», «la metachimica si troverebbe con la metafisica nello stesso rapporto in cui la chimica si trova con la fisica».[13] La chimica di sintesi «fonda un razionalismo chimico», contrapposto alla complicazione realista della chimica dei quattro elementi, che rimangono l'oggetto sotterraneo di una *philosophie de la rêverie*. Lo scarso interesse per Lavoisier non impedisce tuttavia a Bachelard – in *Le pluralisme cohérent* – di

[10] «È appena apparsa nelle dottrine scientifiche una *chimica matematica*. Il razionalismo dirige l'esperienza sulla materia, ordina una varietà sempre crescente di materie nuove. Simmetricamente rispetto al *razionalismo applicato*, si può proprio parlare, ora, lo crediamo di un *materialismo ordinato*», BACHELARD, *Le matérialisme rationnel* cit., p. 9.

[11] Cfr. BACHELARD, *Le matérialisme rationnel* cit., pp. 14 e 12.

[12] Cfr. BACHELARD, *Le matérialisme rationnel* cit., p. 81 (modifico la traduzione italiana, spesso imprecisa e a volte errata, che rende qui «dirigée» con «diretta»).

[13] GASTON BACHELARD, *La philosophie du non*, Paris, P.U.F., 1940, tr. it. di G. Quarta, Roma, Armando, 1998, *Il non-sostanzialismo. I primordi di una chimica non-lavoisieriana*, pp. 73-108 (le citazioni sono alla p. 74).

riconoscere al chimico parigino l'individuazione sistematica dei caratteri ponderali degli elementi, collocandone l'opera in direzione dello sviluppo della chimica razionale; come pure – in *Le matérialisme rationnel* – di intendere la spiegazione della combustione come il risultato di una «fenomenologia guidata», di un materialismo colto, molto lontano dall'origine sensibile.[14]

Ben diverso e centrale è il posto assunto da Mendeleev. La classificazione di Mendeleev dimostra per Bachelard il carattere sistematico e funzionale della chimica, nella quale ogni elemento assume le sue proprietà sostanziali dal tessuto delle relazioni e stabilisce le precondizioni funzionali per l'avvio della chimica matematica nel '900.[15] Tutto il secondo libro di *Le pluralisme cohérent* ruota intorno a tale centralità epistemologica della tavola periodica degli elementi, che esprimerebbe il passaggio insieme storico ed epistemologico della chimica dalla fase analitica a quella sintetica, nella quale la creazione di nuove sostanze è implicita nel piano di classificazione. La tavola di Mendeleev appronta lo schema di un metodo che ha reso possibile la nozione di numero atomico («[…] une des plus grandes conquêtes théoriques du siècle»),[16] che si configura come la giustificazione *a posteriori* della presenza di anomalie sul piano della completezza e delle perturbazioni ordinali. Tuttavia Bachelard non riconosce la storicità della tavola periodica e la investe del significato «metafisico» di schema dell'ordine naturale, successivamente inquadrato in un superiore realismo matematico di matrice quantistica. La tavola di Mendeleev viene posta a fondamento di una chimica *sincretica*, che ha sostituito la chimica analitica di Lavoisier e nella quale prevale la coerenza della sistematica dei corpi semplici, connessa ai due parametri del peso atomico e della valenza chimica e ormai del tutto sganciata da una fenomenologia chimica, in quanto afferente alla configurazione fisico-matematica dell'elettrone;[17] un vettore epistemologico ha fatto della microfisica il punto di riferimento della chimica e con atomi, isotopi ed elettroni sviluppa una particolare finezza nel dettaglio. La descrizione quantica appare a Bachelard come la testimonianza decisiva della direzione matematizzante e puramente razionale che assume il problema dell'armonia delle sostanze; il pluralismo coerente e armonico delle sostanze chimiche si rivela pienamente nella costruzione matematica fornita dalla meccanica quantistica. Tale prospettiva di collegamento epistemologico tra microfisica e chimica viene richiamata e ulteriormente rafforzata in *Le matérialisme rationnel*, a partire dalla chimica elettronica quantistica.

A tal proposito viene introdotta la categoria di *meso-fisica*, per individuare lo spazio intermedio e operativo occupato dalla chimica dei materiali tra la meccanica

[14] Cfr. rispettivamente BACHELARD, *Le pluralisme cohérent* cit., p. 100 e ID., *Le matérialisme rationnel* cit., pp. 53-54.

[15] «[…] Mendéléeff a entrevu une doctrine générale des qualités particulières et préparé l'harmonie des substances», BACHELARD, *Le pluralisme cohérent* cit., p. 8.

[16] BACHELARD, *Le pluralisme cohérent* cit., p. 134.

[17] Cfr. BACHELARD, *Le matérialisme rationnel* cit., pp. 113-21.

classica e quella quantistica.[18] In definitiva, la chimica deve diventare fisica quantistica per entrare appieno nella scienza moderna, abbandonando definitivamente la dimensione del misto materiale e passando al misto di teorie e di simboli.[19]

La storia empatica della chimica di Metzger

Metzger, storica francese della chimica e della cristallografia, ha intrecciato la sua attività con quella dei principali storici e filosofi della scienza francesi e non (basti ricordare i nomi di Meyerson, Duhem, Bachelard, Federigo Enriques, Léon Brunschvicg, Alexandre Koyré, George Sarton) e di suo zio, l'antropologo Lucien Lévi-Bruhl. La sua produzione è specificamente storiografica, tuttavia la tensione epistemologica e filosofica permea le sue ricerche storiche e si raccoglie anche in saggi di riflessione metodologica.[20]

La concezione della chimica della studiosa alsaziana appare molto lontana da quella di Bachelard: Metzger non ritiene che la storia della chimica vada subordinata al presente scientifico e orientata a partire dall'attuale normatività epistemologica, in quanto una storia epistemologica dei concetti trascura aspetti essenziali della formazione di una teoria, che non consentono una netta demarcazione tra scienza e non scienza (come credenze, pregiudizi, motivazioni); si tratta viceversa di elaborare un metodo storico in filosofia della scienza che faccia emergere il contesto ermeneutico necessario alla nascita della chimica, di favorire una vera e propria svolta ermeneutica orientata da una «teoria della formazione dei concetti».[21] Tale forte sottolineatura del primato psicologico ed epistemologico della storiografia emerge già nella prima opera di Metzger, *Genèse de la science des cristaux* (1918),[22] che intende chiarire lo statuto epistemologico della cristallografia rintracciandolo nella sua origine storica. Per la sua valenza «debole» e la sua posizione di frontiera

[18] Cfr. BACHELARD, *Le matérialisme rationnel* cit., p. 21.

[19] «Una volta la prechimica si dava per compito principale lo studio dei "misti", delle *mescolanze* materiali. È curioso vedere la scienza contemporanea allo studio di veri *misti di teorie*. È proprio in questa cooperazione di princìpi teorici che si manifesta la intensa attività dialettica che caratterizza la scienza contemporanea», BACHELARD, *Le matérialisme rationnel* cit., p. 163.

[20] La maggior parte degli scritti metodologici è ora raccolta in HÉLÈNE METZGER, *La méthode philosophique en histoire des sciences. Textes 1914-1939*, réunis par G. Freudenthal, Paris, Fayard, 198, tr. it. di A. COLLETTA, Introduzione di M. Castellana, Postfazione di A. Rossi, Manduria, Barbieri, 2002. Richiamerò *L'histoiren des sciences doit-il se faire le contemporain des savants dont il parle?* (1933), *La méthode philosophique dans l'histoire des sciences* (1937), *Le rôle des précurseurs dans l'évolution de la science* (1939) e *L'évolution de l'esprit scientifique en chimie de Lemery à Lavoisier* (1936), rispettivamente alle pp. 45-54, 79-91, 93-104 e 231-38 dell'edizione italiana.

[21] Cfr. H. METZGER, *Les concepts scientifiques*, Préface de A. Lalande, Paris, Alcan, 1926. Tra le opere storiografiche che realizzano tale metodo ricordo EAD., *Les doctrines chimiques en France du début du XVII^e^ à la fin du XVIII^e^ Siècle*, Paris, PUF, 1923.

[22] H. METZGER, *Genèse de la science des cristaux*, Paris, Alcan, 1918.

tra scienze naturalistiche, fisiche e chimiche la cristallografia funge da *case study* al fine di riconoscere i caratteri della formazione di una scienza naturale nel '700. Lo statuto disciplinare della scienza dei cristalli viene via via ricavato dalla filosofia cartesiana e meccanicistica (a partire dalla fine del '600), dalla filosofia corpuscolare (nel primo '700) e infine dalla filosofia sperimentale (alla fine del '700). La cristallografia diventerà una scienza quando a coloro che la vedevano come il luogo centrale delle conoscenze naturali, arrivando a sostenere – come Buffon – che «la vie n'est due qu'à la cristallisation de matière vivante»,[23] si contrapposero coloro che la intesero come un sapere specializzato, dotato di un linguaggio tecnico, rigoroso e matematico: nacque così con l'abbé René J. Haüy la cristallografia moderna, nel suo metodo positivo di misure precise e di classificazioni geometriche di forme e nella sua ostilità per le ipotesi esplicative, rimpiazzate dalle generalizzazioni di fatti sistematicamente osservati. Tra il 1914 e il 1939 in vari studi metodologici ed epistemologici, in gran parte dedicati alla storia del pensiero chimico, Metzger sviluppa le proprie riflessioni filosofiche e di metodo sulla chimica moderna.[24] A proposito della rivoluzione chimica di Lavoisier Metzger sostiene – con notazioni di stile kuhniano – che il fine ultimo dello storico della chimica è quello di pervenire alla comprensione globale dei testi esaminati e insieme della prospettiva scientifica e della mentalità degli studiosi del passato, in quanto da una generazione all'altra cambia la stessa prospettiva di indagine. Pur presentandosi come cumulative e progressive, le conoscenze scientifiche sono integrate all'interno di monumenti dottrinali che vengono sempre di nuovo rimaneggiati e ricostruiti. Così cambiano le parole, i concetti, le pratiche strumentali: negli antichi laboratori l'antimonio potrebbe essere stato solfuro di antimonio, o l'aumento del peso dei metalli dopo ogni combustione potrebbe essere soltanto «un enigma fastidioso o divertente» o il punto di partenza per spiegare in una sola volta «tutti i fenomeni di combustione».[25] Sia in *Newton, Stahl, Boerhaave et la doctrine chimique* (1930) che in *La philosophie de la matière chez Lavoisier* (1935)[26] Metzger sviluppa la sua storia empatica della chimica identificando una «zone intermédiaire», vero spazio di tensione del pensiero attivo dello scienziato non ancora solidificato in una sistemazione coerente, e quindi non esente da opacità e contraddizioni. Si tratta di «pénétrer dans la pensée chimique à l'état naissant»,[27] per cogliere il modo in cui Lavoisier ha distinto corpi semplici e complessi attraverso un'analisi chimica correlativa all'analisi mentale, che risponde al dettato della filosofia di Condillac, in una corrispondenza biunivoca tra strumento spe-

[23] Cfr. METZGER, *Genèse de la science des cristaux* cit., p. 171.

[24] Mi riferisco agli scritti citati in nota 20.

[25] Cfr. METZGER, *L'histoiren des sciences doit-il se faire le contemporain des savants dont il parle?* (1933), in EAD., *La méthode philosophique en histoire des sciences* cit., pp. 52-53.

[26] Mi riferiseo a H. METZGER, *Newton, Stahl, Boerhaave et la doctrine chimique*, Paris, Alcan, 1930 ed EAD., *La philosophie de la matière chez Lavoisier*, Paris, Hermann, 1935.

[27] METZGER, *La philosophie de la matière chez Lavoisier* cit., p. 14.

rimentale e teorico. La metodologia della bilancia permette a Lavoisier di controbilanciare un'evidenza di senso comune (l'aumento di peso dopo la combustione del fosforo e dello zolfo) con un'altra evidenza di senso comune (il carattere specifico della combustibilità come aspetto essenziale del corpo combustibile); lo spostamento da un'evidenza a un'altra è reso possibile da un riorientamento di prospettiva che può far accettare anche l'affermazione controintuitiva che attribuisce all'aria la facoltà di comburente e un ruolo centrale nella combustione.[28] Si riconosce bene in queste affermazioni il ruolo epistemologico e psicologico della storia della scienza: soltanto seguendo il «pensiero attivo» di Lavoisier nel suo farsi si può sviluppare una teoria della conoscenza e una psicologia della scoperta che appare funzionale all'orientamento stesso della ricerca scientifica.

Metzger scandaglia con maestria quella «zona intermedia» in cui i concetti si miscelano rendendo opaca una presunta chiarezza fondativa e permettendo proprio per la loro intersezione non sempre coerente e a volte contraddittoria di avviare ulteriori linee di sviluppo in un processo destinato a biforcarsi e a dislocarsi nello spazio della conoscenza, nonostante i tentativi, a volte monumentali e rivoluzionari, di fondazione univoca e definitiva, quale fu secondo il consenso generale quello di Lavoisier.

La nuova storiografia del «misto»: terreni e circostanze

Richiamo infine le ricerche di Bendaude-Vincent e di Stengers, due studiose che hanno affinato i loro strumenti interpretativi nel quadro di quella che considero la più affascinante e originale concezione della storiografia scientifica attualmente diffusa e che si iscrive sotto il nome di Serres. Entrambe hanno lavorato in *équipe* sotto la direzione di Serres e hanno in forme più o meno esplicite dichiarato la loro adesione alla teoria serresiana della storia della scienza e del sapere.[29] In particolare Bensaude ha conseguito il suo dottorato in storia della chimica proprio sotto la direzione di Serres e ha espresso interessanti considerazioni sugli effetti del magistero serresiano. Bensaude testimonia come la storiografia serresiana non sia incasellata in nessuno dei tradizionali domini storiografici: distante dalla storiogra-

[28] METZGER, *La philosophie de la matière chez Lavoisier* cit., pp. 19-21.

[29] Esplicito il riconoscimento di Bendaude-Vincent in BERNADETTE BENSAUDE-VINCENT, *Lezioni di storia della scienza*, «Iride», XIII, fasc. 29, 2000, pp. 74-85 (apparso anche con il titolo *Lessons in the History of Science* in «Configurations. A Journal of Literature, Seience, and Technology», VIII, fasc. 2, 2000, pp. 201-14), mentre Stengers ha collaborato attivamente con Serres agli *Éleménts d'histoire des sciences*, ed è coautrice eon Bendaude-Vincent dell'*Histoire de la chimie*, Paris, Éditions de la découverte, 1993. Qui mi riferirò a ISABELLE STENGERS, *L'affinité ambiguë: le rêve newtonien de la chimie du XVIII^e siècle*, BERNADETTE BENSAUDE-VINCENT, *Lavoisier: une révolution scientifique*, EAD., *Mendeleïev. histoire d'une découverte*, in MICHEL SERRES (sous la direction de), *Éleménts d'histoire des sciences*, Paris, Bordas, 1989, pp. 297-319, 363-85, e 447-67, a BENSAUDE-VINCENT, *Lavoisier. Mémoires d'une révolution* cit., e alla sopra ricordata *Histoire de la chimie*.

fia internalista, epistemologica e documentaria, Serres intende pervenire a una globalizzazione storiografica, per poter scrivere una «histoire de la coulée générale du savoir comme tel».[30] La studiosa applica i criteri della storiografia serresiana alla storia della chimica. La chimica possiede un carattere ibrido;[31] non risiede in un territorio definito; è un sapere di laboratorio che tesse un mondo di «affinità» intersostanziali. Sulla scia di Serres, Bensaude legge così la chimica – e specificamente la chimica contemporanea – come una «scienza dell'individuo», sottolineando il rinnovato interesse per i casi individuali (chimica delle impurità e delle terre rare).

Con intonazioni simili Stengers rivendica una componente storica ineliminabile nella pratica stessa del chimico, a monte, con l'interrogativo su ciò che va ripensato rispetto a ciò che è banalmente acquisito, a valle, con la creazione delle immagini che gli scienziati offrono di sé per la posterità.

Nello studio sulla nozione chimica di affinità nel '700 Stengers vede i chimici francesi impegnati nella fondazione della specificità e dell'autonomia della chimica sulla base della sua validità teorica e sistematica.[32] Il mio interrogativo iniziale sull'individuazione di uno stile scientifico francese, speculativo e fondativo, viene avvalorato da tali considerazioni che valendo per lo statuto di una chimica francese, valgono più nettamente per quello di un'epistemologia e di una storia della chimica di lingua francese. Stengers legge il programma di sviluppo della chimica di fine '700, volto ad avvicinare l'affinità chimica e l'attrazione newtoniana, come un percorso di fondazione del sapere chimico, bruscamente interrotto dal programma di

[30] Mette conto riportare il passo per intero, in quanto fornisce un'indicazione sulla concezione storiografica serresiana: «Comment voulez-vous, dès lors qu'il y a *des* sciences, bien réparties, soigneusement séparées, imaginer quelque rapport entre l'histoire générale et celle des disciplines, puisqu'il n'y a même pas de rapport entre les champs singuliers du savoir? La question est déjà résolue par la négative. L'échec sur la demande globale est consommé antérieurement, sur la demande locale. Tant qu'il n'y aura pas d'histoire *des* sciences, c'est-à-dire d'histoire de la coulée générale du savoir comme tel, et non désintégré, il n'y aura aucune possibilité pratique d'élucider les rapports entre cette formation, puisqu'elle n'existe pas, et les autres. Solutions toujours spéculatives, parce qu'un de leurs éléments est toujours virtuel», MICHEL SERRES, *Hermès IV. La distribution*, Paris, Minuit, 1977, p. 18.

[31] «Prima di tutto è una creazione ibrida, mezza-scienza, mezza-tecnica. Troppo vicina alle pratiche artigianali o industriali, sembra poco rigorosa come se le esigenze della razionalità si trovassero al suo interno continuamente contraddette o contaminate da ragioni esterne», BENSAUDE-VINCENT, *Lezioni di storia della scienza* cit., p. 76.

[32] «La spécificité de la chimie, son autonomie, son intérêt vont donc, en Angleterre, se fonder sur son utilité effective, et non, comme en France, sur la validité de ses prétentions au titre de science. Cette lecture renvoie aux thèses plus générales de l'historien Joseph Ben-David [*The Scientist's Role in Society. A comparative study*, New Jersey, Prentice-Hall, Englewood Cliffs, 1971] selon lesquelles l'Angleterre du XVIII^e^ siècle mesure la valeur de la science à son éventuelle contribution au développement technique, économique et social: science "utile", suivant le modèle de Francis Bacon, science qui tire son prestige moins du service de la vérité ou du progrès de la raison que de celui de la société», STENGERS, *L'affinité ambiguë*, in SERRES (sous la direction de), *Éleménts d'histoire des sciences* cit., p. 305.

Lavoisier, e non – come voleva Bachelard – nel senso di un errore epistemologico. In questo punto di biforcazione si aggruma una concezione della chimica come «arte delle circostanze» e delle affinità elettive, ben nota a Goethe, ma anche a Diderot e a Venel, teorici dell'unione mistiva in contrasto con l'unione aggregativa della fisica.[33] Il concetto di affinità, non era assurdo, né errato; esso è stato in definitiva fecondo per uno sviluppo autonomo della chimica almeno fino agli inizi dell'800 e avrebbe potuto orientare altre storie possibili della chimica, non meno dell'ipotesi atomica di Dalton. Secondo Stengers il suo abbandono dopo il 1810, nell'indifferenza generale, è conseguente al prevalere di un'altra chimica – la chimica analitica di Lavoisier – analisi delle combinazioni e non più scienza delle reazioni. E Stengers avverte nel successo novecentesco di una chimica positiva, razionale, pratica e produttiva il predominio della visione, diffusa nei fisici contemporanei (e fatta propria da Bachelard), della chimica come branca della fisica, a essa subalterna e privata di quell'autonoma razionalità circostanziale che la chimica delle affinità avrebbe potuto sviluppare.[34]

Sulla rivoluzione chimica di Lavoisier si è variamente soffermata Bensaude, nota specialista della storiografia lavoisieriana,[35] seguendo un proposito molto chiaro: tentare di comprendere la carriera del chimico facendola interagire con quella dell'ispettore delle finanze e viceversa. Esso muove dal presupposto interpretativo di una forte interazione tra scienza e politica espressa prima e durante la rivoluzione francese e della stretta connessione in Lavoisier delle due funzioni di amministratore e di scienziato. Tuttavia Bensaude sa fissare l'attenzione anche sui limiti e le ambiguità interne alla chimica lavoisieriana, recependo lo spirito delle ricerche di Metzger. Tre limiti appaiono del tutto evidenti: le operazioni analitiche confrontano soltanto stato iniziale di composizione e stato finale; vengono abbandonati aspetti rilevanti della chimica del '700, come lo studio delle affinità, anche per un limite intrinseco alla definizione «negativa» di elemento, che non permette di render conto di comportamenti fortemente tipizzati e individuali; la condanna dei princìpi e degli elementi della vecchia chimica non impedisce di mantenere entrambi i termini («elemento» diviene sinonimo di corpo semplice) e neppure di attribuire un primato a due elementi che assumono l'aspetto di princìpi, il calorico e l'ossigeno.[36]

Non è quindi nella logica interna della nuova metodologia, non così pura e

[33] Cfr. STENGERS, *L'affinité ambiguë* cit., pp. 308-11.

[34] Cfr. STENGERS, *L'affinité ambiguë* cit., pp. 315-19.

[35] Ho già ricordato (cfr. la nota 29) *Lavoisier: une révolution scientifique* e *Lavoisier. Mémoires d'une révolution*; aggiungerei tra i numerosi studi almeno *Introductory Essay. A Geographical History on Eighteenth-Century Chemistry*, in BERNADETTE BENSAUDE-VINCENT - FERDINANDO ABBRI (eds.), *Lavoisier in Europea Context. Negotiating a New Language for Chemistry*, Canton Mass., Watson Publishing International, 1995, pp. 1-17 (che raccoglie gli Atti del convegno *Evolution of Chemistry 1798-1939*, organizzato dalla European Science Foundation).

[36] Cfr. BENSAUDE-VINCENT, *Lavoisier: une révolution scientifique* cit., p. 378.

analitica come si vorrebbe presentare, che risiede la forza del successo della rivoluzione chimica; essa si compie facendo leva sull'altro versante della personalità di Lavoisier, quello del *grand comis*. Lavoisier assumerà il controllo di tutto il territorio del sapere chimico grazie a un gesto di appropriazione realizzato con la forza dell'*Académie* e della rete «politica» del suo potere amministrativo, e con l'efficacia della propaganda. Un controllo e una fondazione che sono proiettati nella posterità, mentre trovano nel proprio tempo notevoli e durature resistenze, non del tutto separabili rispetto alla lotta politica e ai suoi esiti sacrificali. La storia successiva del culto di Lavoisier, sviluppata intorno al mito della fondazione, permette a Bensaude di sottolineare il paradosso costitutivo della rivoluzione chimica (e di ogni rivoluzione scientifica): la cancellazione della storicità della chimica fa tutt'uno con la fondazione di Lavoisier.[37] Se non c'è storia della chimica prima di Lavoisier, quale può essere la sua storia futura se i suoi esiti sono già tutti iscritti nell'opera fondativa del suo nume tutelare? È questo il problema storiografico costitutivo di ogni fondazione scientifica, emerso nettamente anche nella mitologia bachelardiana della fondazione non-lavoisieriana della chimica novecentesca.[38] Bensaude si pone espressamente nel solco degli studi di Metzger, unica ad aver tradotto l'equilibrio teorico di Meyerson in una fine operazione storiografica; grazie ai suoi studi si può ora estendere la prospettiva, riconnettere – contro il costume diffuso dei chimici contemporanei – l'analisi delle dottrine chimiche al mondo sociale e storico del quale sono parte integrante se non anche forma concettuale descrittiva.[39] Tale oltrepassamento della storiografia di Metzger rende soprattutto conto delle forme di costruzione della «rivoluzione chimica» come evento e del mito che ne scaturirà, un vero e proprio mito di fondazione che contrasta con l'effettualità dei risultati storiografici. Bensaude invita a collocarsi nella lunga durata, facendo così sfumare la singolarità mitica e fondativa dell'evento nella regola generale della molteplicità, caratteristica del processo stesso dello sviluppo della chimica moderna, prima e

[37] Cfr. BENSAUDE-VINCENT, *Lavoisier: une révolution scientifique* cit., p. 382. E a proposito della condanna a morte di Lavoisier Bensaude rimarca la dissociazione dei chimici collaboratori di Lavoisier: «Il faut bien reconnaître que la fondation lavoisienne s'est faite au regad de la postérité, mais sans égards pour les prédécesseurs et contemporains. Au terme d'une entreprise qui l'a conduit à s'approprier la chimie, Lavoisier devait susciter plutôt l'estime et le respect, le culte et la vénération que la sympathie ou la solidarité», p. 381.

[38] L'analisi dei meccanismi di fondazione della scienza e della cultura è al centro della ricerca di Serres, specificamente per la scienza in MICHEL SERRES, *Les origines de la Géométrie. Tiers livre des fondations*, Paris, Flammarion, 1993, tr. it. di A. Serra, Milano, Feltrinelli, 1994; sulla ricorsività dell'origine della geometria come sapere «mai fondato» mi sono soffermato nella relazione dal titolo *Un'origine qualunque della geometria: da Poincaré, via Serres, ad Anassimandro ed Euclide*, tenuta al 3° Colloquio Internazionale sulle filosofie scientifiche del Novecento *Geometria, intuizione, esperienza* (Castiglioncello, 1-2 dicembre 2000), i cui *Atti* sono in corso di stampa presso Vivarium.

[39] Cfr. BENSAUDE-VINCENT, *Lavoisier: une révolution scientifique* cit., p. 369.

dopo Lavoisier. Da tale storia di lunga durata Bensaude ricava una proposta epistemologica radicale e significativa per la storia della scienza: individuare nella costruzione storica una dimensione specifica e costitutiva dell'attività scientifica, con un'operazione che, fino a Lavoisier, non era estranea alla chimica stessa. Dissolvere l'operazione fondativa «rivoluzionaria» comporta una nuova visione della storia, trama di programmi di ricerca, griglia permanente che determina i comportamenti scientifici e che fa parte integrante della scienza, nella misura in cui è depositaria della gestione stessa del patrimonio scientifico e definisce i tratti dello stile della comunità scientifica, la sua forma di razionalità. Gli scienziati, come le popolazioni, sono eredi e gestori di una memoria che inseriscono nelle tradizioni di ricerca; perché non rendere esplicita tale eredità? Perché non inserire – propone Bensaude con una punta di provocazione – nella formazione scientifica un corso di gestione della memoria nel quale la storia della disciplina venga presentata come un sapere da dominare per condurre la propria ragione nella pratica scientifica?[40]

Una sintesi conclusiva sulla nuova storiografia del «misto» può fruire di alcuni passaggi significativi dell'*Histoire de la chimie* (1993) di Bensaude e Stengers. Le due storiche scommettono sul carattere non banale dell'interrogativo: come la chimica ha conquistato il diritto di cittadinanza nelle università, come è diventata scienza? Una domanda ancora attuale, anche se alle vecchie certezze degli storici della chimica tradizionali, spesso grandi chimici essi stessi ed estensori di racconti trionfali sul passato di una scienza sicura di sé, si sono sostituiti gli studi dei nuovi storici professionali, che hanno arricchito la percezione locale, ma hanno sacrificato gli interrogativi sull'evoluzione globale della chimica, sulla sua origine e sulla sua natura. L'interrogativo sulla nascita della chimica non è banale e coinvolge direttamente la questione dell'identità, che concerne innanzitutto la definizione dell'oggetto storiografico, posta da Bensaude e Stengers su tre livelli: in relazione all'insieme delle operazioni e delle tecniche strumentali; nei rapporti che i chimici intrattengono con artigiani e industriali (in una dinamica feconda per lo sviluppo delle categorie di puro e applicato); nelle decisioni pubbliche al livello delle istituzioni. In tal modo la descrizione di mappe di identificazione mette in secondo ordine i resoconti eroici sulle figure dei grandi chimici, o l'esaltazione delle dottrine depositate nei grandi sistemi teorici e privilegia le ricognizioni di tecniche, di procedure applicative, di impegni collettivi.[41] Ma la ricerca dell'identità deve confrontarsi con lo scenario dalla chimica novecentesca, che Bensaude e Stengers riconoscono nello smembramento del suo territorio, in un processo che la vede fungere sempre più da refe-

[40] Cfr. BENSAUDE-VINCENT, *Lavoisier. Mémoires d'une révolution* cit., pp. 424-28.

[41] Cfr. BENSAUDE-VINCENT e STENGERS, *Histoire de la chimie* cit., pp. 5-15; la definizione dell'oggetto è espressa nel modo seguente: «Ce qu'on tente de mettre en avant comme véritable sujet de cette histoire, ce sont des pratiques d'investigation – stratégies de recherche, outillages mentaux et expérimentaux – qui mobilisent aussi bien des chimistes, des matières, des processus, des institutions, des cours et des crédits» (p. 13).

renza strumentale e operatoria per lo sviluppo di altre discipline. Bisognerà prendere atto della perdita di un territorio della chimica e della sua subordinazione teorica alla fisica o alla biologia? Non propriamente, almeno in una visione di nicchia e prospettica, quale è quella che nello studio delle popolazioni di molecole ha condotto alla scoperta dell'auto-organizzazione delle strutture dissipative.[42] In contrasto con la tendenza dominante della ricerca dei princìpi e delle Teorie del Tutto (*Theories Of Everything*), la chimica potrebbe divenire la scienza di un nuovo tipo di «misto», un misto prodotto da processi storici, da scale di descrizione, da regolarità e circostanze. Bensaude e Stengers vedono nella storia della chimica un progresso che si realizza mantenendo al suo interno gradi di libertà e auspicano un'ulteriore, possibile apertura differenziale per una chimica che torni «terra d'avventure». La distinzione e la divaricazione – marcatamente deleuziana – tra territorio e terreno diviene chiave esplicativa dello sviluppo storico della chimica e della possibilità stessa di sue future identità.[43] L'esplorazione dei sistemi fisico-chimici lontani dall'equilibrio è un terreno possibile, uno spazio aperto per nuove avventure di identificazione disciplinare. Tali ricerche reintroducono nella chimica una dimensione di singolarità, nella

[42] «En revanche, un événement inattendu a marqué ces vingt dernières années: la question du "niveau macroscopique", défini par la double voie d'approche, thermodynamique et cinétique, s'est révélée un champ de recherches dont aucun modèle microscopique ne permettait de soupçonner la fécondité. La différence entre la réaction chimique individuelle et le comportement d'une *population* de molécules sujettes à de telle réactions constitue le lieu d'une nouvelle approche physico-chimique de la matière», BENSAUDE-VINCENT e STENGERS, *Histoire de la chimie* cit., pp. 313-14.

[43] «A la fin du dernier chapitre, nous avons introduit une distinction entre les notions de territoire et de "terrain". Au territoire correspond un pouvoir de définir, de délimiter qui s'accompagne immanquablement d'une possibilité de démembrement. Il suffit pour que le pouvoir se trouve lui-meme redéfini par un autre pouvoir. Le terrain, en revanche, peut se définir comme "matière à histoires"; c'est un théâtre d'événements et d'opérations auxquelles peuvent correspondre des conditions nécessaires, mais en aucun cas suffisantes. Le terrain ne peut fournir les prémisses d'une démarche de type déductif. Sur le terrain ne prévaut pas la purification, et les êtres à qui on a affaire ne peuvent se définir pas les opérations et les manipulations auxquelles on les soumet. Les instruments peuvent détecter, repérer, préciser, quantifier, mais ne créent pas une ontologie opératoire. Sur le terrain, le scientifique doit apprendre, avec le temps, ce que sont, localement, les questions pertinentes […]. La chimie n'a cessé d'évoluer entre territoire et terrain. Entre le cadre prédictif des théories qui fournissent des modèles *a priori* et l'ouverture à l'imprévu, à la multiplicité des cas. Entre l'espace clos du laboratoire où n'entrent que des etres purifiés, considérés *a priori* comme soumis au pouvoir des théories au nom desquelles on les interrogera, et le terrain, où le scientifique n'a pas, en général, le pouvoir de séparer *a priori* l'essentiel des simples circonstances, ne de se débarasser de ce que les théories définissent comme incontrolâble ou parasite. Aujourd'hui, le terrain prolifère plus que jamais au coeur du laboratoire, même s'il est balisé par des protocoles et des étalons de mesure», BENSAUDE-VINCENT e STENGERS, *Histoire de la chimie* cit., pp. 323-24. La distinzione fra territorio e terreno, nel quadro dei processi di territorializzazione è espressa, tra l'altro, in GILLES DELEUZE e FÉLIX GUATTARI, *Capitalisme et schizophrénie. Mille plateaux*, 2 voll., Paris, Minuit, 1980, tr. it. di G. Passerone, Roma, Istituto della Enciclopedia Italiana, 1987, vol. II, pp. 451-511.

quale ogni elemento diviene un mondo a se stante, come è emerso in modo anche spettacolare negli studi sulle terre rare. Alla singolarità dell'individuazione sperimentale si unisce l'apporto teorico dell'elaboratore, che consente di focalizzare nelle procedure di simulazione la sintesi fra legge, esperimento e variabilità circostanziale dei casi individuali. Il «misto» torna così a essere l'oggetto privilegiato di una scienza chimica che ha riscoperto la propria identità, offrendo ancora, tra leggi e circostanze, territorio e terreno, uno spazio per grandi avventure.[44] Si tratta di fornire un'idea regolatrice per il futuro della chimica, impegno non propriamente di competenza dello storico; ma soltanto lo storico, con la sua pratica della lunga durata, è in grado di decifrare virtualità possibili di una storia futura, iscritte nelle pieghe differenziali aperte nel passato fra storia e progresso.

Un ruolo «forte» per la storiografia della chimica, un compito propriamente epistemologico e filosofico, che mi pare perfettamente sintomatico dello stile francese in storia della scienza. Se si volesse raccogliere, oltre le differenziazioni metodologiche emerse nella mia ricostruzione, lo schema caratteristico dello stile francese nella storiografia novecentesca della chimica, esso si potrebbe ordinare nel seguente quadro:

– attenzione alla dimensione procedurale, metodologica e strumentale della chimica modema;
– uso funzionale della ricostruzione storica per indirizzare una riflessione epistemologica e filosofica sulle forme di razionalità chimica;
– relativa estraneità rispetto a una storiografia positiva e internalista, eccessivamente legata all'aspetto documentario;
– rilevamento di un contenuto specifico delle varie configurazioni storiche della chimica nello studio del «misto»;
– accentuazione critica delle procedure storiografiche, soggette a una particolare attenzione sul piano logico e metodologico.

[44] «Assigner à la chimie une identité mixte, entre terrain et territoire, entre l'empirique et le rationnel, entre une nature peuplée de singularités et le règne des lois générales, n'est pas adopter une attitude rétrograde, ignorante des pouvoirs créés par la chimie moderne. Loin d'exprimer la nostalgie d'un passé depuis longtemps dépassé, cette thèse est plutôt présentée comme une sorte d'idée régulatrice pour l'avenir de la chimie. On peut certes objecter que le travail d'historien ne se situe pas dans le royaume des idées, des identités idéales, que son rôle n'est pas de faire miroiter l'utopie d'un avenir radieux. D'un "tout est bien qui finit bien". […] Vivant la fin d'illusions longtemps nourries sur leurs titres à un territoire, les chimistes se sentent parfois dans une impasse et subissent la situation actuelle au lieu de la vivre comme un nouveau style d'engagement. Le rôle de l'histoiren n'est-il pas justement de disjoindre le fait contemporain de l'image de destin? Mettre en perspective dans la longue durée, déchiffrer les virtualités inscrites dans le présent, dégager les multiples avenirs possibles, bref souligner le caractère ouvert de l'histoire, voilà un risque qui peut définir le mode d'engagement propre à l'historien d'une science», BENSAUDE-VINCENT e STENGERS, *Histoire de la chimie* cit., pp. 332-33.

Mi pare che, al di là delle risposte nettamente distinte, se non contrapposte (come nel caso della dialettica che oppone gli altri indirizzi storiografici a quello di Bachelard) sia riconoscibile, nei tratti sopra schematizzati e nelle predilezioni di contenuto, uno stile francese nell'epistemologia e nella filosofia della chimica.

Riassunto – Nel mio contributo pongo la domanda: esistono una epistemologia e una filosofia della chimica di cultura e di stile francese? Per rispondere accosto tre orientamenti della riflessione francese sulla chimica nel Novecento: l'epistemologia storica della chimica di Bachelard, la storia empatica della chimica di Metzger, la nuova storiografia del «misto» nelle ricerche di Bendaude-Vincent e di Stengers, due studiose legate a Serres. Tali orientamenti possiedono un tratto distintivo: l'attenzione marcata per la ricerca e per la riflessione storica. Nel confronto guardo ad alcuni aspetti centrali della storiografia chimica, quali l'opera di Lavoisier e di Mendeleev e il problema del rapporto tra fisica e chimica. Ne concludo che tali orientamenti attribuiscono un ruolo epistemologico e filosofico alla storiografia della chimica, sintomatico dello stile francese in storia della scienza. Lo schema dello stile francese nella storiografia della chimica, oltre alle differenziazioni metodologiche tra Bachelard e le altre storiche, appare il seguente: un'attenzione alla dimensione procedurale, metodologica e strumentale; un uso funzionale della ricostruzione storica per indirizzare una riflessione epistemologica e filosofica; una relativa estraneità rispetto a una storiografia eccessivamente legata all'aspetto documentario; il rilevamento di un contenuto specifico della chimica nello studio del «misto»; una trattazione critica delle procedure storiografiche.

PAOLO CARDILLO*

«Chimica no si può manipolare senza la prattica». Esplosioni storiche che hanno avuto per protagonisti alcuni padri della chimica**

Historical explosions that occurred to several fathers of chemistry

Summary – At least until the halfway through the 19th century the modern figure of the chemist did not exist. Researchers were mostly philosophers, doctors, pharmacists who were interested with different aims, in that area of science that was assuming the name of «chemistry». Some of them became chemists for passion or vocation, urged on by a deep desire to challenge very often the dangers connected with their manipulations and to work in environmental conditions that today would be unthinkable. By reading old chemistry books and on the history of chemistry we learn that also some of the greatest chemists of the past, the fathers of chemistry, were sometimes involved in accidental explosions, some of which serious. This paper presents a short collection of historical accidental explosions.

Introduzione

Il titolo di questa rassegna di esplosioni storiche è stato tratto da un capoverso di un libro di chimica del 1678, *Prattica Chimica in Dialogo tra Theermico et Angelico*, scritto da Francesco Maria Massari, di cui si sa poco: era un frate benedettino, vissuto nel XVII secolo, professore all'Università di Roma e fondatore della prima rivista pseudo scientifica italiana *Il Giornale dei Letterati*. Il libro, articolato sotto forma di dialogo tra Theermico (l'insegnante) e Angelico (l'allievo che vuole imparare la prattica chimica), è soprattutto un libro di ricette per trovare rimedi alle malattie.

Nel capitolo *Chimica no si può manipolare senza la prattica*, Angelico racconta quello che gli è capitato, non avendo sufficiente «prattica chimica», durante la preparazione del *sublimato di mercurio*:

* Stazione sperimentale per i Combustibili, San Donato Milanese.

** Relazione presentata al X Convegno Nazionale di «Storia e Fondamenti della Chimica» (Pavia, 22-25 ottobre 2003).

> Hor si, ch'io vengo à conoscere, che senza la prattica non si può manipolare, e volendo fare il sublimato nel modo scritto dal Lucatelli nel suo Theatro d'Arcani, il quale dice: pigliarai il mercurio sudetto, e lo calcinerai con acqua forte, del quale ne farai precipitato, il quale sublimerai in boccia di vetro con fuoco gagliardissimo e questo sublimato lo ritornerai in mercurio vivo. Ma io non sapendo ancora fare questa vinificatione pigliai il mercurio crudo e nel modo che dice il detto Lucatelli, lo mescolai con vitriolo, sal comune, e salnitro, i quali posi in vaso di vetro che posi al fuoco, e quando il sale cominciò à sentire il fuoco e che cominciava à sublimare crepò, e di maniera tale, che mi hebbe ad uccidere, si per li pezzi del vaso, che mi saltarono verso la faccia (trovandomeci vicino per giongerli carboni) come anche per li fumi velenosi che ne usciano; me ne fugii ne vi tornai sino a tanto, che non furono cessati quelli fumi.[1]

Trascurando quelli che hanno sicuramente coinvolto gli alchimisti dei secoli precedenti, l'incidente di Angelico è probabilmente il primo ben descritto in letteratura.

Com'è noto, almeno fin verso i primi decenni del 1800 la moderna figura del chimico in sostanza non esisteva. I ricercatori erano per lo più filosofi naturali, medici, farmacisti; molti diventarono chimici sperimentali per pura passione o per vocazione, animati da un interesse che li ha portati sovente a sfidare i pericoli connessi con le loro manipolazioni e a lavorare in condizioni ambientali che oggi sarebbero impensabili.

Come esempio del fervore dei primi grandi chimici possiamo leggere cosa ha scritto John Davy, a proposito del suo celebre fratello Sir Humphry Davy:

> Non posso dimenticare i suoi modi quando era occupato nella sua occupazione favorita *(la ricerca)*; il suo zelo si trasformava in entusiasmo che riusciva a comunicare a quelli accanto a lui. […]. Era deliziato quando un esperimento riusciva ma non era scoraggiato dagli insuccessi; sopportava gli insuccessi e gli incidenti con pazienza e tolleranza anche se questi derivavano dalla goffaggine degli assistenti, cosa strana per un temperamento ardente come il suo. Il suo coraggio nel condurre gli esperimenti era molto rimarchevole: nelle operazioni del laboratorio il pericolo veniva molto spesso dimenticato anche se l'esposizione ai rischi era un avvenimento di tutti i giorni. Considerando i rischi corsi e le poche precauzioni prese, è sorprendente osservare quanto pochi siano stati gli incidenti in cui sia incorso. Le sole due ferite che ha subito furono ad una mano e ad un occhio […].[2]

I primi chimici si accontentavano di laboratori molto modesti: talvolta il retrobottega di una farmacia, molto più spesso la cucina della propria casa. Erano sufficienti una luce abbondante e dispositivi per ottenere acqua e calore. Per esempio, dai ricordi di F. Wöhler abbiamo la descrizione del laboratorio di J.J. Berzelius, dove il grande chimico svedese ha condotto la maggior parte delle sue ricerche:

> Il laboratorio era composto di due camere arredate semplicemente, non vi erano né fornelli, né cappe, né condutture per il gas e per l'acqua. In una erano dei

[1] Francesco Maria Massari, *Prattica chimica in dialogo tra Theermico et Angelico*, Napoli, Antonio Gramignani, 1678, p. 36.

[2] John Davy, *Memoirs of the life of Sir Humphry Davy*, Londra, Longmans, 1836.

> lunghi tavoli di abete, l'uno dei quali serviva per Berzelius e nell'altro stavo io. Lungo il muro erano degli armadi coi reattivi e nel mezzo il bagno a mercurio e la lampada riscaldante ad alcol sotto una cappa in lamiera che si immetteva nel camino della stufa. Nell'altra camera erano le bilance e armadi con strumenti e apparecchi e vicino una piccola officina per diversi lavori. In cucina, dove la severa Anna *(la famosa cameriera di Berzelius, spesso sua unica assistente)* preparava il pranzo, eravi un piccolo forno a riverbero che si usava di rado e un bagno di sabbia sempre riscaldato.[3]

La nozione di pericolo era già presente anche nel 1800 nell'immagine della chimica; tuttavia, i chimici ostentavano con orgoglio le ferite che si erano procurate con la loro attività. Si affermava che un chimico «gallonato» era facilmente riconoscibile: generalmente gli mancava qualche dito e talvolta anche un occhio!

Jaffe, in un libro di biografie di grandi chimici, nel raccontare le esplosioni che hanno avuto Liebig per protagonista, ricorda anche il sacrificio di diversi chimici che hanno effettuate ricerche sul fluoro «brave enough to wrestle with such obstreperous substances» e conclude: «the annals of chemistry contain many such example of heroism».[4] Per la maggior parte dei padri della chimica era sicuramente valido quanto affermava nel 1703 Johann Joachim Becher: «I chimici sono una strana classe di mortali che cercano i loro piaceri tra fuliggine e fiamme, veleni e povertà, ma tra tutte queste diavolerie mi sembra di vivere così piacevolmente che possa io morire prima di cambiare il mio posto con il Re di Persia».[5]

Di seguito è presentata una breve raccolta di storiche esplosioni accidentali che hanno avuto per protagonisti alcuni dei nostri grandi predecessori.

1. *Schwartz e la polvere da sparo*

Una vecchia leggenda di origine tedesca attribuisce al francescano Berthold Schwartz la scoperta della polvere da sparo. L'avvenimento viene così descritto in un libro di storia della chimica:

> Un giorno che volle solidificare il mercurio per dargli la durezza dell'argento, miscelò questo corpo con dello zolfo e del salpetro (nitrato di potassio) e fece bollire queste sostanze in un recipiente metallico. All'improvviso si verificò una formidabile esplosione che mandò in pezzi il recipiente. Il monaco, ripresosi dal suo terrore, si mise allora allo studio e arrivò rapidamente alla vera composizione della polvere.[6]

[3] ICILIO GUARESCHI, *Jons Jacob Berzelius e la sua opera scientifica*, Torino, Unione Tipografica-Editrice Torinese, 1913, p. 327.

[4] BERNARD JAFFE, *Crucibles - The Lives and Achievements of the Great Chemists*, New York, Tudor Publishing Co., 1934, p. 184.

[5] *Ivi*, p. 41.

[6] RAOUL JAGNAUX , *Histoire de la chimie*, Parigi, Librairie Polytechnique, vol. II, 1891, p. 88.

2. *Kunckel e il fulminato di mercurio*

Johann Kunckel (1638-1703) è stato un alchimista tedesco di una certa importanza. La sua fama è legata alla scoperta (per altro controversa) del fosforo. Egli ha sintetizzato il fulminato di mercurio senza però riuscire ad isolare il prodotto che è esploso con violenza.[6] Kunckel aveva disciolto il mercurio in *aqua fortis* e versato la soluzione in *spirito di vino* rettificato, quindi l'aveva blandamente riscaldata in presenza di sterco di cavallo. Il giorno successivo si è verificata una violenta esplosione, tanto intensa che lo stalliere dello stabile pensò «che qualcuno gli avesse sparato attraverso la finestra o che addirittura il diavolo fosse entrato nella stalla».[7]

3. *Cavendish e i limiti di infiammabilità dell'idrogeno*

Henry Cavendish (1731-1810), oltre ad essere uno dei maggiori scienziati del suo tempo, fu un aristocratico eccentrico e anticonformista.[8] Era un nevrotico, timido fino al punto di parlare in modo incomprensibile, vestiva secondo la moda del secolo precedente e aveva un profondo orrore nei confronti delle donne. Si è dedicato alle scienze per passione, attrezzando la propria abitazione con un laboratorio e una biblioteca, stranamente (dato il carattere) aperta al pubblico. Egli stesso, quando prelevava un libro, compilava la scheda di prestito e pagava la relativa quota.

La scoperta dell'idrogeno è generalmente attribuita a Cavendish, anche se era stato ottenuto più o meno casualmente in tempi precedenti (era infatti già noto a Paracelso, van Helmont) e Boyle ne aveva descritto l'infiammabilità nel 1670. In realtà, ancor prima di Boyle, Theodore Turquet de Mayerne (1573-1655), iatrochimico francese, aveva trovato un gas infiammabile che si libera sciogliendo della limatura di ferro in olio di vitriolo (acido solforico) diluito con acqua:

> Si è prodotta una enorme agitazione e una grande ebollizione, facilmente controllabile se la soluzione viene agitata con una bacchetta. Si è sviluppato anche un vapore solforoso fetido e molto dannoso, che (come è successo a me non senza pericolo) se è portato in vicinanza di una candela, prende fuoco.[9]

Partington, nella sua ponderosa *History of Chemistry*, accenna anche a due esplosioni «storiche» che si sono verificate nel tentativo di accendere l'idrogeno. La prima è menzionata da J.A. Cramer (1739): «cum exhalatione foetidissima vaporis, si solutio fit in vase angusti colli; accenditur enim, & violentissime disjicit vasa»; la seconda da F.A. von Wasserberg (1748-1791): «vas ipsum impetu

[7] James Riddick Partington, *A History of Chemistry*, Londra, MacMillan, 1962-1970, vol. II, p. 377.

[8] A.J. Berry, *Henry Cavendish, His Life and Scientific Work*, Londra, Anchor Press, 1960.

[9] J.R. Partington, *A History of Chemistry* cit., vol. II, p. 174.

maximo, horrendo fragore in millena frustra disjecerunt […] terrore vix non mortuus, pallidus, infelix experimenti imitatur».[10]

Cavendish nel 1766 ha pubblicato una memoria ormai classica sulle arie artificiali (*factitious air*), la cui prima parte è dedicata alla caratterizzazione dell'idrogeno.[8] Ai tempi di Cavendish c'era ancora molta confusione su cosa fosse l'*inflammable air* (termine con cui si designavano indifferentemente l'idrogeno, il metano, l'ossido di carbonio e altri gas infiammabili). Egli fu il primo a definire l'idrogeno come una sostanza definita e non solamente come una varietà dell'aria comune. Cambiando il rapporto aria infiammabile/aria comune, ha determinato in pratica l'intervallo d'infiammabilità dell'idrogeno (questa è probabilmente la prima determinazione sperimentale dei limiti di infiammabilità di una miscela gassosa).

L'intervallo di infiammabilità dell'idrogeno, come determinato da Cavendish che si è basato sull'osservazione visiva della fiamma e sul «rumore» prodotto dalla combustione della miscela, risulta 10-70% in volume (i limiti di infiammabilità oggi comunemente accettati sono 4-75%). La miscela che produceva gli effetti più vistosi era quella al 30% (molto prossima alla miscela stechiometrica).

4. *Priestley e l'anidride solforosa*

Joseph Priestley (1733-1804) scoprì casualmente la SO_2 (*vitriolic acid air*) proprio a seguito di un incidente durante il tentativo di prepararla per riscaldamento diretto dell'acido solforico:

> Avendo osservato che un gran numero di differenti sostanze rendevano l'olio di vitriolo capace di formare un'aria acida permanente, ho supposto che il calore fosse capace di fare altrettanto.[11]

Priestley scaldò quindi più volte l'acido solforico ma senza risultato. Durante una prova ci fu un risucchio accidentale di mercurio nella storta che conteneva l'acido caldo:

> All'istante tutto il recipiente fu riempito di uno spesso vapore bianco, si è svolta una prodigiosa quantità d'aria che ne ha provocato lo scoppio in mille pezzi […] e una parte di acido caldo mi è finita sulla mano ustionandola così teribilmente che ne porto ancora i segni.

Priestley concluse che metalli tipo il mercurio e il rame liberano SO_2 in contatto con l'acido solforico.

[10] *Ivi*, vol. III, p. 36.

[11] J. Priestley, *Experiments and observations on different kinds of air*, «Philosophical Transactions», 62, 1772, p. 147.

5. *Lavoisier e la polvere da sparo*

L'interesse di Lavoisier per la polvere da sparo gli è quasi costata la vita nel 1788, quando fu condotto a Essonnes un esperimento con una polvere contenente clorato di potassio (appena scoperto da Claude Louis Berthollet) al posto del nitrato di potassio.

La nuova formulazione prometteva di essere più economica e quindi vantaggiosa per la Francia perciò Lavoisier aveva disposto una dimostrazione su larga scala e arrivò sul posto accompagnato dalla moglie e dallo stesso Berthollet.

Come precauzione, il nuovo esplosivo era preparato in un piccolo mulino, munito di un solo pestello, all'aria aperta, con l'operatore incaricato di miscelare la polvere protetto da un robusto schermo di legno che lo separava dal mortaio in cui era condotta la miscelazione. L'esperimento iniziò con la pesata degli ingredienti sufficienti per 16 libbre di polvere e la successiva miscelazione. Tuttavia la miscela, sebbene fosse umidificata, tendeva a raggrumarsi con il materiale che era proiettato sulle pareti del mortaio. Gli osservatori, Lavoisier e Mme Lavoisier, Berthollet e altre cinque persone, si trovavano dalla parte non protetta del mortaio, opposti all'operatore che invece era protetto dallo schermo. Un certo Le Tort, direttore a Essonnes, iniziò a spingere verso il basso, con il suo bastone, il materiale che si era accumulato sulle pareti del mortaio, senza ottenere apprezzabili risultati. Alla massa venne aggiunta una nuova miscela più umida, nelle opportune proporzioni, fino a raggiungere complessivamente un peso di 20 libbre. Il prodotto risultava ancora raggrumato e, nonostante gli avvertimenti di Lavoisier, Le Tort continuò a smuovere con il bastone i grumi che si formavano ad ogni colpo di pestello rassicurando nel frattempo la compagnia sull'assenza di pericoli dato che la polvere non era ancora miscelata. Ad un certo punto la miscela sembrava idonea e Lavoisier, dopo aver insistito con Le Tort per farlo cessare dallo scuotere e agitare la polvere, richiamò severamente l'attenzione sulla futilità di costruire schermi protettivi contro gli incidenti se poi non erano utilizzati e le persone si ponevano di fronte invece che dietro, e diede ulteriori istruzione all'operatore. Dopo queste disposizioni il gruppo andò a fare colazione, lasciando due persone a controllare. Nell'allontanarsi Lavoisier raccomandò ancora di agitare la miscela solo quando il mulino era fermo e, ai presenti, di rimanere dietro lo schermo quando il mulino era in funzione.

Un quarto d'ora più tardi il gruppo ritornò sul posto: fortunatamente Lavoisier e la moglie si fermarono per pochi minuti per mostrare a Berthollet un mulino per la polvere da sparo mentre gli altri andarono avanti. Avevano appena ripreso ad avanzare quando si verificò una terrificante esplosione: il mulino fu completamente distrutto, il mortaio rotto in numerosi frammenti e il pestello proiettato a notevole distanza. Ci furono due vittime, Le Tort e una donna. Le due persone che erano rimaste a controllare si salvarono perché si trovavano dietro lo schermo protettivo. Se l'esplosione si fosse verificata mezz'ora prima o tre minuti dopo, *adieu* Lavoisier (con qualche anno di anticipo).

L'incidente è stato molto ben descritto in diversi libri su Lavoisier; in una nota a piè di pagina del libro di Grimaux,[12] il lettore è informato che la notizia dell'incidente era stata riportata da un certo Cadet de Vaux, redattore del *Journal de Paris* nel numero del 31 ottobre 1788. Il testo era stato preparato dallo stesso Lavoisier; si capisce pertanto come Lavoisier abbia tentato di allontanare da sé ogni responsabilità, ricordando i continui avvertimenti che aveva fornito.

6. *Lavoisier e la combustione*

A Lavoisier si devono anche le prime sperimentazioni sulla composizione di sostanze organiche: diversi oli, grassi, cere, alcol, ecc. Egli faceva avvenire la combustione dei combustibili liquidi in un bruciatore; i prodotti di combustione passavano attraverso un tubo raffreddato e quindi attraverso un tubo contenente cloruro di calcio prima di essere assorbiti in una soluzione di idrossido di sodio.

L'idea di far reagire i composti organici con l'ossigeno e di misurare le quantità di acqua e di anidride carbonica prodotte è rimasta alla base di tutti i procedimenti di analisi delle sostanze organiche che furono sviluppati in seguito. Nel *Traité élémentaire de chimie* (1789), Lavoisier accenna ad alcune esplosioni (detonazioni) di cui è stato protagonista durante la conduzione di queste prove:

> Il procedimento che vado a descrivere può essere impiegato con successo per la combustione di tutte le sostenze concrete e anche per quelle degli oli fissi. Si bruciano questi ultimi in lampade e si accendono con molta facilità sotto la campana, per mezzo del fosforo o di un ferro caldo; ma questo sistema non è senza pericolo per le sostanze che sono suscettibili di vaporizzare con un grado di calore mediocre, come l'etere, lo spirito di vino, gli oli essenziali. Queste sostanze volatili si dissolvono in quantità assai grande nel gas ossigeno; quando si innescano, si produce una detonazione che solleva la campana ad una grande altezza e la riduce in pezzi. Io ho sperimentato due di queste detonazioni e i membri dell'Accademia hanno pensato, come me, di rimanerne vittime.[13]

7. *Scheele e le sue prime esperienze di chimico*

Anche Karl Wilhelm Scheele (1742-1786), uno dei più grandi sperimentatori della storia della chimica, sembra essere incorso in qualche incidente durante la sua breve ma intensa carriera. Nei primi anni, durante il suo apprendistato presso una farmacia (intorno al 1767), era solito effettuare i suoi esperimenti nelle ore notturne. Una bella notte gli è capitato un incidente, così descritto da J.B. Dumas:

[12] Édouard Grimaux, *Lavoisier 1743-1794* (1888), New York, Arno Press, 1981, p. 92.

[13] Antoine Laurent Lavoisier, *Traité élémentaire de chimie*, Paris, Éditions Jacques Gabay, (Copia anastatica) 1992, vol. II, p. 486.

> Egli sottraeva al sonno il tempo necessario per le sue ricerche. Una notte, in un eccesso di malizia uno dei suoi conoscenti mescolò ai suoi prodotti una polvere detonante di modo che, riprendendo i suoi esperimenti proprio nel mezzo della notte, Scheele sperimentò una forte esplosione che mise in subbuglio tutta la casa e pose fine ai suoi lavori notturni.[14]

8. *Berthellot e il clorato di potassio*

Claude-Louis Berthollet (1748-1822) nel 1787 ha riconosciuto per primo il clorato di potassio come un nuovo composto e ne ha descritto le proprietà:

> È soprattutto nella maniera violenta di agire di questo sale con i corpi combustibili che risiedono le sue proprietà singolari, differenti da quelle di tutte le sostanze saline conosciute. Il muriato sovra ossigenato di potassio sembra contenere nelle sue molecole gli elementi del fulmine; i chimici possono produrre degli effetti quasi miracolosi con questa sostanza; e la natura sembra aver concentrato tutta la potenza delle detonazioni, delle fulminazioni e delle infiammazioni in questo terribile composto.[15]

Berthollet impiantò anche un opificio per la fabbricazione di questo sale. Intorno al 1790, nella sua fabbrica si verificò un incidente mortale, così descritto in un libro sugli esplosivi del 1893:

> Quando il celebre prof. Berthollet impiantò l'opificio della polvere clorata che porta il suo nome, non cessava mai di raccomandare le precauzioni da lui suggerite; questa insistenza dava ai nervi di un giovane direttore, il quale un giorno, parlando con l'inventore, le criticava come d'intralcio al servizio corrente, e, per avvalorare le sue ragioni, mentre parlava, picchiava con un suo bastoncello un recipiente di clorato di potassio; disgraziatamente il recipiente esplose comunicando l'esplosione ad altri recipienti circostanti; l'infelice ed imprudente giovine vi perdette la vita assieme ad altri poveri operai, ed il prof. Berthollet scampò al disastro quasi per miracolo.[16]

9. *Conté e l'idrogeno*

Nicola-Jacques Conté (1755-1805), chimico, meccanico, pittore; il suo nome è stato reso famoso dall'invenzione della mina artificiale per matita. Durante la Rivoluzione fu incaricato della produzione su larga scala dell'idrogeno, destinato ai palloni aerostatitici. Durante una sperimentazione, una violenta esplosione gli procurò la perdita dell'occhio sinistro:

[14] JEAN-BAPTISTE DUMAS, *Leçons de philosophie chimique*, Bruxelles, Hauman, 1839, p. 88.

[15] R. JAGNAUX, *Histoire de la Chimie* cit., vol. II, p. 91.

[16] FRANCESCO SALVATI, *Vocabolario di polveri ed esplosivi*, 2ª Ed., Roma, Forzani e C., Tipografi del Senato, 1893, p. 592.

> Volendo una sera terminare le sue osservazioni, si fece dare un lume che posizionò all'estremità del suo laboratorio e si mise all'opera per analizzare il contenuto gassoso di uno dei recipienti presenti nel laboratorio. Sfortunatamente, nel sollevare il tappo si è liberata una nube di idrogeno che è stata trasportata da una corrente d'aria, attraverso la porta rimasta aperta, sulla lampada. Ne è seguita l'accensione della nube con ritorno di fiamma fino ai recipienti e una terribile detonazione che ha demolito tutte le apparecchiature in vetro con numerosi frammenti che hanno colpito lo sfortunato Conté in tutte le parti del corpo.[17]

10. *Il Conte Morozzo e la polvere di farina*

Il resoconto di un'esplosione provocata dalla farina di grano, avvenuta a Torino nel 1785, fu pubblicato nel 1795.[18] Si tratta della prima notizia riportata in letteratura di un'esplosione di polvere, da parte del Conte Carlo Ludovico Morozzo di Bianzè (1743-1804), matematico e chimico autorevole (fu anche Presidente della Reale Accademia delle Scienze di Torino). Il relatore postulò che l'accensione avesse riguardato un gas infiammabile sviluppato dalla farina pur non mancando di sottolineare il ruolo giocato dalla nube di polvere nella propagazione dell'esplosione. A quell'epoca l'infiammabilità dell'idrogeno, del metano e di altri gas combustibili era già nota alla comunità scientifica, però ben pochi avrebbero considerato la possibilità di un'esplosione da polvere.

11. *Il Conte di Rumford e l'etere*

Benjamin Thomson, Conte di Rumford (1753-1814), fu molto versatile e guadagnò una fama internazionale come filantropo, amministratore e consulente militare. Tuttavia, il suo interesse principale fu sicuramente la sperimentazione sul calore. Il Conte di Rumford non solo misurò il calore di combustione di diversi tipi di legno e di carbone ma valutò, in modo sperimentalmente molto elaborato, tutti i possibili combustibili e scrisse diversi lavori sul calore prodotto dalla combustione. Un suo esperimento molto spettacolare, il tentativo di misurare il calore di combustione dell'etere, risultò in una esplosione:

> Prima che io scenda nei particolari dei miei esperimenti, devo dire poche parole sulle difficoltà che ho incontrato, anche dopo l'aver procurato nuove apparecchiature, e dei rimedi che ho adottato per aggirarle. Sono anche stato personalmente esposto a pericoli, che devo per forza menzionare come monito per quelli che dovessero intraprendere la stessa sperimentazione. Quando ho condotto gli esperimenti (di combustione) con alcol rettificato e, in particolare, con l'etere, mi è risultato molto difficile impedire che una certa quantità di questi liquidi volatili passasse allo stato di vapore nella lampada.

[17] JEAN JACQUES, *Explosions historiques*, «C.R. Acad. Sci.», 1997, t. 325, Série II b, p. 99.

[18] CARLO LUDOVICO MOROZZO, *Relation d'une violente détonnation arrivée a Turin le 14 décembre 1785 dans un magasin de farine,* «Répertoire des Arts et Métiers», 2, 1795, p. 478.

> Mi sono procurato una piccola lampada, simile in forma ad una tabacchiera rotonda, munita al centro del piatto circolare che funge da chiusura di un beccuccio; per raffreddare il beccuccio e impedire che il calore venisse trasmesso alla lampada ho fissato sul piatto circolare un crogiolo contenente acqua fredda. Ma, quando ho bruciato l'etere, questa precauzione non è stata sufficiente, come ho imparato a mie spese perché, sebbene il crogiolo avesse un diametro doppio di quello della lampada e fosse stato riempito con acqua molto fredda, l'acqua si è riscaldata in pochi minuti e si è verificata l'esplosione dei vapori di etere con una fiamma che si è innalzata fino al soffitto. In verità ho quasi incendiato la casa.[19]

12. *Gay-Lussac e i suoi incidenti*

Durante la sua lunga carriera Joseph Gay-Lussac (1778-1850) è stato vittima di diversi incidenti.[20] Il 3 giugno 1808 gli capitò un incidente in laboratorio, le cui conseguenze avrebbero potuto essere più drammatiche: fu colpito al viso dalla proiezione di potassio fuso, a seguito dello scoppio di un pallone, con seri problemi agli occhi. Recuperò parzialmente la vista solo un mese più tardi ma, essendo stato distrutti i canali lacrimali, per tutta la vita ebbe gli occhi rossi e lacrimosi. Dopo quest'incidente usò degli occhiali con lenti molto spesse che lo salvarono in un successivo incidente 36 anni dopo!

Nel 1813 Gay-Lussac caratterizzò lo iodio e ne studiò le proprietà; durante queste ricerche, a seguito dello scoppio del pallone, fu seriamente ferito ad una mano e al piede destro dalla proiezione di acido solforico che faceva reagire con lo iodio.

Nel 1844 Gay-Lussac ebbe un altro serio infortunio, dettagliatamente descritto dalla stampa dell'epoca:

> Gay-Lussac è stato gravemente ferito nel suo laboratorio. Appena ha tolto il tappo ad un flacone per preparare un'esperienza, il contatto con l'aria ne ha infiammato il contenuto. Si è verificata una violenta esplosione che le persone vicine hanno paragonato ad un colpo di moschetto. Gay-Lussac è stato proiettato a terra, ferito alle mani e al volto dai frammenti di vetro. Queste ferite sono gravi, ma si spera che non abbiano arrecato danni alle articolazioni. Anche un giovane preparatore è rimasto ferito, seppur più leggermente.[21]

Fortunatamente Gay-Lussac portava gli occhiali che lo salvarono da danni peggiori.

[19] SANBORN C. BROWN, *The Collected Works of Count Rumford*, Cambridge, Harvard University Press, 1968, vol. II, p. 97.

[20] MAURICE P. CROSLAND, *Gay-Lussac: savant et bourgeois*, Paris, Belin, 1991.

[21] G. BRAM, N.T. ANH, *Gay-Lussac et ses accidents*, «L'Actualité Chimique», oct.-nov. 1993, p. 85.

13. *Dulong, Davy, Faraday e il tricloruro di azoto*

Pierre-Louis Dulong (1785-1838), noto soprattutto per la legge dei calori atomici: «Les atomes de tous les corps simples ont exactement la méme capacité pour la chaleur» (legge di Dulong e Petit, 1819), nell'ottobre del 1811 compì ricerche sulla possibilità di sintetizzare un composto di azoto e cloro facendo passare il cloro in una soluzione di cloruro di ammonio. Sfortunatamente il prodotto, il tricloruro di azoto, era altamente esplosivo e Dulong, che non se l'aspettava, fu seriamente ferito, perdendo un dito e un occhio. Potè riprendere le ricerche solo alla fine di febbraio dell'anno successivo. Nell'ottobre del 1812, alla prima nuova sintesi, subì un altro incidente per cui decise di averne avuto abbastanza! Ecco come Dulong ha descritto le sue esperienze:

> Io ho ottenuto per la prima volta questa sostanza nel mese di ottobre del 1811. A seguito del grave incidente che mi è occorso durante la sua preparazione non ho potuto riprendere la mia attività che nel mese di febbraio del 1812. Volevo riprendere questo soggetto per completarlo nell'ultimo mese di ottobre, ma essendo stato ferito per la seconda volta prima di aver potuto completare una sola esperienza, ho deciso ugualmente di pubblicare i risultati che ho ottenuto nell'inverno precedente.[22]

Successivamente Dulong ne descrive le proprietà:

> Sottoposto ad una temperatura di 30-35 °C detona con una violenza estrema. Un decigrammo di questa sostanza produce nell'aria libera un'esplosione più forte di quella di un moschetto.

Dulong si è anche accorto che il tricloruro di azoto era un composto endotermico (concetto allora sconosciuto):

> Mi sembra che questo composto contenga una certa quantità di calore combinato che, quando gli elementi si separano da ciascun altro, fa aumentare la loro temperatura e gli impartisce una grande forza elastica.

In un libro di chimica del 1857 si legge:

> Il tricloruro di azoto è la sostanza più violentemente esplosiva che sia mai stata scoperta, e non dovrebbe essere preparata dagli studenti in quantità maggiori di un seme di mostrada alla volta e, anche in questa quantità, con grande attenzione. Sia il suo scopritore (Dulong) che Sir H. Davy, nonostante la loro esperienza e attenzione, come chimici esperti, sono stati seriamente feriti dalla sua violenza.[23]

Quindi anche Davy, che in quel periodo era in continua competizione con Thenard, Gay-Lussac e altri scienziati francesi in molti campi della chimica, nel ripetere gli esperimenti di Dulong subì lo stesso incidente. Davy era stato informato da Ampère sugli esperimenti francesi e sull'incidente occorso a Dulong:

[22] PIERRE LEMAY, RALPH E. OESPER, *Pierre Louis Dulong, his life and work*, «Chymia», 1, 1948, p. 171.

[23] J.L. COMSTOCK, *Elements of Chemistry*, New York, Oakley & Co., 1857, p. 220.

> Signore, Voi avete sicuramente appreso della scoperta che è stata fatta a Parigi, circa un anno fa, della combinazione dei gas azoto e cloro che ha l'apparenza di un olio più pesante dell'acqua e che detona con tutta la violenza dei metalli fulminanti per il semplice calore della mano e che ha privato di un occhio e di un dito l'autore di questa scoperta.

I risultati dei diversi tentativi di Davy di ottenere il composto di Dulong sono contenuti in una lettera indirizzata a Joseph Banks, Presidente della Royal Society, con l'intento di segnalare la pericolosità di questo *very extraordinary detonating compound*:

> Io ho preparato una soluzione di ammonia, l'ho raffreddata con una miscela di ghiaccio e muriato di lime (cloruro di calcio) e lentamente vi ho fatto passare del cloro, raffreddato allo stesso modo. Ci fu immediatamente una violenta azione, accompagnata da fumi di odore particolarmente sgradevole […].
> Ho esposto una fiala, contenente circa 100 cc di cloro, ad una soluzione satura di nitrato di ammonia, a circa 50 °C e alla luce diurna […] in pochi minuti si è formato un film sulla superficie del fluido; agitando la fiala si sono formati dei piccoli globuli. Ho preso uno di questi globuli e l'ho esposto in contatto con acqua ad un «gentile» calore: molto prima che l'acqua iniziasse a bollire esso è esploso con una luce molto brillante […].
> Ho tentato di procurare la sostanza in maggiore quantità, facendo passare il cloro in bottiglie di Wolf, conteneti differenti soluzioni di ammonia, ma una singola prova ha mostrato il pericolo di questa maniera di operare: il composto aveva appena cominciato a formarsi, quando, per azione di alcuni vapori ammoniacali sul cloro, si è prodotto calore che ha provocato una violenta esplosione e l'intera apparecchiatura è andata distrutta […] Ho tentato di raccogliere i prodotti dell'esplosione di questa nuova sostanza, applicando il calore di una lampada a spirito ad un globulo di essa, confinato in un tubo di vetro ricurvo posto sull'acqua: inizialmente si è sviluppato un po' di gas ma, prima che l'acqua raggiungesse la temperatura di ebollizione, fu osservato un violento lampo di luce, con un forte rumore; il tubo si è frammentato in piccole schegge e io ho ricevuto una severa ferita alla cornea trasparente dell'occhio che ha provocato una considerevole infiammazione che mi ha obbligato a fare questa comunicazione per mezzo di un amanuense. Questo esperimento prova che è necessaria estrema attenzione nell'operare con questa sostanza, perché la quantità che avevo utilizzato era grande quanto un seme di mostarda.[24]

L'amanuense cui accenna Davy era M. Faraday che in quel periodo era il suo assistente. Anche Faraday rimase vittima di un'esplosione con il tricloruro di azoto. Infatti, così scrive ad un amico:

> Sono riuscito a sfuggire a quattro violente esplosioni. Di esse, la più terribile è accaduta quando tenevo tra il pollice e l'indice una piccola provetta contenente sette grani e mezzo di tricloruro di azoto. L'esplosione fu talmente improvvisa da

[24] Humphry Davy, *On a new detonating compound,* «Philophical Transactions», 103, 1813, p. 1.

> farmi aprire di scatto la mano e da strapparmi un pezzo di unghia; mi ha bruciato le dita a tal punto che ancora non riesco ad usarle come prima.[25]

Faraday è stato vittima anche di un'altra esplosione nel 1823, quando studiava la liquefazione del cloro, come ci informa Tyndall:

> Posso aggiungere che mentre egli stava conducendo i suoi primi esperimenti sulla liquefazione dei gas, in un'occasione 13 pezzi di vetro sono finiti negli occhi di Faraday a seguito di una esplosione.[26]

14. *Ancora Gay-Lussac, Thenard e Davy: questa volta con l'acido ossimuriatico*

Nel corso delle sperimentazioni che Gay-Lussac (e Thenard) e Davy condussero per accertare la natura elementare del cloro (che allora era chiamato acido «ossimuriatico»), si sono verificate diverse esplosioni. Gay-Lussac e Thenard avevano preparato miscele di acido ossimuriatico e idrogeno e le avevano esposte alla luce del sole:

> Due giorni dopo aver preparato le miscele, avevamo previsto di esporle al sole. Ma appena in contatto con la luce del sole, esse si sono immediatamente infiammate con una detonazione molto forte e i recipienti si sono ridotti in frammenti con le schegge proiettate molto lontano.[27]

Fortunatamente si erano premuniti contro questa evenienza e avevano preso le opportune precauzioni.

Davy invece ha osservato numerose esplosioni con il gas prodotto dalla reazione tra l'acido muriatico (HCl) e il sale chiamato *hyperoxymuriate* ($KClO_3$):

> Esso qualche volta esplode durante il suo travaso da un recipiente all'altro, producendo calore e luce, con espansione di volume; può essere anche fatto esplodere fornendo pochissimo calore, spesso quello della mano […] Mio fratello, Mr. John Davy, da cui io ricevo costante a abile assistenza in tutte le mie ricerche chimiche, ha in più ccasioni osservato esplosioni durante il trasferimento del gas sul mercurio. Egli ritiene che il fenomeno sia da attribuire alla combustione di un sottile film di mercurio in contatto con un globulo di gas.[28]

Si trattava del biossido di cloro (ClO_2) del quale, grazie a Davy, oggi sono ben note l'instabilità e l'esplodibilità. Scrive, infatti, Davy:

> Questo gas nella sua forma pura è così facilmente decomponibile, che è pericoloso operare con esso in considerevole quantità. In una serie di esperimenti, una giara di vetro resistente, contenente circa 0,5 L di gas, mi è esplosa in mano con

[25] L. Pearce Williams, *Michael Faraday - A Biography*, New York, Basic Books Inc., 1964, p. 29.

[26] John Tyndall, *Faraday as a Discoverer*, 5ª Ed., Londra, Longmans, 1894, p. 72.

[27] M.P. Crosland, *Gay-Lussac* cit., p. 54.

[28] H. Davy, *On a combination of oxymuriatic gas and oxygen gas*, «Philosophical Transactions», 101, 1811, p. 155.

un fortissimo rumore; il recipiente si è disintegrato e i suoi frammenti sono stati scagliati a considerevole distanza.

15. *Berzelius e il fulminato d'oro*

Il 14 agosto 1810, Jons Jakob Berzelius (1779-1848) scrisse al chimico tedesco Adolph Ferdinand Gehlen (1775-1815) per informarlo che, mentre tentava di recuperare l'oro da alcuni fulminati, era rimasto vittima di una tremenda esplosione che gli era quasi costata la vita. Dovette restare per più di un mese in una stanza oscurata per salvare i suoi occhi. Indomabile, appena guarito, tornò al suo laboratorio. Per inciso, il destinatario della lettera, rimase vittima, nel 1815, di un fatale avvelenamento mentre conduceva ricerche sull'arsina. A proposito di Berzelius, c'è un'altra notizia: nel 1816 fu convinto da tal Gahn, industriale chimico, ad associarsi a lui nell'acquisto di una fabbrica chimica a Gripsholm. Fu in questa sede che Berzelius scoprì il selenio mentre analizzava l'acido solforico. Purtroppo l'attività di chimico industriale di Berzelius non durò a lungo «perché un incendio ben presto distrusse la fabbrica».[29]

16. *Anche Wöhler e Liebig hanno giocato al piccolo chimico*

Friedrich Wöhler (1800-1882) fu attratto fin da giovanissimo dalla chimica. Con l'aiuto del padre, incontrò un amico che aveva una ricca biblioteca chimica e un piccolo laboratorio privato dove ottenne il permesso di lavorare. Costruì una pila voltaica con placche di zinco e con antiche monete russe di rame che collezionava. Aveva anche costruito un forno (la sorella lo aiutava ad azionare i mantici per alimentare il fuoco). Durante quest'attività giovanile si bruciò le dita con il fosforo; in un'altra occasione fu quasi ucciso dallo scoppio di una beuta contenente cloro.[30]

Anche Justus Liebig (1803-1873) ebbe fin da piccolo la stessa passione di Wöhler per la chimica.[31] Ancora studente, a circa 16 anni, si dilettava già con gli esperimenti. Purtroppo «giocava» anche con il fulminato d'argento che un bel giorno esplose provocando notevoli danni. Fu espulso e bollato come *hopelessly useless*. Ci riprovò diversi anni dopo con l'acido fulminico (quando si interessava dell'isomorfismo del cianato e del fulminato d'argento) che gli esplose sotto il naso spedendolo all'ospedale a riflettere sui suoi pericoli. In quell'occasione Liebig rischiò di perdere la vista di un occhio.

[29] B. JAFFE, *Crucibles* cit., p. 152.
[30] *Ivi*, p. 180.
[31] *Ivi*, p. 184.

17. *Liebig e il solfuro di carbonio*

Nell'aprile 1853, Liebig, nel corso di una conferenza a Monaco davanti ad un pubblico veramente eccezionale (la regina Teresa e il Principe reggente Leopoldo), presentò una dimostrazione molto spettacolare: la combustione del solfuro di carbonio in diossido d'azoto. Lo spettacolo piacque talmente che fu richiesto il bis. La seconda volta si verificò, con grande orrore di tutti i presenti, una terribile esplosione che ruppe il contenitore in mille pezzi. Le schegge di vetro colpirono anche le altezze reali e lo stesso Liebig. L'incidente avrebbe potuto avere conseguenze fatali per il celebre chimico se la tabacchiera che aveva in tasca non avesse protetto la sua arteria femorale.[32]

18. *Bunsen e il cianuro di cacodile*

Per i suoi studenti dell'Università di Heidelberg, Robert Bunsen (1811-1899) fu un grande insegnante. Tuttavia, egli aveva una peculiarità: nel suo laboratorio non era permesso a nessuno di condurre ricerche sui composti del carbonio. Il lavoro era troppo pericoloso.

Intorno al 1839, Bunsen iniziò alcune ricerche sui composti organici dell'arsenico. Molti anni prima, il chimico francese Cadet aveva distillato l'ossido arsenioso con acetato di potassio ottenendo un liquido dall'odore terribile, non solo velenosissimo ma anche spontaneamente infiammabile. Bunsen trovò che questo liquido era appunto un composto organico dell'arsenico che aveva molte delle proprietà di un ossido metallico. Per l'odore della maggior parte dei suoi composti lo chiamò cacodile.

Nel 1843 un'esplosione del cianuro di cacodile gli procurò la perdita della vista dall'occhio destro, i fumi tossici lo intossicarono per molti mesi.[33]

Non esistevano cappe in quei vecchi laboratori. Per questi esperimenti pericolosi, Bunsen aveva sviluppato una maschera antigas improvvisata, respirando attraverso un lungo tubo di vetro che usciva da una finestra. Durante una sperimentazione tutto sembrava procedere per il meglio quando una goccia del materiale appena prodotto cadde sulla parte riscaldata di un pallone di vetro. Bunsen riferisce che «l'apparecchiatura fu demolita da un'esplosione con fiamme alte diversi metri. Tutti gli oggetti vicini furono ricoperti da uno strato di fuliggine».

Quello fu l'ultimo dei suoi esperimenti con la chimica organica. Dopo questa esperienza si dedicò esclusivamente alla chimica inorganica.

[32] R. WINDERLICH, *Prevention of accidents when handling chemicals*, «Journal of Chemical Educations», 27, 1950, p. 670.

[33] ROBERT BUNSEN, *Mémoire sur l'acide cacodylique et sur le solfure de cacodyle*, «Annales de Chimie et de Physique», 8, 1843, p. 356.

19. *Ancora un incidente nel laboratorio di Bunsen*

Nelle vacanze di Natale del 1863, si è verificato un incidente mortale nel laboratorio di Bunsen che così descrive l'accaduto in una lettera a Roscoe:

> Da una settimana sono in uno stato di abbattimento e di tristezza, dovuto ad una terribile disgrazia occorsa in laboratorio. Durante la mia assenza da Heidelberg, per le vacanze di Natale, un uomo impiegato qui per tagliar legna, nonostante gli avvertimenti avuti, condusse seco, con negligenza inescusabile, il suo figlioletto; e gli permise di correre qua e là senza curarsi di sorvegliarlo. Pare che il fanciullo si sia posto in bocca un tubo di ferro che era stato usato per la riduzione del rubidio metallico scaldando il carbonato con carbone e in cui si era formato un composto esplosivo, il carbossido di rubidio. Il risultato fu che avvenne un'esplosione, e sebbene non vi siano state rotture metalliche, la gola e il palato del fanciullo furono orrendamente bruciati, cosicché dopo dodici ore morì. Potete immaginare quanto io sia stato addolorato da questo caso, quantunque, grazie a Dio, nessun rimprovero di negligenza possa ricadere su di me.[34]

20. *Mansfield e il benzene*

Nel 1848 August Wilhelm von Hofmann (1818-1892) e Charles Mansfield (1819-1855) ottennero il benzene dal carbone e lo chiamarono benzolo. Mansfield, studente di Hofmann, ideò il metodo della distillazione frazionata del catrame di carbone per separare il benzene puro, il toluene e gli xileni, ponendo così le basi dell'industria dei prodotti derivati dal catrame di carbone fossile. Sfortunatamente rimase vittima delle ustioni riportate a seguito di un incendio provocato dai vapori di benzene, sfuggiti da un pallone di grandi dimensioni.[35]

21. *Sobrero e la piroglicerina*

Ascanio Sobrero (1812-1888), facendo reagire la glicerina con una miscela concentrata di acido nitrico e di acido solforico ottenne la nitroglicerina e poiché, almeno all'inizio, non ne conosceva a fondo le proprietà esplosive è stato vittima di qualche incidente:

> L'azione del calore decompone la piroglicerina: una goccia scaldata su una lamina di platino si accende e brucia vivamente con fiamma; in tal caso non ha luogo detuonazione. Essa è però dotata di potere detuonante al massimo grado. Quando conobbi questa sua proprietà io ero lontano da credere che essa la possedesse in grado così eminente; io avea lasciato in una capsula di vetro alquanta soluzione eterea di questa sostanza alla lenta evaporazione: la quantità di piroglicerina che

[34] ICILIO GUARESCHI, *Nuova enciclopedia di chimica scientifica, tecnologica ed industriale*, 1901-1927, Vol. IV, p. 447.

[35] AARON J. IHDE, *The development of Modern Chemistry*, New York, Dover Publications, Inc., 1984, p. 455.

vi era contenuta non pesava al certo più di 2 o 3 centigrammi. Il mio collega prof. Moriondo, ed altre persone erano presenti quando per curiosità posi sotto la capsula la fiamma di una lampada a spirito: la sostanza si decompose con violenza producendo scoppio come d'un archibugio, la capsula andò in frantumi.
Un'altra volta volli decomporne una gocciola in un tubo di vetro: una detonazione più violenta della prima ridusse in polvere il tubo, sicché più nulla non me ne rimase fra le dita, alle quali provai una violentissima commozione. Molte schegge di vetro mi ferirono la mano ed il viso: un mio amico che era presente ed a più d'un metro di distanza ne ebbe il viso ferito in più luoghi. Questi tentativi sono così pericolosi che il miglior consiglio è il non farli.[36]

23. *Sobrero e l'esplosione spontanea della mannite nitrica*

In un'altra memoria Sobrero racconta di un'esplosione spontanea avvenuta nel laboratorio chimico dell'Arsenale di Torino di campioni di nitromannite da lui preparati e conservati per 5 anni:

Dopo accurato esame si verificò che la quantità di nitromannite non eccedeva 400 g contenuti in tre alberelli chiusi con tappo smerigliato […]. Adunque la mannite nitrica può spontaneamente alterarsi, ed in questa sua progressiva scomposizione, può esplodere di per sé, congenere in ciò colla nitroglicerina, e colla cellulosa nitrica. Che se in alcuni casi la conservazione di codeste sostanze pare potersi protrarre indefinitamente, non v'ha tuttavia nulla che garentisca, che non giunga un momento in cui, per cause inavvertite, si rompa l'equilibrio instabile che tiene unite precariamente le molecole onde esse risultano, ed avvenga lo scoppio. La scomposizione di questi corpi è senza dubbio favorita dall'azione del calore: eppure l'esplosione di cui si riferiscono i particolari, avvenne il 3 di settembre (1853), epoca dell'anno certo non la più calda; e quella nitromannite avea già varcati incolumi 5 anni di conservazione, ed avea sopportati senza scoppiare i calori estivi di quel lungo periodo di tempo. Nel mio laboratorio posseggo ancora al presente piccole dosi di mannite nitrica preparata nel 1847; essa si è conservata senza alterazione e d'altronde chi sa che un giorno o l'altro non venga essa pure ad alterarsi.[37]

24. *Berthelot e le sue bombe*

Marcelin Berthelot (1827-1907), nella sua lunga carriera, si è interessato praticamente di tutto. Quando era ancora il giovane preparatore di Jules Pelouze al Collège de France, studiò la liquefazione dei gas, in particolare quella della CO_2. Durante queste attività fu vittima di un incidente di laboratorio molto serio. A seguito di una esplosione, un frammento di vetro tagliò la sua cornea in due. Fu

[36] ASCANIO SOBRERO, *Sopra alcuni nuovi composti fulminanti ottenuti col mezzo dell'azione dell'acido nitrico sulle sostanze organiche vegetali,* «Memorie della Reale Accademia delle Scienze di Torino», 10, 1849, p. 195.

[37] A. SOBRERO, *Alcuni appunti riguardanti la nitroglicerina, la nitromannite e la cellulosa nitrica*, «Atti della Reale Accademia delle Scienze di Torino», 5, 1869-70, p. 665.

curato dal padre, medico.[38] Dopo questa esperienza, migliorò l'apparecchiatura necessaria per la sperimentazione e descrisse i risultati ottenuti in quella che fu la sua prima pubblicazione (ne seguiranno, negli anni, altre 1799) dal titolo molto significativo: *Sur un procedé simple et sans danger pour démontrer la liquéfaction des gaz et celle de l'acide carbonique en particulier*.

In un articolo del 1880 Berthelot, nel descrivere le sue apparecchiature calorimetriche utilizzate per misurare il calore di combustione dei gas, accenna a due incidenti, attribuiti all'elettricità statica:

> Io devo tuttavia avvertire gli operatori che noi abbiamo osservato per due volte l'esplosione spontanea di miscele gassose mentre erano agitate con del mercurio in vasi chiusi e anidri. Questi incidenti, molto gravi, di cui non conosco altri esempi, sembrano dovuti a scintille elettriche interne, prodotte in seguito all'attrito del mercurio sul vetro dei recipienti che erano tenuti in mano, realizzando così condizioni di condensazione analoghe a quelle di una bottiglia di Leida. Ho intrapreso delle esperienze particolari per precisare le circostanze […] e per poterle riprodurre a volontà.[39]

Tra le altre cose ha studiato anche la termochimica degli esplosivi e deve aver sperimentato più di un incidente.[40] In una memoria del 1894, scritta in collaborazione con P. Vieille accenna ad un incidente capitato a tal Chenel (*chef d'épreuve*) durante la sperimentazione con l'azoturo mercurico Az^6Hg (la nostra azide di mercurio):

> L'azoturo mercurico deve dunque essere fortemente analogo al fulminato per le sue proprietà esplosive. Sfortunatamente, un'esplosione avvenuta in condizioni inaspettate dimostra che questo composto sia addirittura più reattivo e, di conseguenza, più pericoloso. M. Chenel è stato ferito piuttosto seriamente e questo fatto ci obbliga a mettere fine a questi studi.[41]

24. *Le Chatelier e la sintesi dell'ammoniaca*

Anche Henry Le Chatelier (1850-1936) ha subito un gravissimo incidente durante le ricerche sulla sintesi dell'ammoniaca. Ecco il suo racconto:

> Mi sono lasciato sfuggire tra le mani la scoperta della sintesi dell'ammoniaca. È stato il più grande errore della mia carriera scientifica. Stavo per realizzare questa sintesi almeno cinque anni prima di Haber. In effetti avevo adottato per le mie ricerche esattamente le condizioni che, alla fine, hanno condotto al successo: pressione 200 atm; temperatura 600 °C; catalizzatore ferro metallico […]

[38] JEAN JACQUES, *Berthelot - Autopsie d'un mythe*, Paris, Belin, 1987.

[39] MARCELIN BERTHELOT, *Appareils pour mesurer la chaleur de combustion des gaz par détonation,* «Compte Rendus de l'Académie des Sciences», 91, 1880, p. 188.

[40] M. BERTHELOT, *La force de la poudre et des matières explosives*, Paris, Gauthier-Villars, 1872.

[41] MARCELIN BERTHELOT, PAUL VIEILLE, *Recherches sur quelques sels de l'acide azothydrique*, «Annales de Chimie et de Physique», 2, 1894, p. 339.

Su questo argomento la meccanica chimica fornisce indicazioni molto precise. La combinazione dell'azoto con l'idrogeno avviene con una contrazione, ed è più facile e più completa se la pressione è più elevata. Essendo inoltre accompagnata da generazione di calore, la reazione sarà più completa alle basse temperature con l'aiuto di catalizzatori […]
Come dispositivo sperimentale, il recipiente dove si doveva effettuare la reazione era costituito da una bomba di Vieille-Berthelot, apparecchio costruito per resistere a pressioni di diverse centinaia di atmosfere […]
Dopo qualche tentativo ho subito un'esplosione molto violenta che ha ferito mortalmente il mio preparatore: una parte della bomba è finita sul pavimento del laboratorio, l'altra sul soffitto.
Mi sono accorto che uno dei numerosi rubinetti della pompa era rimasto aperto il che permetteva l'ingresso di una notevole quantità di aria, quindi le mie esperienze erano state condotte non su una miscela idrogeno-azoto, come pensavo, ma su una miscela di questi due gas con l'ossigeno.
Avendo commesso un errore così grossolano e scoraggiato da questo insuccesso, non ho più ripreso le mie ricerche sulla sintesi dell'ammoniaca.[42]

Riassunto – Nel periodo di formazione della chimica in disciplina specifica, la moderna figura del chimico non esisteva. I ricercatori erano per lo più filosofi naturali, medici, farmacisti che s'interessavano con fini e punti di riferimento diversi, a quella parte della scienza che andava assumendo il nome di chimica. Molti diventarono chimici sperimentali per pura passione o per vocazione, animati da un interesse che li ha portati sovente a sfidare i pericoli connessi con le loro manipolazioni e a lavorare in condizioni ambientali che oggi sarebbero impensabili.

In questo lavoro viene presentata una breve raccolta di storiche esplosioni accidentali.

[42] FRANÇOIS LE CHATELIER, *Henry Le Chatelier*, Parigi 1968, p. 81.

MARGHERITA PLASSA*

Materiali di riferimento per l'analisi chimica: un secolo di storia**

Reference materials for chemical analysis: a century-long history

Summary – Reference materials, called with different names as «standard samples» or «analysed samples», were in use since the beginning of the twentieth century, mainly as an aid to the analysis of complex alloys. In industrially advanced countries, the National Metrology Institute, or another government institution, is usually charged with the task of preparing certified reference materials; private firms also act as suppliers and in Europe an institute of the European Union is active. The situation in some countries is briefly described, and the development of reference materials supplied by an important Metrology Institute (NIST, USA) and by the European Institute (IRMM, EU) is illustrated: after industrial materials also materials useful for instrumental analysis were supplied and, in the second half of the century, materials for clinical chemistry and environmental analysis. In most recent years, reference materials for DNA analysis and for genetically modified crops made their appearance.

Definizione, origine e classificazione dei materiali di riferimento

Il termine «Materiale di riferimento (MR)» si è stabilizzato nella seconda metà del secolo ventesimo, ed è stato normato dell'ISO (International Organization for Standardization) nella seguente definizione:[1] «Materiale o sostanza i cui valori di una o più proprietà sono sufficientemente omogenei e ben stabiliti da essere impiegati nella taratura di uno strumento, per la valutazione di un metodo di misurazione, o per l'assegnazione di valori a materiali», alla quale si accompagna quella di

* Istituto di Metrologia «G. Colonnetti» - CNR.

** Relazione presentata al X Convegno Nazionale di «Storia e Fondamenti della Chimica» (Pavia, 22-25 ottobre 2003).

[1] ISO, *Terms and definitions used in connection with reference materials*, Guide 30: 1992 (II edizione). La prima edizione risale al 1981.

«Materiale di riferimento certificato (MRC)»: «Materiale di riferimento, accompagnato da un certificato, i cui valori di una o più proprietà sono certificati da un procedimento che stabilisce la riferibilità ad una accurata realizzazione dell'unità nella quale i valori delle proprietà sono espressi e per cui ciascun valore certificato è accompagnato da un'incertezza con un livello di fiducia stabilito».

L'uso di materiali di riferimento, che venivano chiamati in modo diverso da paese a paese, risale però almeno all'inizio del novecento, ed ebbe origine principalmente nel settore siderurgico allo scopo di verificare la correttezza delle analisi chimiche delle leghe metalliche, caratterizzate da composizione complessa e dalla presenza di elementi diversi ma difficili da distinguere chimicamente.

I materiali di riferimento si possono classificare in vari modi, a seconda del livello di certificazione (materiali di riferimento certificati, materiali di riferimento non certificati, materiali di riferimento interni), del tipo di proprietà di interesse (MR certificati per proprietà chimiche o per proprietà fisiche), della natura del materiale (sostanze pure, soluzioni campione, miscele gassose, materiali di riferimento con matrice), del campo di applicazione (materiali industriali, ambientali, clinici, alimentari, per controlli legali).[2]

Enti produttori di materiali di riferimento: differenti scelte nazionali

Inizialmente furono spesso associazioni professionali a preparare e distribuire fra i loro associati dei materiali di riferimento; successivamente si affiancò la fornitura di MR da parte del settore privato, in particolare in seguito allo sviluppo della chimica analitica strumentale, che rendeva necessaria la disponibilità di materiali per la taratura degli strumenti. Tuttavia nelle nazioni più avanzate si è imposto, seppure in tempi diversi, un modello secondo il quale è un ente pubblico – che può essere l'istituto metrologico nazionale oppure un altro ente – a sviluppare e fornire la maggior parte dei materiali di riferimento certificati, anche se continuano ad esistere sia l'attività delle associazioni professionali (specie per settori nuovi o per materiali molto deteriorabili) sia quella dei fornitori privati.

Nei diversi paesi esistono poi varianti diverse: l'istituto metrologico realizza MR con posizione dominante (es. USA, Russia, Corea), oppure esiste un istituto apposito per la preparazione di MR (es. Cina, Giappone fino a tempi recenti), od ancora l'istituto metrologico ricopre un settore limitato, mentre esiste un istituto di riferimento per materiali e chimica che realizza MR (es. Gran Bretagna, Germania). In altri casi ancora l'istituto metrologico od altri enti pubblici coprono un settore limitato, e si fa ampiamente ricorso a MR stranieri o privati (es. Francia, Italia). La situazione europea presenta poi una particolarità legata alla presenza di un istituto dell'Unione europea molto attivo nella realizzazione di MR. Di seguito viene bre-

[2] ADOLF ZSCHUNKE (ed.), *Reference materials in analytical chemistry*, Berlino, Springer, 2000.

vemente illustrata la situazione degli Stati Uniti e di alcuni paesi europei a questo riguardo.

Nel caso degli Stati Uniti il National Bureau of Standards (NBS), denominato oggi NIST, è l'istituto metrologico nazionale, e fu fondato dal Congresso degli USA con una legge del 1901.[3] Esso ebbe da subito non solo il compito di istituire dei campioni nazionali, ma di effettuare le opportune iniziative tecniche dirette al sostegno dell'industria, e quindi di essere attivo non solo entro i limiti della metrologia tradizionale, ma anche nei settori della chimica e delle proprietà dei materiali. Questo comportò un'attività di messa a punto da un lato di norme e procedure e dall'altro di materiali aventi proprietà fisiche o chimiche ben stabilite (*standard samples*). In questo senso il NBS sopravvanzò quindi il tedesco Physikalisch-Technische Reichanstalt (fondato nel 1887) ed il britannico National Physical Laboratory (1899).

La preparazione di *standard samples* cominciò nel 1905, su richiesta dell'American Foundrymen's Association. Essi con il tempo dettero poi origine ai moderni SRM (*standard reference materials*), affermati in tutto il mondo. L'istituto assunse il nome di National Institute for Science and Technology (NIST) dal 1988, con un'ulteriore accentuazione dell'impegno a sostegno dell'industria. Oggi il NIST realizza e commercializza più di 1300 tipi di MR certificati, e ne vende 34000 pezzi per anno a circa 7000 clienti diversi, di cui il 30% all'estero.

Per quanto riguarda l'Europa, verrà qui fatto un accenno alla situazione in due dei maggiori paesi (Germania e Gran Bretagna), ma soprattutto verrà presa in considerazione l'attività dell'Unione Europea nel settore degli MR.

In Germania l'istituto metrologico nazionale è il PTB, Physikalisch-Technische Bundesanstalt, erede del PTR, Physikalisch-Technische Reichsanstalt, fondato nel 1887; esso realizza MRC per proprietà fisiche e, solo da pochi anni, MRC in campo sanitario. L'organismo preposto alla realizzazione di MR è invece il BAM,[4] Bundesanstalt für Material-Forschung und- Prüfung, che a sua volta è l'erede sia del Preussische Königliche Mechanisch-Technische Versuchsanstalt, fondato nel 1870, sia del Chemisch-Technische Reichsanstalt, fondato nel 1920. Il BAM funge da istituto di riferimento per il settore chimico, ha stretto una convenzione con il PTB per le attività metrologiche nel campo chimico e ha un vasto catalogo di MRC in un ampio spettro di tipologie, come metalli, elastomeri, gas, materiali isotopici. Inoltre il BAM partecipa attivamente ai lavori internazionali ed in particolare al comitato ISO per i materiali di riferimento, ISO-REMCO, di cui gestisce la banca dati COMAR, che elenca i MRC di produttori che operano in accordo con le guide ISO.

Una situazione non troppo diversa si ritrova in Gran Bretagna, dove l'istituto metrologico nazionale è il NPL, National Physical Laboratory, fondato nel 1899;

[3] REXMOND G. COCHRANE, *Measures for progress*, Washington, U.S. Dept. of Commerce, 1974.

[4] http://www.bam.de/

esso realizza MRC in alcuni settori, principalmente miscele gassose per riferimenti in campo ambientale. È invece il LGC,[5] Laboratory of Government Chemist, ad essere l'istituto di riferimento per il settore chimico: fondato verso il 1850 come laboratorio di riferimento del governo per problemi chimici, esso è stato privatizzato nel 1996. Ha un ampio catalogo di MRC in vari settori, come quello dei cibi, della chimica clinica e farmaceutica, della medicina legale.

A livello europeo, nel 1973 la Commissione dell'allora Comunità Europea fondò il BCR (Bureau Communautaire de Référence), che stimolò, coordinò e finanziò vari programmi di metrologia applicata di cui il più importante portò alla realizzazione, in base a bisogni previamente individuati in Europa, di materiali di riferimento, mediante apposite azioni che coinvolgevano svariati laboratori europei nella preparazione e nella certificazione. Oggi i MR sono realizzati e commercializzati dall'IRMM (Institute for Reference Materials and Measurements),[6] un istituto che fa parte del Centro Comune di Ricerca dell'UE e che si è sviluppato a partire da un centro di ricerca in campo nucleare. In generale per gli MR si è mantenuta la sigla BCR, ma esistono anche MR dell'IRMM (in particolare quelli isotopici). Un recentissimo sviluppo è un accordo con LGC (GB) e BAM (DE) che porterà alla realizzazione di ERM (Materiali di Riferimento Europei) di alta qualità, certificati e riconosciuti internazionalmente.

Nel 1983, a 10 anni dall'istituzione, il BCR disponeva di un centinaio di tipi di MR e ne vendeva circa 1500 pezzi in un anno, dopo un altro decennio si era passati a più di 300 tipi ed una vendita di diecimila pezzi, oggi ne sono disponibili circa 500 tipi con un incasso annuale di circa un milione di euro.

Evoluzione dei materiali di riferimento, dall'interesse industriale all'interesse sociale

Un esame del catalogo dei materiali di riferimento dei maggiori produttori permette di seguirne l'evoluzione non solo dal punto di vista della storia della scienza ma anche dei legami con la società.

Particolarmente utile da questo punto di vista è il catalogo del NIST; in esso i MR sono indicati con un numero, che è un numero d'ordine correlato con la data in cui il materiale venne messo in lavorazione, e con una lettera, la quale indica quante volte è stato rifatto un nuovo lotto del MR. Il primo materiale dell'elenco, un calcare argilloso certificato per la concentrazione di Al_2O_3, CaO, Fe_2O_3, MgO, MnO, P_2O_5, K_2O, SiO_2, Na_2O, SrO, TiO_2, ha la sigla 1c, e questo ci dice sia che si tratta del primo MR preparato, risalente quindi al 1906, sia che il lotto attualmente disponibile è il quarto.

Sono molti i materiali di riferimento così longevi da essere ancora presenti in

[5] http://www.lgc.co.uk/

[6] http://www.irmm.jrc.be/

catalogo a distanza di quasi un secolo, infatti sono tuttora disponibili le ghise del primo gruppo preparato su richiesta dei fonditori americani nello stesso anno 1906, denominate 4L, 5m, 6g, 7g e certificate per C (totale e grafitico), Mn, P, S, Si, Cu, Ni, Cr, V, Mo, Ti, As, N. Seguono molti altri materiali il cui ordine di comparsa dà un'idea della storia della metallurgia; a partire dal 1909 si incontrano successivamente: acciai al carbonio (8j, 11h-20g), acciai poco legati (30f, …), acciai inossidabili (73c, …), lega di zinco per fusione sotto pressione (94c), acciai altolegati (126c, …); poi, a partire dal secondo dopoguerra: leghe di titanio (173b, …), leghe per alte temperature (348a, …), leghe di zirconio (360b, …), rame non legato (393).

Altri MR ci suggeriscono lo sviluppo della chimica analitica strumentale, come l'apparire nel catalogo di saccarosio certificato per la purezza stechiometrica (17e), utilizzato per la polarimetria, mentre il n. 185g, ftalato di potassio acido certificato per il valore del pH a 25°C, richiama la diffusione di strumenti come i pHmetri. Una serie di MR polimerici, certificati per il peso molecolare, inizia con il n. 1473a e riflette lo sviluppo dell'industria delle materie plastiche.

A partire dal 1970 in poi fanno la loro comparsa, accanto ai materiali di riferimento di importanza industriale, quelli di interesse per la salute umana e per il settore ambientale. Ecco quindi composizioni del tutto nuove, come una miscela di farmaci antiepilettici (900), sieri umani certificati per il tenore di Ca, Cl, Li, Mg, K, Na, colesterolo, creatinina, trigliceridi, urea, acido urico (909b), sostanze pure di interesse clinico, come colesterolo, urea, creatinina, bilirubina, cortisolo (911b, …), sostanze tossiche o droghe nell'urina e nei capelli.

Accanto a questi MR di ambito clinico compaiono quelli di interesse ambientale, particolarmente nell'ultimo decennio del secolo ventesimo. Essi spaziano da pesticidi clorurati e PCB in solventi ad una vasta serie di MR certificati per molti elementi in tracce; le diverse matrici includono foglie di melo, foglie di pesco, di spinacio, di pomodoro, aghi di pino, latte in polvere (1549), tessuto di ostrica, farina, fegato bovino (1577b), acqua (1643d), particolato urbano (1648), suoli, sedimenti, … Ci sono poi amianti (1866a-1876b) e miscele gassose, per la maggior parte contenenti inquinanti atmosferici.

Si arriva infine a materiali di riferimento nel campo genomico, relativi a profili DNA (2390/1) ed al DNA mitocondriale (2392).

Considerazioni simili si possono fare per i materiali di riferimento del BCR, la cui storia ricopre però, come si è detto, soltanto un quarto di secolo. Anche in questo caso il più vecchio MR in catalogo (010) è legato alla metallurgia, essendo un minerale di stagno concentrato certificato per il contenuto di Sn. Ad esso si aggiunsero altri minerali e poi soprattutto metalli puri, come rame, molibdeno, titanio, alluminio, piombo.

Successivamente furono preparate molte sostanze organiche certificate per la purezza (benzo(b)crisene, …), e presto (a partire dal numero 038) comparvero MR di interesse ambientale, tra i quali molti e svariati materiali certificati per gli elementi in tracce (ceneri di emissioni, foglie di olivo, 062, foglie di faggio, aghi di

abete, suoli e sedimenti, fanghi di fognatura, residui di inceneritore, vegetali, tessuti animali, acqua di mare, plancton, capelli umani, 397).

A questi si affiancarono successivamente MR con matrice biologica, certificati per il tenore di pesticidi (mangime animale, 115, latte in polvere, grasso di maiale, 430) o di ormoni (orina bovina) e per specie organo-metalliche tossiche (mercurio totale e metilmercurio nel tonno, 463/4, arsenico totale, arsenobetaina e acido dimetilarsinico nel tonno, 626/7).

Anche tra i MR del BCR hanno fatto la loro comparsa materiali utili per la chimica clinica, tipicamente aventi come matrice il siero, certificati per il tenore in ormoni (dal cortisolo, 192, all'estradiolo, 578), elettroliti, metaboliti, proteine, enzimi.

Tra i materiali più recenti si trova poi una famiglia che manca, non sorprendentemente, tra i MR americani, quella cioè degli organismi geneticamente modificati, rappresentati da soia e mais, certificati per la percentuale GM (IRMM 410 e 413). In questo come in altri casi (esempio il MR a base di foglie di olivo) si può notare come la produzione di MR europei non rispecchi quella americana, ma si affianchi ad essa fornendo materiali di specifico interesse per i paesi europei; diverso è invece il discorso per le produzioni di paesi per i quali considerazioni economiche o politiche abbiano spinto a realizzare un'indipendenza rispetto alla produzione americana.

Linee di tendenza

Da un lato si tende ad un aumento delle richieste di MR per la crescente necessità dei laboratori analitici di fornire una dimostrazione della qualità dei loro dati, attraverso un accreditamento od in altre forme. Questo avviene sia perché si opera in un'economia globalizzata, sia per l'emergere di problemi che mettono in gioco il futuro, come quelli ambientali, sia per una maggiore consapevolezza dell'utenza che comporta una richiesta di riferibilità a campioni riconosciuti in nuovi campi, come la chimica clinica (per la quale è operante un'apposita direttiva europea)[7] e la genomica.

Dall'altro lato risultano sempre più evidenti i limiti economici alla moltiplicazione dei MR, ed il dibattito in corso negli organismi internazionali tocca quindi diversi punti quali: l'uso migliore possibile dei materiali disponibili, da quelli certificati a quelli preparati per uso interno; la possibilità di limitare il bisogno di MR utilizzando per le analisi metodi primari; la garanzia di qualità e la riferibilità degli stessi materiali di riferimento.

[7] *Attuazione della direttiva 98/79/CE relativa ai dispositivi medico-diagnostici in vitro*. Decreto Legislativo 8 settembre 2000, n. 332.

Riassunto – I materiali di riferimento sono stati utilizzati fin dall'inizio del XX secolo, sotto nomi diversi, principalmente per l'analisi di leghe complesse. Nei paesi industrializzati è in generale l'istituto metrologico nazionale, od un altro ente pubblico competente, ad essere preposto alla realizzazione di materiali di riferimento certificati; a questi enti si affiancano produttori privati e, nel caso dell'Unione Europea, un istituto del Centro Comune di Ricerca. Dopo un breve esame della situazione in alcuni paesi viene illustrata l'evoluzione dei materiali di riferimento prodotti da uno dei più importanti istituti metrologici (NIST, USA) e dall'istituto europeo (IRMM, UE): ai materiali di interesse industriale si affiancano successivamente materiali per l'analisi strumentale e, nella seconda metà del secolo, materiali utilizzati nella chimica clinica e nelle analisi ambientali, fino ad arrivare negli anni più recenti a materiali di riferimento per l'analisi del DNA e dei vegetali geneticamente modificati.

PAOLO MIRONE*

Mezzo secolo di orbitali nell'insegnamento della chimica**

Half a century of orbitals in teaching chemistry

Summary – At about the middle of the past century orbitals (i.e. the solutions of the Schroedinger equation for the hydrogen atom) began to be used in textbooks of general chemistry in order to describe electronic structures of atoms and explain molecular geometries. During the seventies, orbitals also appeared in chemistry textbooks for the Italian upper secondary schools, where their use became general at the end of the decade.

In the course of this vulgarization process, the quantum theoretical concept of orbital has undergone two different distortions: in most textbooks it has declined from the status of wave function to «region where it is most probable to find the electron» or similar expressions, and *orbital* is often viewed as a synonym of *charge cloud*. Moreover the formation of hybrid orbitals is described in many textbooks as if it were a physical phenomenon rather than a mathematical artifact.

An extreme case of distortion happened recently, when *Nature* announced the «direct observation» of a *d* orbital. It is very likely that this case has been the consequence of the distorted idea of orbital given by most textbooks of general chemistry.

Introduzione

Circa quarant'anni or sono gli orbitali atomici fecero il loro ingresso nei testi di chimica generale per l'università e poi, nel corso degli anni settanta, si diffusero nei testi di chimica per le scuole secondarie superiori: nel 1980 un'indagine su 19 libri di testo pubblicati fra il 1968 e il 1979 rivelò che soltanto uno non menzionava gli orbitali.[1]

* Università di Modena e Reggio Emilia, Dipartimento di Chimica.

** Relazione presentata al X Convegno Nazionale di «Storia e Fondamenti della Chimica» (Pavia, 22-25 ottobre 2003).

[1] P. MIRONE, *Che cos'è un orbitale?* «La Chimica nella Scuola», 1980, n. 2, p. 8.

Le ragioni di questa rapida fortuna sono da ricondurre alla convinzione, diffusasi fra i docenti di chimica, che gli orbitali fossero indispensabili per un insegnamento moderno della disciplina, in particolare per descrivere la struttura elettronica dell'atomo e per spiegare il legame covalente e la geometria molecolare. Ma quanto era fondata questa convinzione?

Per rispondere a questa domanda bisogna innanzitutto ricordare l'origine del termine *orbitale*. Esso è stato introdotto nel 1932 da Robert Mulliken come abbreviazione dell'espressione «funzione d'onda orbitale monoelettronica».[2] Questa espressione rivela che quello di *orbitale* è un concetto proprio della meccanica quantistica nella sua versione ondulatoria: la *funzione d'onda* è quella che si ottiene risolvendo l'equazione di Schroedinger per l'atomo di idrogeno, ed è *monoelettronica* in quanto dipende dalle coordinate spaziali di un unico elettrone; è detta *orbitale* perché descrive – ovviamente in termini quantistici – il moto dell'elettrone intorno al nucleo; infine l'uso del termine *funzione d'onda* è giustificato dal fatto che essa si comporta come l'ampiezza di un'onda, nel senso che come due onde propagantisi in un mezzo interferiscono per dare origine a un'onda la cui ampiezza è la risultante vettoriale delle ampiezze delle prime due, così due funzioni d'onda possono combinarsi generando una nuova funzione d'onda data dalla loro somma algebrica.

A parte il caso dei sistemi monoelettronici come l'atomo di idrogeno, per i quali l'equazione di Schroedinger può essere risolta esattamente, gli orbitali hanno sempre un carattere approssimato in quanto, essendo funzioni delle coordinate di un singolo elettrone, possono tenere conto solo parzialmente delle repulsioni elettrostatiche dovute agli altri elettroni dell'atomo.

Gli orbitali hanno il carattere di ampiezze d'onda, ma non si tratta di onde fisiche: infatti tali ampiezze sono rappresentate in generale da numeri complessi. Ciò che ha un significato fisico è il quadrato del modulo dell'ampiezza d'onda, che è sempre un numero reale e positivo ed è proporzionale alla probabilità di trovare l'elettrone nella posizione considerata.

Travisamento del concetto di orbitale nella didattica

L'introduzione degli orbitali nell'insegnamento della chimica di base a livello sia secondario che universitario ha costituito una singolare anomalia didattica: si è preteso di presentare un concetto tipicamente quantistico, e come tale controintuitivo, a studenti del primo anno di università o degli ultimi tre anni delle scuole secondarie, cioè privi di qualsiasi conoscenza, sia pure rudimentale, dei principi fondamentali della meccanica quantistica. Per avere un'idea dell'assurdità di tale operazione si può immaginare un docente di matematica che voglia insegnare le derivate senza aver prima spiegato il concetto matematico di limite. In queste con-

[2] R.S. MULLIKEN, *Electronic structures of polyatomic molecules and valence. II General considerations*, «Physical Review», 41, 1932, p. 49.

dizioni era inevitabile che il concetto di orbitale subisse delle distorsioni, non solo e non tanto nella sua comprensione da parte degli studenti, quanto per effetto dei tentativi degli insegnanti e degli autori dei libri di testo di renderlo in qualche modo accessibile.

Fra i 19 testi dell'indagine citata soltanto uno riconosceva il carattere matematico dell'orbitale, mentre tre lasciavano il concetto nel vago (pur presentandone le consuete rappresentazioni grafiche), due consideravano il termine *orbitale* come sinonimo di *orbita*, tre come sinonimo di *nube di carica* e infine nove, cioè la metà dei testi che nominavano l'orbitale, lo definiva, con un'espressione destinata a divenire popolare, come «la regione dello spazio in cui è grande la probabilità di trovare l'elettrone».[3]

Ma anche nei testi per l'università la natura dell'orbitale veniva e spesso viene tuttora lasciata nel vago oppure travisata. Ho esaminato 22 testi di chimica generale, di cui 7 di autori italiani, 14 di autori statunitensi e uno di autori canadesi (Tabella 1). Di questi soltanto 8 (fra cui 5 di autori italiani) presentano il concetto in maniera soddisfacente o almeno non fuorviante. Fra gli autori degli altri 14 testi alcuni si trovano evidentemente a disagio con gli orbitali e rinunciano a darne una definizione introducendo il termine quasi di soppiatto, come nei due esempi seguenti, tratti entrambi da testi americani:

> Gli elettroni che hanno gli stessi valori di n, l e m_l occupano lo stesso orbitale (Testo n. 12)
>
> Lo spazio intorno a ogni nucleo può essere descritto in termini di regioni dette orbitali (Testo n. 3)

Il secondo caso, molto più frequente, è quello degli autori che riducono l'orbitale alla descrizione della distribuzione spaziale della densità elettronica, cioè della probabilità di trovare l'elettrone in un dato punto, privando così gli orbitali dei loro attributi quantistici e riducendoli a semplici nuvole elettroniche. Gli esempi che seguono, tratti anch'essi da testi americani, rappresentano diverse varianti di questo modo di concepire gli orbitali:

> La descrizione completa della probabilità di trovare l'elettrone in vari punti dello spazio è detta orbitale (Testo n. 10)
>
> Gli orbitali s, p, d, f hanno forme e orientamenti che indicano dove e come gli elettroni sono più probabilmente distribuiti (Testo n. 1)
>
> Il termine orbitale è entrato nell'uso comune per designare un livello energetico associato a una particolare distribuzione di probabilità (Testo n. 21)
>
> Non possiamo chiamare orbite queste nuvole di probabilità elettronica; per mantenere il parallelismo con la teoria precedente [presumibilmente quella di Bohr-Sommerfeld], esse sono chiamate orbitali (Testo n. 6)

[3] P. MIRONE, *Che cos'è un orbitale?* cit.

Tabella 1 – *Testi esaminati* (tra parentesi l'anno di edizione).

1. Brady e Holum, Fondamenti di chimica (1985)
2. Brown e Le May, Chimica: centralità di una scienza (1986)
3. Campbell, Chemical systems (1970)
4. Chiorboli, Fondamenti di chimica (1975)
5. Corradini, Chimica generale (1973)
6. Dickerson e Geis, Chimica, materia e universo (1980)
7. Dickerson, Gray, Haight, (1984)
8. Gillespie, Humphreys, Baird, Robinson, Chimica (1988)
9. Kotz e Purcell, Chimica (1994)
10. Mahan, Chimica generale e inorganica (1971)
11. Malatesta, Chimica generale (1963)
12. Masterston e Slowinski, Principi di chimica (1972)
13. Mortimer, Introduzione alla chimica (1971)
14. Nardelli, Chimica generale (1970)
15. Oxtoby, Nachtrieb, Freeman, Chimica (1997)
16. Petrucci e Harwood, Chimica generale (1995)
17. Pimentel e Spratley, Chimica generale (1977)
18. Sabatini, Chimica generale (1996)
19. Sacco, Fondamenti di chimica (1996)
20. Silvestroni, Fondamenti di chimica (1996)
21. Sienko e Plane, Chimica (1977)
22. Zumdahl, Chimica (1993)

La confusione fra orbitali e nuvole elettroniche insita in queste definizioni nasconde il carattere fondamentale dell'orbitale, cioè quello di rappresentare non una probabilità ma *una ampiezza d'onda*, legata alla probabilità da una relazione quadratica. Questa confusione porta alla conseguenza paradossale di spiegare la formazione del legame covalente come effetto della compenetrazione fra due nuvole di carica negativa che invece dovrebbero respingersi (in realtà per la formazione del legame covalente è necessario che due orbitali interferiscano costruttivamente, cioè le loro ampiezze si sommino così che il passaggio dall'ampiezza alla probabilità mediante l'elevazione al quadrato crei al centro del legame una concentrazione di carica negativa che compensi la repulsione fra i due nuclei).

Un altro aspetto degli orbitali che ha generato ulteriore confusione è l'ibridazione (o ibridizzazione che dir si voglia). Molti testi si limitano a descriverla vagamente come un mescolamento o combinazione fra orbitali, ma alcuni ne parlano come se si trattasse di un vero e proprio fenomeno fisico, come mostrano i seguenti esempi tratti da due testi universitari americani:

> Mescolando gli orbitali atomici originari si possono formare orbitali speciali con un processo chiamato ibridizzazione... l'atomo di carbonio subisce una ibridizzazione sp^3… gli orbitali atomici del carbonio sono trasformati in modo da poter accettare la migliore sistemazione degli elettroni (Testo n. 22)
>
> Pauling suggerì che l'avvicinamento di atomi H a un atomo di C isolato provoca un riarrangiamento dei quattro orbitali s e p del carbonio. Cioè, gli orbitali dell'atomo di C si ibridizzano (Testo n. 9)

Se è vero ciò che affermano gli autori del secondo testo, il primo a travisare la natura dell'ibridizzazione sarebbe stato Linus Pauling, cioè uno dei padri fondatori della chimica quantistica. Pauling stesso sembra confermare questa interpretazione con una frase che si legge nel suo classico libro sulla natura del legame chimico:

> Ci aspettiamo che questa ibridazione abbia luogo (*take place*) affinché l'energia del legame possa essere massima.[4]

Invece, come ha spiegato Coulson,[5] «non è lecito credere che l'ibridazione rappresenti un "fenomeno" reale, non più di quanto la risonanza fra differenti strutture, come la covalente e la ionica di un legame polare, può essere chiamata un "fenomeno"». In realtà essa consiste in un semplice artificio matematico (combinazione lineare di due o più funzioni orbitali) che, sempre con le parole di Coulson, «è la maniera più efficace di salvare il concetto di legame localizzato con perfetto appaiamento di orbitali sui due atomi del legame».

Ovviamente anche il travisamento dell'ibridazione è una conseguenza dell'aver ignorato le proprietà ondulatorie degli orbitali. A questo punto è lecito chiedersi per quali ragioni Pauling abbia voluto contribuire con il suo grandissimo prestigio al consolidamento di questa concezione erronea dell'ibridazione parlandone come se si trattasse di un fenomeno reale (così come, d'altra parte, parlando del «*fenomeno della risonanza*», ha favorito un'interpretazione di questa che ha indotto molti chimici ad attribuire una realtà fisica alle strutture limiti).

Infine un punto sul quale nessuno dei testi di chimica generale di mia conoscenza – neppure fra quelli che definiscono correttamente il concetto – si pronuncia in maniera esplicita è quello della non osservabilità degli orbitali. Se si tiene presente la loro natura immateriale di ampiezze d'onda, non dovrebbero sussistere dubbi sull'impossibilità di osservarli. Ma per chi accetta la vulgata diffusa dalla maggior parte dei testi di chimica generale, secondo la quale gli orbitali non sono altro che nubi elettroniche, la possibilità di osservarli mediante qualcuna delle tecniche sperimentali oggi disponibili non può essere esclusa a priori.

[4] L. PAULING, *The Nature of the Chemical Bond* (1939), Ithaca, Cornell University Press, Ithaca, 1948, p. 82.

[5] C.A. COULSON, *Valence,* Oxford, Oxford University Press, 1961, p. 233.

«Orbitals observed»

Questo «strillo» in grandi caratteri compariva sulla copertina del numero di *Nature* del 2 settembre 1999 in cui era pubblicato un articolo intitolato *Direct observation of d-orbital holes and Cu-Cu bonding in* Cu_2O.[6] L'articolo riferiva i risultati di uno studio, mediante diffrazione elettronica e di raggi X, della distribuzione degli elettroni nella cella elementare della cuprite (Cu_2O). Gli autori presentavano i loro risultati sotto forma di una mappa in falsi colori ottenuta sottraendo dalla densità elettronica osservata sperimentalmente quella calcolata teoricamente per l'ipotetico cristallo di cuprite costituito da ioni Cu^+ e O^{2-} perfettamente sferici. La mappa mostrava in corrispondenza delle posizioni degli atomi di rame delle differenze negative che davano luogo a figure abbastanza somiglianti alla forma dell'orbitale d_z^2 comunemente rappresentata nei libri di testo.

Gli autori commentavano così questo risultato:

> La corrispondenza fra la nostra mappa sperimentale e i classici diagrammi degli orbitali d_z^2 riportati nei libri di testo è sorprendente. Tutte le nostre mappe mostrano forti distribuzioni di carica non sferiche intorno agli atomi di rame, con la caratteristica forma degli orbitali *d*.[7]

Qui la distinzione tra i concetti di orbitale e di nuvola (o distribuzione) di carica è sufficientemente chiara e non si parla di osservazione di orbitali. Naturalmente le nuvole di carica possono assumere le forme più varie e non c'è nessuna legge che vieti loro di assumere in casi particolari una forma più o meno somigliante a quella di un orbitale. Ma questo non autorizza a confondere i due concetti e a parlare di osservazione diretta della forma di un orbitale. Viceversa proprio questo avviene nel commento editoriale, intitolato non molto propriamente *Electrons seen in orbit*,[8] che si apre con le parole: «La classica forma degli orbitali elettronici è stata ora osservata direttamente» e nel seguito afferma:

> Per la prima volta la peculiare forma degli orbitali elettronici viene rivelata sperimentalmente. L'articolo di Zuo et al. è degno di nota perché la qualità delle loro mappe di densità di carica permette di riprendere per la prima volta un'immagine sperimentale diretta della complessa forma dell'orbitale d_z^2.[9]

Da queste espressioni risulta chiaramente che per l'editorialista di *Nature* non esiste alcuna differenza fra orbitali e nuvole di carica elettronica, così come, in maniera più o meno esplicita, la maggior parte dei testi di chimica generale induce a pensare.

La notizia della «osservazione sperimentale diretta» della forma degli orbitali ebbe un'ampia risonanza sulla stampa divulgativa. Il bollettino dell'American Che-

[6] J.M. Zuo, M. Kim, M. O'Keeffe, J.C.H. Spence, *Direct observation …*, «Nature», 401, 1999, p. 49.

[7] *Ivi*, p. 51.

[8] C.J. Humphreys, *Electrons seen in orbit*, «Nature», 401, 1999, p. 21.

[9] *Ivi*, p. 21.

mical Society, «Chemistry and Engineering News», annunciò nel numero del 6 settembre 1999 (cioè appena 4 giorni dopo la pubblicazione dell'articolo di Zuo et alii.) che «l'elegante orbitale *d* della chimica del primo anno… era appena stato osservato dagli scienziati dell'Università dell'Arizona» e spiegò che «questo studio conferisce un carattere fisico realistico a una quantità peraltro (otherwise) matematica».[10] Poche settimane dopo lo stesso bollettino definiva le «reali immagini (actual pictures) di un orbitale *d*… un altro bell'esempio di esperimento che conferma la teoria», collocandolo fra i cinque principali risultati della chimica nel 1999.[11]

In Italia *Le Scienze* pubblicò nella rubrica *Scienza e Società* la mappa a colori dell'articolo originale, con un commento intitolato *Orbitali molecolari con vista* che dapprima informava che «le nubi elettroniche non solo esistono ma, sorprendentemente, si possono anche osservare» (affermazione ineccepibile a parte la sorpresa) e poche righe sotto aggiungeva: «Come si osserva (*sic*) nell'immagine a fianco, i nuclei di rame» (che non sono mostrati) «sono situati al centro degli orbitali elettronici ombreggiati in rosso e in blu».[12] Poiché la didascalia della figura si apre con le parole: «Una delle straordinarie fotografie delle nubi elettroniche nella cuprite», la confusione fra i concetti di orbitale e di nube elettronica si risolve anche qui in una completa identificazione.

La Chimica nella Scuola cercò di ristabilire la verità con un breve commento, intitolato *Orbitali con svista*, in cui si sosteneva che «a un singolo orbitale non si può far corrispondere alcun ente fisicamente osservabile. L'unico ente suscettibile di osservazione diretta è la nuvola elettronica formata da tutti gli elettroni di un atomo (isolato) o di una molecola o… della cella elementare di un cristallo».[13]

Qualche mese più tardi apparve sul «Journal of Chemical Education» un articolo di Eric Scerri,[14] che ribadiva la natura di costrutti matematici degli orbitali e contestava la confusione (conflation) fra i termini *orbitale e densità elettronica* fatta dalla redazione di *Nature*. La seguente citazione riassume efficacemente la tesi centrale dell'articolo di Scerri:

> Secondo la teoria attualmente accettata, gli orbitali atomici servono unicamente come set di base – cioè come tipi di sistemi di coordinate che possono essere usati per sviluppare matematicamente la funzione d'onda di un sistema fisico. Proprio come il sistema di coordinate x,y,z usato per descrivere un particolare esperimento di fisica classica non è osservabile, così anche gli orbitali atomici sono completamente inosservabili, anche in linea di principio.[15]

[10] M. Jacoby, *Picture-perfect orbitals*, «Chemical Engineering News», 77, 1999, n. 36, p. 8.

[11] P. Zurer, *Chemistry's top five achievements in 1999?*, «Chemical Engineering News», 77, 1999, p. 48.

[12] M. Cattaneo, *Orbitali molecolari con vista*, «Le Scienze», 374, 1999, p. 18.

[13] P. Mirone, *Orbitali con svista*, «La Chimica nella Scuola», 22, 2000.

[14] E.R. Scerri, *Have orbitals really been observed?*, «Journal of Chemical Education», 77, 2000, p. 1492.

[15] *Ivi*, p. 1493.

Quasi contemporaneamente allo scritto di Scerri appariva un importante articolo di Wang e Schwarz,[16] che fra l'altro mostrava come la non osservabilità degli orbitali sia conciliabile con l'osservazione di distribuzioni di carica che ne simulano più o meno fedelmente le forme come nel caso dello studio di Zuo *et al*. Vale la pena di riportare una parte delle loro conclusioni:

> Nella letteratura si trovano molti casi, specialmente fra i composti dei metalli di transizione, in cui una differenza opportunamente definita di densità elettroniche è dominata in alcune regioni dalla differenza fra le densità di due orbitali atomici, o anche dalla densità di un singolo orbitale, purché anche le densità orbitaliche siano scelte opportunamente.[17]

In chiusura del suo articolo Scerri scriveva:

> Come avviene spesso nella ricerca scientifica, in certi ambienti il fascino del realismo sembra essere irresistibile, e forse è questa la ragione per cui le notizie [sulla osservazione di un orbitale] non sono state seriamente contestate – o per lo meno non sono state sollevate obiezioni con lettere ai direttori dei giornali che le avevano riportate.[18]

Ma aggiungeva in una nota:

> Questo non è avvenuto per mancanza di tentativi. Alle mie lettere a tali direttori, così come a quelle di altri, è stata sempre negata la pubblicazione.

In questo modo si è persa un'occasione per fare chiarezza su alcuni concetti importanti e per dissipare un equivoco che perdura da quasi cinquant'anni. Intanto, forse non casualmente, su due riviste di indiscusso prestigio scientifico come «Science» e «Chemical Physics Letters» apparivano due articoli che già nei titoli annunciavano l'osservazione di funzioni d'onda e di orbitali molecolari.[19]

Riassunto – Verso la metà del secolo scorso gli orbitali (cioè le soluzioni dell'equazione di Schroedinger per l'atomo di idrogeno) cominciarono ad essere usati nei testi universitari di chimica generale per descrivere la struttura elettronica degli atomi e per spiegare le geo-

[16] SHU-GUANG WANG, W.H. EUGEN SCHWARZ, *On closed shell interactions, polar covalences, d shell holes, and direct images of orbitals: the case of cuprite*, «Angew. Chem. Int. Ed.», 39, 2000, p. 1757.

[17] *Ivi*, p. 1761.

[18] E.R. SCERRI, *Have orbitals really been observed?* cit., p. 1494.

[19] L.C. VENEMA, J.W.G. WILDOER, J.W. JANSSEN, S.J. TANS, H.L.J. TEMMINCK TUINSTRA, L.P. KOUWENHOVEN, C. DEKKER, *Imaging electron wave functions of quantized energy levels in carbon nanotubes*, «Science», 283, 1999, p. 52; J.I. PASCUAL, J. GÒMEZ-HERRERO, C. ROGERO, A.M. BARÒ, D. SÀNCHEZ-PORTAL, E. ARTACHO, P. ORDEJÒN, J.M. SOLER, *Seeing molecular orbitals*, «Chemical Physics Letters», 321, 2000, p. 78.

metrie molecolari. Nel giro di pochi anni essi fecero la loro comparsa anche nei testi di chimica per le scuole secondarie superiori, dove alla fine degli anni settanta il loro uso era ormai generalizzato.

In questo processo di volgarizzazione il concetto essenzialmente quantistico di orbitale ha subito due diversi travisamenti: da funzione matematica avente le proprietà di un'ampiezza d'onda esso è scaduto nella maggioranza dei testi a «regione di spazio dove è più probabile trovare l'elettrone» e molto spesso è stato considerato come sinonimo di nuvola elettronica; inoltre la formazione di orbitali ibridi è stata descritta in molti testi come se fosse un fenomeno fisico, mentre si tratta semplicemente di un artificio matematico.

Un caso estremo di travisamento si è verificato di recente, quando *Nature* ha annunciato la «osservazione diretta» di un orbitale *d*. È probabile che questo caso sia stato la conseguenza dell'idea distorta di orbitale fornita dalla maggior parte dei testi di chimica generale.

SERGIO PALAZZI*

L'involuzione (si) fa testo. Un esame dei manuali di chimica lungo il '900**

Involution becomes text. A survey of chemistry manuals through the 1900s

Summary – The author starts from a comparison between the way he approached chemistry during his boyhood, and the experiences of Oliver Sacks, who trained himself on books by the great chemists of the 19th century. By comparing introductory chemistry textbooks ranging over two centuries, with respect to their aesthetics, their content, their didactical aims, he reaches the opinion that most of recent textbooks are by far less intriguing, and often even not so updated, as textbooks on which chemists of the 20th century were educated.

Premessa: *Il libro è ancora fonte di gioia?*

Questa domanda chiaramente provocatoria mi ha guidato nel presente studio, che ha una forte connotazione individuale essendo strettamente legato alle sensazioni ed alle emozioni che un possibile lettore ha nel consultare dei manuali introduttivi di chimica; da questo tono soggettivo deriva anche la scelta di scrivere in prima persona. Dato che faccio un frequente riferimento a dati cronologici, non è superfluo precisare che sono nato nel 1960.

Leggendo «Zio Tungsteno» di Sacks,[1] una delle cose che colpiscono immediatamente è che un ragazzino della Londra del dopoguerra – certo facilitato dal suo strepitoso contesto familiare e peraltro «introverso e per certi aspetti disturbato» – poteva appassionarsi leggendo libri di chimica del secolo precedente. Essi possedevano varietà, personalità e leggibilità: per lui, erano fonte di gioia. Le vite di Scheele o Davy erano avventure da rivivere

* Istituto di Istruzione Superiore «Jean Monnet», Mariano Comense (CO).

** Relazione presentata al X Convegno Nazionale di «Storia e Fondamenti della Chimica» (Pavia, 22-25 ottobre 2003).

[1] OLIVER SACKS, *Zio Tungsteno. Ricordi di un'infanzia chimica* (2001), Milano, Adelphi, 2002.

L'esperienza epifanica ed autodidattica del giovane Oliver era ancora possibile, su scala ridotta, per un bambino di trent'anni fa. Leggendo quel libro mi è tornato alla mente il gusto con cui, verso i dieci anni, cercavo ispirazioni e motivazioni nei vecchi libri di scuola che papà teneva in solaio. Anche qui non è superfluo notare che Franco Palazzi, nato nel 1935, era praticamente coetaneo di Sacks e come lui, sia pure in un contesto diversissimo, aveva subito le conseguenze della guerra; tra queste, una minore è che i libri fossero realizzati con una relativa povertà di mezzi e su carta che reggeva assai male l'invecchiamento, ingiallendosi ed infragilendosi, a differenza dell'anodino biancore dell'attuale carta patinata.

Un libro che mi attirava particolarmente era quello che papà aveva usato durante l'avviamento professionale,[2] scritto con un linguaggio chiaro e diretto, corredato da frequenti e pertinenti incisioni di gusto ottocentesco. Esso dedicava alla chimica uno spazio assai breve, limitandosi ad elencare alcuni concetti elementari con uno stile abbastanza datato, facendo però abbondanti riferimenti alla chimica che lo studente avrebbe potuto incontrare ogni giorno. Nei miei contatti con gli studenti, sia delle scuole superiori sia universitari, mi viene spesso da pensare che un liceale di oggi, al termine del suo percorso scolastico, conserva spesso un bagaglio di cognizioni e informazioni chimiche non superiore a quello contenuto nei fogli ingialliti di quel libro introduttivo, e spesso il suo livello di comprensione critica non è più aggiornato rispetto al 1946.

Da qui deriva la seguente trattazione, che cerca tra l'altro di scoprire come l'emozione ed il gusto per lo studio siano così difficilmente trasmessi da un libro di testo degli ultimi decenni, quasi sempre incapace di generare quel tipo di impressioni che hanno portato tanti al desiderio di approfondire la chimica partendo dalle pagine scritte: dall'autodidatta Faraday all'onnivoro Sacks, e ultimo tra molti io stesso.

Mentre preparavo il materiale per la presentazione orale, ho partecipato al convegno «Scienza ed informazione» (Centro Volta, Como), durante il quale ho sentito un divulgatore come Carlo Bernardini dire testualmente: «I libri di fisica delle scuole superiori sono noiosissimi, e uguali a cinquant'anni fa». Poiché la tesi che propongo nel titolo è che quelli di chimica, di cui può disporre lo studente di oggi (italiano, ma non solo), siano in genere persino *più* noiosi, *meno* efficaci e *meno* pertinenti riguardo a quelli su cui si sono formati i chimici del XX secolo, desidero discutere i seguenti assunti:

1. La grafica: più bella o più pretenziosa?
2. Il «programma» diventa il messaggio.
3. Si è persa la materialità.
4. Si è persa la dimensione del progresso.
5. L'ambiente e la cattiva co(no)scienza.
6. Il saggio di Arrhenius funziona.

[2] Eugenio Baroni, Giovanni Nesi, *Elementi di scienze - Fisica, Chimica, Mineralogia*, Bologna, Cappelli, 1946.

1. *La grafica: più bella o più pretenziosa?*

Può sembrare azzardato iniziare a valutare un libro dal suo aspetto grafico, e tuttavia l'estetica di un testo è funzionale alla sua efficacia didattica e comunicativa.[3] Le rappresentazioni grafiche, le illustrazioni, gli schemi sono parte integrante del modo con cui il chimico vede il mondo, della sua estetica e delle sue convinzioni.

I primi testi di chimica, non di rado, erano completamente sprovvisti di illustrazioni; l'importanza che ha la comunicazione visiva, ad ogni livello della trasmissione delle idee nella chimica ha però reso quasi indispensabile l'inserimento di elementi grafici. Quando inserire un disegno in un testo richiedeva la paziente e costosa mano dell'incisore e del compositore, le immagini erano suggestive, evocative, e raramente a sproposito, anche se non era infrequente che i cliché delle illustrazioni fossero usati successivamente per altre opere, uso che è perdurato fino a tempi recenti. L'evoluzione delle tecniche di stampa ha comportato successive modifiche, non sempre in meglio.

Tra i circa ottanta testi esaminati o consultati per il seguente lavoro, uno è della fine del XVIII secolo, circa una dozzina risalgono al XIX secolo e circa il doppio vanno dall'inizio del 1900 alla fine degli anni '50. In questo periodo la grafica si è progressivamente spostata dalle incisioni tipografiche tradizionali, a riproduzioni delle stesse con tecniche litografiche, fino all'avvento della fotocomposizione automatica. Verso la metà del secolo scorso erano relativamente diffusi testi che riproducevano anastaticamente il manoscritto dell'autore, il che consentiva una grande libertà nell'inserimento sia di testo sia di grafica, in forme che era difficile da rendere, economicamente e con la stessa efficacia, mediante l'uso della composizione in piombo: per il lettore attuale un'opera del genere può comportare qualche difficoltà nella lettura, ma assicura una immediatezza del tutto peculiare. Si può avere la sensazione di partecipare alla lezione orale originale.

L'avvento della composizione elettronica ha generato libri in cui l'apparato iconico è soverchiante, e quanto più ciò accade, tanto più le immagini risultano sterili, superflue e «fuori testo» nel momento stesso in cui circondano, avvolgono, compenetrano le parole. La transizione è stata abbastanza rapida. I libri degli anni '60 e '70 sostanzialmente riprendevano, in forma arricchita, l'impaginazione delle opere tradizionali, con una grafica asciutta e non soverchiante – comune l'uso della dicromia e delle tavole a colori fuori testo, analogamente alle oleografie presenti già all'inizio del secolo.[4] Poi i fotocolor, spesso ricavati da materiale d'archivio della casa editrice, si sono moltiplicati, abbinandosi visivamente ai riquadri di note, approfondimenti, esercizi (i cosiddetti «box»). Se da un lato alcuni autori segui-

[3] Cfr. PIERRE LASZLO, *Foundations of Chemical Aesthetics*, «Hyle», 9.1, www.hyle.org, 2003, pp. 11-33.

[4] ANTONIO CAMILLI, MARIO VALERI, *Chimica generale ed inorganica secondo il metodo della ricerca scientifica*, Torino, Paravia, II ed., 1968.

rono la strada, all'epoca quasi rivoluzionaria, di usare il fumetto – insuperato un testo in cui i disegni erano affidati alle matite di Jacovitti! – il mercato editoriale e spesso gli stessi insegnanti sembravano, e curiosamente sembrano ancora oggi, restii a queste forme di illustrazione, nella perdurante convinzione che la seriosità dell'opera ne sia sminuita. Al punto di eliminarle in occasione di nuove edizioni.

Alcune opere esaminate, degli anni '90, risultano di una terribile pesantezza, con una congerie di stili, corpi, colori, fotografie, tale da rendere faticosa la mera identificazione della parte testuale principale. L'uso degli ampi margini bianchi poteva forse essere giustificato, nelle intenzioni iniziali, dalla possibilità, per lo studente, di annotare personalmente le pagine, ma tali margini sono spesso riempiti da ulteriori riquadri, in cui il redattore surroga con brevi sunti schematici ciò che lo studente avrebbe il diritto ed il dovere di riassumere autonomamente: in un certo senso, il Bignami incluso nel libro di testo.

Il capolavoro negativo di questa tendenza, all'interno del campione considerato, è un'opera edita nel 2000 in cui i margini, che coprono circa un quarto della pagina, sono colorati di un intenso azzurro, cui per di più si sommano riquadri testuali in nero che rendono quasi illeggibili proprio quei brevi estratti che si vorrebbero evidenziare.

Nel caso di adattamenti al mercato nazionale di opere estere, anche senza il raffronto con l'originale è palese che tale sovraccarico dell'impaginazione dipende da scelte dell'editoria italiana, dato che molti fotocolor ridondanti risultano, all'occhio appena esercitato, chiaramente distinguibili dalle illustrazioni originali. Va apprezzato almeno un caso in controtendenza.

È difficile dire se il modello visivo cui queste impaginazioni si riferiscono sia quello dei rotocalchi giovanilistici o piuttosto i depliant delle agenzie di viaggio; fortunatamente, talune opere recentissime cercano di riacquistare un aspetto più decoroso, in cui l'illustrazione sia veramente tale e non una semplice glorificazione degli archivi redazionali.

2. *Il «programma» diventa il messaggio*

Se ha preso piede una tendenza così deleteria ai fini della comunicazione dei contenuti, non è illegittimo credere che ciò dipenda anche da una progressiva sfiducia nella capacità di un testo di superare la concorrenza grazie alla validità ed all'originalità dei suoi contenuti, della propria proposta didattica. È purtroppo un dato di fatto che, al netto della grafica e del marketing, le opere più recenti risultano spesso quasi indistinguibili le une dalle altre.

L'elenco e persino la sequenza degli argomenti esposti, negli ultimi decenni, vanno progressivamente irrigidendosi: gli indici tendono a sembrare fotocopiati da testo a testo, come se l'evoluzione della chimica non abbia saputo suggerire alcuna innovazione nel modo di accostarsi alla materia. La didattica orale del docente che adotta il libro, verrebbe da credere, si irrigidisce nella ripetizione di schemi obbli-

gati, litanici, paradossalmente assai più nozionistici – nella loro immobilità – rispetto alle elencazioni di dati, fatti, valori, che inevitabilmente caratterizzavano le opere del periodo di transizione tra la chimica «descrittiva» dell'Ottocento e quella ampiamente basata su modelli chimico-fisici della seconda metà del XX secolo.

La consequenzialità della trattazione – della narrazione – si perde quando prevale la logica «modulare», che destruttura la scienza a somma di «abilità», come se un corso a carattere introduttivo, intrinsecamente destinato a far capire la bellezza e l'importanza della cultura scientifica, possa ridursi alla trasmissione di conoscenze a pacchetti chiusi, perdipiù senza un chiaro nesso di propedeuticità.

In un celebre saggio,[5] con cui il presente intervento ha una certa affinità, Stephan Jay Gould segnalava come spesso i manuali non fanno che riprendere sterilmente esempi anche errati, semplicemente perché l'autore ripete senza verifica le parole che gli sono state insegnate. Vorrei approfondire in un ulteriore studio che peso abbiano questi argomenti nel nostro caso. Tuttavia credo che, nel contesto italiano, la causa prevalente sia l'ossequio a programmi ministeriali stereotipati, senza convinzione del valore intrinseco di ciò che si espone: forse perché tali sono il vissuto e la pratica didattica di molti tra i docenti destinatari dei libri, senza trascurare le pressioni omologatrici degli editori.

Negli anni antecedenti la prima guerra mondiale, al tempo della revisione dei programmi ministeriali per gli istituti tecnici e per i corsi universitari introduttivi (quando già si avvertiva il rischio di una loro staticità), taluni autori proponevano deliberatamente al docente di non seguire alla lettera il loro manuale, variando invece la scansione e la logica in funzione delle specifiche esigenze didattiche. Leggiamo così paragrafi come il seguente:

> La distribuzione della materia è fatta conformemente a quella determinata dal programma Ministeriale per i singoli anni di corso. Ma non è da escludersi, anzi è da prevedersi, che altre ragioni, sia di opportunità didattica che di esperienza relativa alla durata dei corsi medesimi, consiglino in seguito lo spostamento di qualche capitolo.

Dopo tale invito alla libertà di pensiero, poco oltre l'autore prosegue:

> Nella esposizione della parte generale, poi, e specialmente di talune teorie, ho preferito all'ordine rigorosamente sistematico uno svolgimento a gradi, procedendo, fin che mi è stato possibile, dalle cose più semplici ed ovvie e prendendo occasione da queste per chiarire di tanto in tanto i concetti fondamentali della scienza. Ciò mi è stato consigliato a criteri piuttosto didattici, da cui principalmente mi son lasciato guidare, atteso lo scopo del libro e la natura della scolaresca alla quale esso è destinato.[6]

[5] Stephen Jay Gould, *Il caso del clone di fox-terrier strisciante*, in *Bravo Brontosauro. Riflessioni di storia naturale* (1991), Milano, Feltrinelli, 1992.

[6] Oreste Forte, *Elementi di chimica per gli istituti tecnico-industriali*, vol. 1, Napoli, 1914, prefazione.

Si può confrontare questa intenzione con il tipico incipit dei manuali attuali. Dopo un primo capitolo generale sulle proprietà della materia aggregata, molto legato al quotidiano, e solitamente un secondo dedicato all'obbligatoria venerazione del Sistema Internazionale (abiurato però subito dopo, col ritorno alle solite calorie, atmosfere ecc.), si passa alla struttura atomica. Con una carrellata che in poche pagine porta all'atomo quantomeccanico ed all'uso delle funzioni orbitaliche, si intendono «spiegare» tali argomenti, gravosi per un esperto, a ragazzi che, perlopiù, non hanno ancora acquisito dai corsi di Fisica neppure i rudimenti della cinematica del punto materiale. Gli esiti di tale impostazione sono stati segnalati da vari autori, e in particolare da molti interventi del prof. Paolo Mirone.

Certo è che lo sforzo del libro di testo di coniugare rigore e fantasia nella introduzione alla chimica, ancora vivo alla fine degli anni '60, è oggi piuttosto raro.

3. *Si è persa la materialità*

Se la chimica è la scienza della materia, la contemplazione di ogni singolo fenomeno sensibile dovrebbe essere essenziale prima ed al di là di ogni spiegazione. Un autore, che scriva per risvegliare l'interesse del lettore verso la chimica, potrebbe sedurlo con il desiderio di apprendere e comprendere quante più cose stiano tra cielo e terra che nei libri dei filosofi, e partendo proprio dall'esperienza per poi motivarne l'interpretazione. L'idea era già chiara un secolo fa:

> Ho curato, come nelle precedenti edizioni, che ogni legge esposta apparisca come logica conseguenza delle esperienze precedentemente descritte, persuaso profondamente che l'esporre le leggi generali della chimica e della fisico-chimica a chi di queste scienze non ha ancora alcuna nozione, sia l'errore didattico più grave che si possa commettere nell'insegnamento delle scienze esperimentali.[7]

Analogamente, in un volume divulgativo del 1920[8] si riteneva logico che il grande pubblico fosse interessato ai diagrammi ferro-carbonio, ai fenomeni osmotici, alla corrosione. Lo studente di oggi viene invece accolto da compilazioni sull'aufbau di atomi idrogenoidi, e da derivazioni dalla tavola periodica che precedono qualsiasi descrizione di quelle proprietà macroscopiche da cui nascono analogie e differenze di comportamento chimico. Salvo rientrare, poco dopo, nella più frusta ripetizione di schemi i cui limiti sono noti da decenni.[9]

Di fronte ad una pretesa induttività, dove nel proporre esercizi banali ed a soluzione automatica si chiede però allo studente di «pensare come uno scien-

[7] QUIRINO SESTINI, prefazione, in F. SESTINI e A. FUNARO, *Corso di chimica ad uso delle scuole superiori*, XI ed., Livorno, Giunti, 1914.

[8] ARGEO ANGIOLANI, *La chimica moderna (teorie fondamentali)*, Milano, Sonzogno, «Biblioteca di scienze per tutti», 1920.

[9] PIERLUIGI RIANI, *Sulla correttezza di alcuni libri di testo di chimica per la scuola secondaria superiore*, «CnS - La chimica nella scuola», n. 3, 1997, pp. 83-86.

ziato», la componente sperimentale diventa sempre più accessoria, didascalica; grafici e tabelle di dati assumono il ruolo di illustrazioni da osservare, non da leggere («incolla come immagine»). L'aspetto nozionistico si sposta dalla constatazione del reale, dove potrebbe essere utile, all'acquisizione di formule interpretative acritiche.

4. *Si è persa la dimensione del progresso*

È deprimente pensare a quanto sarebbe opportuno che l'allievo si renda conto di essere oggi «circondato dalla chimica» da capo a piedi, di quanto la chimica abbia trasformato stili e possibilità di vita e di quanto possa ancora farlo. Tanto più che dalle conseguenze di una corretta preparazione possono derivare scelte politiche o sociali. Nella cristallizzazione degli argomenti e degli schemi si arriva invece alla perdita di contatto con l'attualità, intesa sia come contesto quotidiano realmente vissuto dallo studente, sia come attenzione per l'evoluzione delle idee. Concetti e ragionamenti non vengono revisionati ed aggiornati, ma crescono per obliterazione e superfetazione fino a trasformarsi in una massa indistinta, dove perdono senso le categorie di vero e di falso, di vecchio e di nuovo.

La chimica non è più vissuta come una continua avventura umana. Le cronologie delle scoperte sono uguali a quelle riscontrabili nelle opere della prima metà del '900, e raramente vanno oltre le teorie sulla struttura atomica: che pure non sono «chimiche» più di quanto siano «fisiche», e quindi non danno un chiaro senso della specificità della nostra disciplina. Ma, almeno, nei libri di mezzo secolo fa esse erano rivoluzionarie esperienze delle due generazioni precedenti. Oggi sono tracce archeologiche.

La curiosità per il progresso, anche nelle sue forme tecniche ed imprenditoriali, e per le sfide esistenziali che potrebbero derivarne per il discente, si è smarrita poco tempo dopo Natta. Le scoperte dell'ultimo cinquantennio sono oggi riportate, in genere, come aneddotica (sola ricorrente eccezione: gli acidi nucleici e la genetica, cioè l'unico ambito di cui lo studente ha già notizie per altre vie); il fullerene rientra negli esempi un po' per il nome curioso, un po' per la forma familiare. Certo, allargare i contenuti costringerebbe il docente a riflettere su tutta l'articolazione del suo programma, su quali siano oggi le prospettive della chimica e su come essa possa essere insegnata; però, fa impressione leggere già in un testo del 1943[10] (oltretutto di impianto decisamente tradizionale) l'invito ad approfondire i fenomeni di interfase, di adsorbimento, di ripartizione (su cui si basa buona parte della tecnologia di oggi e di domani), quando in opere attuali tali argomenti sono soltanto accennati – ammesso che ci siano.

[10] UMBERTO SBORGI, *Corso di chimica - Chimica generale*, III ed., Milano, L'Editrice Scientifica, 1943 p. 226 e segg.

5. *L'ambiente e la cattiva co(no)scienza*

C'è tuttavia un'area, nella maggior parte dei testi, in cui l'oggi – vero o presunto – è assolutamente presente. Quello della «chimica ambientale», delle relazioni tra chimica ed ambiente, o per meglio dire dei «disastri della chimica».

Il modo in cui viene presentato sembra spesso una sintesi delle scarse conoscenze specifiche e dei molti pregiudizi degli autori, se non un segno di loro subconsci autodafè ideologici per essersi dedicati allo studio della mortifera disciplina (o, provenendo da una formazione differente, essersi trovati a doverla insegnare, come capita spesso nei licei). In genere non si ha la percezione che proprio la chimica sia la prima tra le «scienze ambientali», per la sua capacità di comprendere la relazioni materiali tra i componenti della biosfera, uomo incluso. Una descrizione simile si ritrovava in alcuni testi tra gli anni '80 e '90, eventualmente viziata da un velo ideologico per cui le illustrazioni contrapponevano l'inquinamento atmosferico intorno alle Twin Towers, a file di bimbi africani affamati (senza rimarcare che questi attendevano il cibo sventolando scodelle in polipropilene!). Ma anche questo era evidentemente troppo problematico per l'autore, l'editore e naturalmente l'insegnante-fruitore. Così, in un'opera del 2001, è normale che nel capitolo «La chimica dell'ambiente» i paragrafi siano intitolati «Aria ed inquinamento atmosferico», «Acqua ed inquinamento dell'acqua» e via di seguito.

La convenzionalità dell'attenzione per i problemi ambientali, nell'ossequio ai più conformistici luoghi comuni che lo studente incontra ogni giorno, sembra dimostrata dalla perdurante terzietà con cui sono invece inserite le parallele problematiche della sicurezza sul lavoro e domestica, o della salubrità degli stili di vita. Di fronte alle preoccupazioni per «i danni che fa la chimica», verrebbe da pensare, sarebbe invece utile spiegare natura, rischi e possibilità d'uso di quel che lo studente maneggia o vede maneggiare in famiglia o tra gli amici, dai detergenti alle vernici, dalle droghe ai carburanti. Se la didattica della chimica servisse anche solo a questo, avrebbe già ottenuto un risultato importante. Ben venga, allora, il tono vagamente patetico con cui un recente libro americano, non ancora uscito in Italia, presenta nella prima pagina il tipo di drammi da cui la chimica ci ha liberato, mettendo bene in chiaro la parte che i chimici hanno avuto nel rendere il nostro stile di vita attuale tanto più sicuro e confortevole rispetto a quelli del passato.

6. *Il saggio di Arrhenius funziona*

Passando dall'analisi alla prassi, viene da chiedersi in base a quali indicatori giudicare un nuovo manuale.

In un precedente intervento[11] sostenevo che, per giudicare un testo, convenga

[11] SERGIO PALAZZI, *Il Novecento prossimo venturo*, in *Atti del X Congresso nazionale di didattica chimica*, Verbania, Società Chimica Italiana, 1996.

leggere per primo il capitolo «acidi e basi». Se questo dichiara, o tradisce nei fatti, uno schema mentale prebrønstediano, per esempio cercando di riprendere concetti totalmente inutili e fuorvianti come «l'idrolisi dei sali», il volume può essere gettato via senza proseguire oltre. Quest'anno ricorre l'80° anniversario delle comunicazioni di Brønsted e Lowry: già molti decenni fa le conseguenze di tali schemi erano note ai docenti che volessero tenerne conto,[12] ma purtroppo va detto che tali approcci sono ancora minoritari, se in uno dei famigerati «box» di un testo del 1998, rivolto agli studenti del biennio comune, troviamo, sotto il titolo «riassumendo», che le basi sono gli idrossidi, gli acidi contengono uno o più atomi di idrogeno ed un non metallo, le reazioni tra gli acidi e le basi danno i sali (binari o ossigenati) e un acido è tanto più forte quanto più facilmente attacca i metalli. Questa è la formazione di base in chimica che si propone alla generalità dei cittadini italiani attuali (nell'attesa che venga magari ulteriormente ridotta nel futuro)?

Non è questa la sede per discutere come mai «acidi, basi e sali» siano argomenti così cari ai redattori di manuali nell'arco di decenni, anche se alcune motivazioni sono palesi (si tratta forse dell'unico ambito, a parte le leggi fenomenologiche dei gas, da cui un docente superficiale possa trarre elenchi di definizioni e di nomi da ripetere, calcoli da far svolgere alla lavagna, etc.: abitudine che non è esclusiva della didattica nostrana).

È significativo che molti tra i manuali esaminati vi dedichino proporzionalmente più spazio oggi rispetto a quanto riscontrabile in testi di 50 o 100 anni fa. Una monumentale opera come la Teoretische Chemie di Nernst,[13] edita nell'interregno tra Arrhenius e Brønsted-Lowry, vi dedicava un numero complessivo di pagine, su 850, minore di quello che uno sciatto manuale odierno vi dedica in uno spazio complessivo assai più stretto.

Alcuni testi recenti svolgono la materia in modo moderno nella prima edizione, pentendosi quando compare una nuova edizione «aggiornata»… ossia adeguata all'impossibilità di aggiornare certi schemi didattici.

Diversi anni di ulteriore applicazione di quell'aprioristico criterio me ne confermano la validità: la presentazione della natura di acidi e basi, della relazione tra questi ed i sali, del comportamento in presenza o in assenza di acqua, è l'ambito dove più palesemente si verifica se l'autore si sia preso la briga di ripensare a quel che insegna. È difficile che un autore riesca ad accantonare certi schematismi superati e deleteri, e a non essere nel resto dell'opera altrettanto aggiornato; viceversa, per quanto un autore «conformista» si sforzi di apparire brillante in altre sezioni del suo scritto, giunto a questa solitamente si svela.

[12] Stephen J. Hawkes, *Arrhenius Confuses Students*, «Journal of Chemical Education», 69, 1992, pp. 542-543.

[13] Walter Nernst, *Teoretische Chemie*, VII ed., Stuttgart, Enke, 1913.

Una possibile conclusione

Tornando a Sacks ed alle mie personali esperienze in *bianco e nero*, va detto che la letteratura primaria o di rassegna presenta oggi livelli di complessità improponibili per il neofita. I tempi di Davy sono lontani. Ciononostante, la qualità divulgativa – l'appeal – dei testi disponibili in uno scaffale familiare o scolastico, difficilmente può invogliare un adolescente *a colori* di oggi ad abbandonare TV e videogiochi.

Lascio la parola, per chiudere, a Luigi Luzzatti, che nel 1909, di fronte al ministro dell'epoca, pronunciava una prolusione intitolata *I progressi della scienza e la decadenza della scuola in Italia*.[14] Dopo aver parlato in questi termini della chimica, già allora piuttosto trascurata:

> Come in Francia anche in Italia si può affermare che la chimica sia stata la figlia della rivoluzione, forse perché cela nel suo luminoso fato gli effetti più rivoluzionari.

più avanti scrive:

> Quasi ogni ministro ha mutato e spesso in peggio norme di esami, regolamenti e libri di testo, aggiungendo una non lieve tassa alle non liete famiglie.

e, in conclusione:

> Né si accampino per siffatte riforme le difficoltà finanziarie, poiché gli studi sono necessari come le armi alla difesa dello Stato e sono i segni più sicuri della rinnovata potenza e ricchezza nazionale.

Un simbolico commento alla fortuna che ha arriso ai suoi auspici? la copia di quel libriccino è arrivata nelle mie mani con le pagine ancora intonse.

Osservazioni al testo

Durante la presentazione orale del presente intervento al Convegno, ho fatto un uso intensivo delle immagini. Per evitare di sovraccaricare il testo e di togliere spazio alle argomentazioni, nel redigere la versione per la stampa ho deliberatamente fatto la scelta opposta, eliminando interamente le illustrazioni.

Data la natura dell'intervento, la bibliografia è forzatamente poco indicativa, e peraltro è difficile estrapolare in poche righe il carattere di un testo: perciò ho scelto di citare solo alcuni riferimenti centrali rispetto alla logica dell'intervento, evitando tra l'altro ogni esplicita riconoscibilità, in positivo o in negativo, di manuali successivi al 1970.

Devo segnalare, anche per giustificare l'eterogeneità del campione considerato, quanto sia difficile reperire opere che, evidentemente, sono state più o meno

[14] LUIGI LUZZATTI, *I progressi della scienza e la decadenza della scuola in Italia*, Milano, Treves 1909.

sempre intese come funzionali e contingenti, non destinate a durare. A fianco di una piccola collezione personale, ho avuto la fortuna di poter tornare alla Biblioteca dell'Istituto di Setificio di Como, che fu la più importante scuola della città e di cui sono stato prima allievo e poi, per brevi periodi, docente; ringrazio per la collaborazione l'attuale Dirigente scolastico, preside Anna Cornaggia.

Ringrazio altresì per la collaborazione l'ing. Marcello Sposito, che mi ha fornito edizioni a suo tempo impiegate nell'ambito dell'Accademia Navale.

Riassunto – L'autore prende spunto dal confronto tra il modo in cui si è avvicinato alla chimica da ragazzo e le esperienze narrate da Oliver Sacks, che si era formato sui libri dei grandi chimici del XIX secolo. Dall'esame comparato di libri di testo a carattere introduttivo che coprono un arco di due secoli, dei quali osserva l'estetica, i contenuti, le intenzioni didattiche, arriva alla conclusione che la maggior parte dei manuali attuali sia molto meno coinvolgente e spesso altrettanto poco aggiornata rispetto ai testi su cui si sono formati i chimici del XX secolo.

SILVIO GORI*

Misconoscenze nell'uso dell'S.I.**

Misconceptions in using S.I.

Summary – Examining several chemistry books (chemistry for secondary school, analitical chemistry for students specialised in chemistry, stoichiometry, and general chemistry for the first year of the universitary studies) some errors emerged that were widely diffused using quantities and units. Twenty years after the law that proclamed the International System as unique legal system «for all scientific, technical and commercial purposes» some errors might be corrected. Actually, they are already present in books typed in 2000-2001 and some of them were errors even in the old Giorgi system. These problems are widely present in Italian books; abroad the question is treated more professionally.

1. Introduzione

1.1. La nascita degli errori sui libri di testo di chimica

Un libro di testo di solito è un libro per i principianti in una disciplina. In esso il linguaggio deve essere abbastanza semplice e i concetti fondanti devono essere spiegati a partire dal livello (presunto) del lettore. Un testo universitario specialistico è scritto da uno specialista dell'argomento.

Un testo universitario di base viene scritto da un docente universitario che, specialista in una o più discipline, si è assunto il compito di dare una panoramica della chimica specialistica a persone che hanno seguito solamente un corso di base; in pratica si ritiene che il lettore sia praticamente digiuno dell'argomento e si parte da zero. Almeno in teoria, perché alcune preconoscenze su un linguaggio di base comune (linguistiche, matematiche, fisiche) devono essere date per scontate, in una facoltà scientifica, anche al livello di partenza.

* ITIS «Facchinetti» Castellanza (VA) – Università di Pavia – SILSIS-PV.

** Relazione presentata al X Convegno Nazionale di «Storia e Fondamenti della Chimica» (Pavia, 22-25 ottobre 2003).

1.1.1. Questo è uno dei punti critici di questo tipo di lavoro: quali sono, in realtà, le preconoscenze di un diplomato? Quali le sue capacità di decodificare in modo corretto ciò che legge?

E quali sono le sue capacità di acquisire concetti, relativi a diverse parti della chimica, in modo non ambiguo e senza sviluppare (o confermare) misconoscenze che gli impediranno in seguito di proseguire la propria maturazione culturale? Vero è che il corso propedeutico viene seguito da molti altri corsi che in diversi casi riaggiustano alcune di queste problematiche, ma non tutte.

Alcuni argomenti sono di base, e di base restano: una volta acquisiti, rimangono per la vita, comprese le misconoscenze.
Ricordate le storie di Colombo e di Galileo?

1.1.2. Un altro punto critico sono le conoscenze e misconoscenze dello scrittore su alcuni argomenti, spesso studiati, a suo tempo, nella chimica di base e mai approfonditi. In questi casi lo scrittore medio si riferisce ad altri libri pubblicati e trasferisce in modo acritico interi capitoli, unità didattiche o moduli.

In questo modo, le conoscenze così ereditate vengono perpetuate nel tempo e diventano man mano verità acquisita e indiscutibile. È anche vero che è stupido reinventare ogni volta l'acqua calda; e che sarebbe disturbante non avere una base comune di conoscenze.

1.1.3. Però nel tempo la scienza e la società evolvono; e, di tanto in tanto bisognerebbe rivisitare le basi della conoscenza disciplinare per integrarvi man mano le nuove scoperte e le nuove leggi.

Questo viene fatto, a volte, ma non sempre. Leggendo molti testi di chimica di base si trovano spesso espressioni e modi di pensare ancora ottocenteschi, a partire dall'enunciato della legge della costanza delle masse enunciata da Lavoisier, come vedremo.

La mancata traduzione in termini moderni della terminologia usata fà ancora parlare di bilancio di massa quando negli esempi si trovano, secondo i casi, quantità di sostanza, concentrazioni o attività chimiche. E questo, a sua volta, fà nascere problemi non indifferenti in seguito, come vedremo.

1.1.4. Altri problemi sorgono ai livelli scolastici minori: dato che il livello culturale e cognitivo è minore, si «semplificano» a volte i testi universitari di base, di solito per omissione dei punti ritenuti più difficili o inutili, ritagliando qua e là, spesso eliminando i connettivi logici.

Oppure, seguendo la linea di pensiero che vuole una ricapitolazione dell'ordine storico delle scoperte (come se fosse l'equivalente di una ricapitolazione logica o didattica e come se la scienza evolvesse in modo sempre lineare), si mantengono in vita vecchie idee che sono da tempo superate. E quelle attuali, in fondo al testo, in

pratica spariscono spesso durante l'uso didattico, per mancanza di tempo o per l'esigenza di non dover modificare più volte il paradigma di riferimento. Esigenza che, anche volendo, non può essere esplicata per problemi di tempo (come minimo).

Per cui lo studio della termodinamica termina con le equazioni di Gibbs (1890) o addirittura col secondo principio (1850), la teoria delle reazioni acido-base si basa molto sulle intuizioni di Arrhenius (prima e seconda teoria: 1870-1890) e poco su quelle di Bronsted e Lewis (1923), le quali, a loro volta, avrebbero bisogno di una ripulitura con l'eliminazione delle concentrazioni o delle pressioni dalle costanti di equilibrio, che sono adimensionali (Gibbs, 1890; $\Delta G^\circ = -RT \ln K$); *Et coetera, et coetera*.

1.2. Ambiguità didattiche e misconoscenze

Alcune di queste derivano dalle parti iniziali della conoscenza scientifica, cioè dal problema della descrizione dei sistemi, dalla definizione delle variabili e delle grandezze misurabili.

Spesso derivano dall'uso di frasi ambigue, cioè ininfluenti per chi conosce la materia; per esempio «grammi per litro» è chiaramente l'unità di misura di una grandezza intensiva. Ma l'uso della parola «per» indicando un rapporto o una divisione, operazioni notoriamente difficili, porta facilmente a tradurla a «grammi in un litro», che sembra sintatticamente (e didatticamente) più semplice, però fa diventare estensiva la grandezza misurata, generando così una misconoscenza abbastanza grave.

1.2.1. *La conservazione della massa*

L'enunciazione della legge della conservazione della massa (Lavoisier) è un momento importante nella storia della chimica, più o meno il momento iniziale della chimica scientifica, perché egli considera nei suoi conti e nelle sue misure, anche la massa delle sostanze gassose.

> Però Lavoisier stesso dice anche che: «si comincia a parlare di chimica quando si abbandona lo studio delle variabili indifferenziate, e si cominciano a studiare le variabili legate alla qualità delle sostanze».
> **Cioè quando si abbandona la massa, e quando si comincia ad occuparsi delle sostanze in quanto tali.**

Uno dei suoi problemi, infatti, è quello di riuscire a stabilire se una sostanza è un elemento o un composto ed ha, in proposito, l'idea evolutiva che «considererà elementare ogni sostanza che, per il momento e con i mezzi disponibili, non sia ulteriormente scomponibile in sostanze più semplici».

Genialità ed umiltà verso la natura, coscienza delle proprie capacità e dei limiti della tecnica si fondono in queste parole. Caratteristiche che non risaltano invece

dai testi, dove si parla solo della «costanza delle masse» o di «costanza della massa totale» durante la reazione, invece che di «costanza delle masse di ogni elemento».

Che è quel che serve per cominciare ad impostare in modo culturalmente corretto il problema del bilanciamento delle reazioni; **oggi, non nel 1784.**

In un testo di introduzione all'analisi chimica (per periti chimici) si dice testualmente, per giustificare l'esistenza degli atomi:
«… – nelle combinazioni chimiche le particelle materiali mostrano di disgiungersi e di ricongiungersi restando sempre intere perché la massa si conserva (*Lavoisier*); …»
Pur estrapolata dal contesto, la frase riporta il pensiero di Lavoisier in un modo che ben possiamo definire criptico per un sedicenne attuale: a quali particelle si riferisce Lavoisier?
E riesce a dimostrare che sono intere solo perché la massa si conserva?
E inoltre, quale massa? la massa di che? 35 g di ossigeno equivalgono a 35 g di cloro?
Attualmente dovremmo forse dire che si conserva la quantità degli elementi (misurata in moli di ogni elemento, ovviamente, con i multipli e sottomultipli che servono).

1.2.2. La massa e la quantità delle sostanze

Bisogna tener conto che la grandezza «quantità della sostanza» viene accettata dal CGPM solo nel 1961, all'inizio della fondazione dell'SI, «per tener conto delle esigenze dei chimici».

Sono passati cinquanta anni; sono pochi per integrarne la conoscenza nella cultura chimica?

Forse sì, dato che nel 2 000 è stato pubblicata ancora in un libro di stechiometria (per periti chimici) la definizione di grammoformula (e non come riferimento storico!), con la vecchia definizione («la massa in grammi, pari a ...).

La grandezza «quantità della sostanza», viene esplicitato nei documenti preparatori del CGPM, «non è né un numero né una massa»[1]. Altrimenti non sarebbe una grandezza «fondamentale», fondamentalmente diversa dalle altre sei (o otto).

Quindi affermare che «la massa esprime la quantità di materia contenuta in un corpo» è una affermazione tanto comune quanto erronea.

1.2.2.1. La massa e il peso dei corpi

Che la massa sia il rapporto tra peso e accelerazione di gravità è un concetto abbastanza ricordato, perché si ripropone sempre la contrapposizione tra peso sulla Terra e il peso sulla Luna, che è un sesto. Quello che si dimentica è che TUTTE le bilance (tranne i dinamometri a molla) comparano in realtà delle masse, perché sulla Terra il peso varia in funzione della latitudine (nozione talvolta ricordata), ma anche dell'ora (nozione di solito dimenticata; si parla a volte delle maree, ma ci si

dimentica che queste nascono da una differente accelerazione di gravità indotta dalla Luna e dal Sole che con una periodicità di due volte al giorno aumentano o diminuiscono *g*.

È un problema banale legato al fatto che il baricentro del sistema Terra-Luna-Sole non coincide col centro di rotazione della Terra, che sarebbe facile da spiegare quando si parla delle maree.

Ma, secondo un autore, «le maree sono moti essenzialmente orizzontali, …», quindi …

Per definizione la massa è il rapporto fra la forza applicata ad un corpo e l'accelerazione che ne risulta; oppure quella grandezza che appare nella legge della gravitazione universale.

Per lungo tempo si è cercato di differenziare la massa gravitazionale da quella inerziale, ma finora tutti gli esperimenti hanno dato uguali valori per le due grandezze; per cui le due definizioni di massa devono essere ritenute equivalenti e/o complementari.

2. Tipologia degli errori

Esaminando alcuni dei libri di testo destinati agli allievi della scuola secondaria superiore, si possono classificarne gli errori con la seguente tipologia.

1) Una grandezza intensiva espressa come grandezza non intensiva;
2) Il grammo equivalente o l'equivalente al posto dell'equivalente «di reazione»;
3) Confusione fra le grandezze fondamentali;
4) L'energia, l'energia libera e il potenziale chimico;
5) Esempi di calcolo, eseguiti senza le unità di misura;
6) Errori di scrittura, ortografia e sintassi;
7) Formule miste che contengono grandezze e unità di misura;
8) I coefficienti stechiometrici definiti come rapporti molari di reazione, al posto dei rapporti fra i coefficienti stechiometrici;
9) False esperienze di laboratorio: esperienze impossibili come procedura;
10) False esperienze di laboratorio: dati impossibili o errati; figure incongruenti;
11) Errori nelle figure.

Certi esempi verranno ricordati più di una volta perché la loro natura contiene più errori.

2.1. Una grandezza intensiva espressa come grandezza non intensiva o viceversa

Esempi

a) La concentrazione molare delle soluzioni espressa come «la quantità di soluto contenuta in un litro di soluzione», che è il doppio della quantità contenuta in mezzo litro di soluzione o la metà di quella contenuta in due litri di soluzione.

b) La concentrazione massica delle soluzioni espressa come «la massa di soluto contenuta in un litro di soluzione», che è il doppio della massa contenuta in mezzo litro di soluzione o la metà di quella contenuta in due litri di soluzione.
c) La massa atomica espressa come la massa di un atomo.
d) L'energia libera espressa in J/mol, quando l'energia libera è una grandezza estensiva; mentre è intensivo il potenziale chimico, che è correttamente esprimibile in J/mol, come il potenziale elettrico che si misura in J/C, cioè in volt. Il potenziale elettrochimico (sempre grandezza intensiva) si misura in J/C mol_R
e) La solubilità di una sostanza è la quantità che si scioglie in una quantità fissa di solvente ad una data temperatura.
f) etc.

Tutte queste definizioni trasformano grandezze sicuramente intensive in grandezze sicuramente estensive e viceversa. È ovvio che l'operazione di divisione o di calcolo del rapporto sono le più difficili da comprendere, tra le quattro operazioni aritmetiche; però questo tentativo di semplificare la definizione eliminando questa operazione ha il risultato di snaturare la grandezza stessa e di creare problemi di comprensione appena si abbandona «l'area protetta» dei problemi portati ad esempio.

Soprattutto impedisce di comprendere la natura delle grandezze intensive e la necessità della loro introduzione nel calcolo fisico e stechiometrico.

> La «massa per atomo» o «massa atomica» è invece misurata in u, in kg od altre unità di massa, apparentemente in contrasto con le sue caratteristiche di unità intensiva. Ma questo deriva dal fatto che al denominatore abbiamo «1 atomo» o «il numero degli atomi», che è adimensionale e non appare quindi, correttamente, nell'unità di misura.

2.2. Il grammo equivalente o l'equivalente al posto dell'equivalente «di reazione»

A parte che sono grandezze che l'SI non adotta per misurare le quantità delle sostanze.

A parte che sembra risalga agli inizi del secolo scorso (circa 1904) il primo articolo in cui si diceva che «ora che conosciamo le formule delle sostanze, potremmo fare a meno dell'equivalente di reazione», che era la massa di una sostanza che reagiva scambiando una grammomole di protoni o una grammomole di elettroni. Un grammo equivalente di acido reagiva con una grammomole di NaOH, scambiando un H^+, un grammo equivalente di base reagiva con una grammomole di HCl, scambiando un H^+, un grammo equivalente di ossidante reagiva con una grammomole di riducente, scambiando un e^-, etc.

Conoscendo la reazione bilanciata e le condizioni di reazione, era facile calcolare il rapporto molare di reazione delle sostanze.

In effetti sembra semplice dire che la soluzione di H_3PO_4 0,1 M è 0,3 N, a parte il fatto che in laboratorio si titola il primo equivalente usando l'indicatore

verdebromocresolo (o metilarancio), il secondo equivalente usando fenolftaleina (o una miscela 1:1 di fenolftaleina e timolftaleina), ma non si riesce a titolare il terzo equivalente. In effetti c'è qualche trucchetto analitico con cui si può evidenziare anche quello, se necessario; ma perché complicarsi la vita quando non è necessario?

> Basta non pretendere di considerare fisso il peso equivalente della sostanza; che è implicito nella sua definizione originale di «equivalente *di reazione*».

> Altrimenti che necessità c'è di definire la massa molare? Sarebbero due grandezze strettamente correlate, che indicano lo stesso concetto: quindi una delle due è di troppo.

2.3. Confusione fra le grandezze fondamentali o in altre grandezze

2.3.1.

«La massa esprime la quantità di materia contenuta …» sta scritto in diversi testi.
È un errore che deriva dal parlare comune e dalla lettura di un vocabolario non specializzato, dove la parola massa assume diversi significati omonimi.
Questa sarebbe una delle ambiguità da chiarire in un corso di chimica o di fisica, giusto quando si afferma che l'SI è fondato su 7 grandezze fondamentali, cioè FONDAMENTALMENTE diverse.
E quindi non paragonabili o uguagliabili in nessun modo, se non attraverso la definizione di altre grandezze derivate; per esempio: $M_B = m/n_B$
Queste confusioni sono sicuramente all'origine di altri «errori di stampa» (?) come la «massa per mole» misurata in grammi.

2.3.2.

«La massa è spesso confusa con il peso… Nelle navicelle spaziali gli astronauti o gli oggetti "galleggiano" perché, trovandosi in un ambiente con accelerazione di gravità inferiore rispetto a quella terrestre (o nulla), hanno anche un peso inferiore (o nullo), anche se la massa si mantiene costante. …»

In realtà la figura vicina si riferisce all'interno di un aereo C130 in traiettoria parabolica (per allenamento) invece che all'interno di una capsula o stazione spaziale, anche se mostra due persone, una capovolta rispetto all'altra.
In ogni caso, a 200 km dalla superficie terrestre, l'accelerazione di gravità è poco minore di quella a Terra, dato che la distanza dal centro della Terra varia da 6280 a 6500 km.
Sull'accelerazione di gravità significa una frazione pari a $6280^2/6500^2 = 0{,}933$ e un'accelerazione pari a $9{,}81\ m/s^2\ 0{,}933 = 9{,}15\ m/s^2$

Sarebbe una differenza trascurabile se la stazione spaziale non fosse un sistema accelerato, in caduta libera, e tutti i corpi «cadono» nello stesso modo, simulando degnamente l'assenza di gravità per cui l'ambiente viene definito «a microgravità»: il peso e l'accelerazione di gravità ci sono ancora, quindi, ma non se ne vedono i soliti effetti.

2.3.3.

«La densità dei solidi non può essere determinata con una misura diretta perché la densità è una grandezza derivata. Pertanto, per determinare la densità di un solido si misura la massa ed il corrispondente volume, e quindi si esegue il loro rapporto. ... Per identificare, invece, la densità di un campione incognito, una volta eseguita la misura, si confronta il valore ottenuto con una tabella dei valori di densità».

1. La densità è una grandezza derivata anche per liquidi e gas, quindi neanche in questi casi si potrebbe eseguire una misura diretta. Per i liquidi si usa la bilancia di Mohr-Westphal che, senza problemi, dà direttamente il valore richiesto. Anche per solidi e gas è possibile costruire attrezzi del genere, se il mercato lo richiede.
Ci sono comunque diversi metodi, di cui il più semplice è il galleggiamento in liquidi o miscele di liquidi (la densità dei liquidi è compresa tra circa 0,5 e 4 kg/L).
2. Tutte le bilance sono costruite per misurare la massa di un corpo immerso in un liquido, sostituendo il piattello; o, per le bilance elettroniche, usando un apposito attacco posto sotto la bilancia. La misura della massa immersa può essere eseguita quindi con una precisione molto maggiore di quella ottenuta per spiazzamento dell'acqua in un cilindro o in una buretta.
3. Non si capisce perché la densità di un campione incognito non debba essere affidabile quanto quella di un corpo noto. Forse la ricerca in tabella può servire per identificare il materiale; ma non è questo che dice il testo.

2.4. L'energia, l'energia libera e il potenziale chimico

La più comune definizione dell'energia è «la capacità di produrre lavoro» oppure «la capacità potenziale di produrre lavoro» oppure «la capacità potenziale di produrre lavoro, calore e luce».

Quest'ultima affermazione è perlomeno più completa delle altre, meno stereotipica.

Però, tutta la termodinamica si occupa di descrivere i comportamenti dell'energia e dell'entropia che sono, epistemologicamente, due assiomi e che vengono descritti da una serie di «principi», appunto «i principi su cui si basa la termodinamica», come la matematica si basa su una serie di assiomi che vengono chiamati «postulati».

Questo è uno dei casi in cui un coordinamento interdisciplinare produrrebbe benefici effetti culturali.

In ogni caso il primo e il secondo principio mostrano in modo inequivocabile che:
1) calore e lavoro sono ambedue energie, assieme alle energie potenziali, all'energia dei fotoni, alle energie di massa, di volume, di pressione, di posizione o quota, etc.
2) non tutta l'energia è quindi la capacità di produrre lavoro, visto che il calore ha dei limiti che dipendono dalla temperatura.
3) e che il calore a temperatura ambiente non ha nessuna possibilità di far ciò.

L'uso sistematico del joule (J) come unità di misura dell'energia renderebbe la cosa più evidente, anche se forse un po' più complessa; ma il mondo non è di per sé semplice. In ogni caso l'unica complessità diventerebbe il dover dire che per scaldare di 1 grado centigrado 1 grammo di acqua occorrono 4,18 J invece che 1 cal.

La capacità di produrre lavoro è definita invece dalle grandezze «energia libera» e «lavoro massimo», secondo i casi. **In ogni caso due grandezze estensive.**

Nelle tabelle delle energie libere di reazione, si usa però come unità di misura il «joule per mole» (J mol^{-1}), che è evidentemente una grandezza intensiva, cioè un potenziale, che dovrebbe essere chiamata «energia libera molare» o, meglio, «potenziale chimico».
Come si fa' per il potenziale elettrico, misurato in volt (V = J/C; joule per coulomb), ma non per il potenziale elettrochimico, che nelle scale elettrochimiche dove viene indicato in volt invece che in «joule per mole di elettroni scambiati». Il fatto non si nota anche perché le formule di uso comune vengono inconsciamente riadattate per produrre i risultati corretti.
Per esempio, l'equazione di Nernst $E = E° + 0{,}059 \log Q$ dove E ed $E°$ vengono misurati in volt, ma l'unità di misura di 0,059 (sempre volt) viene omessa.
0,059 V in effetti è un valore precalcolato di:
$\log_e R\,T/(n\,F) = [2{,}303\ 8{,}31\ \text{J}/(\text{mol}_R\ \text{K})\ 298\ \text{K}] / [n\ (\text{mol}_{e^-})\ 96\,500\ \text{C}\ \text{mol}_e^{-1}]$
dove mol_R è una mole di reazione, cioè una quantità delle sostanze, proporzionale (in moli) ai coefficienti che sono scritti nell'equazione di reazione.

2.5. Esempi di calcolo, eseguiti senza le unità di misura, o con affermazioni strane

Esempio[3,1]

1[4] «**b.** Per trasformare i kJ trovati in kcal basta dividere per 4,18

$$\frac{1076{,}6\ \text{kJ}}{4{,}18\ \cancel{\text{kJ/cal}}} = 258\ \text{kcal}»$$

Il modo corretto di indicare il calcolo effettuato dovrebbe essere:

«Per misurare l'energia in kcal invece che in kJ, occorre moltiplicare per il fattore di conversione $(4{,}18\ \text{kJ/kcal})^{-1}$

$$E = 1077\ \text{kJ}\ (4{,}18\ \text{kJ/kcal})^{-1} = 258\ \text{kcal}»$$

2[3] «É possibile passare da una scala all'altra applicando la relazione seguente:

$$T(\text{in kelvin}) = t\ (\text{in gradi Celsius}) + 273{,}15»$$

Il modo corretto di indicare il calcolo effettuato dovrebbe essere:
«Per passare da una scala termometrica all'altra, si può applicare la seguente relazione:

$$T\ /\text{K} = T\ /°\text{C} + 273{,}15$$
$$T\ (\text{in kelvin}) = T\ (\text{in gradi Celsius}) + 273{,}15\ °\text{C}»$$

In effetti, scrivere: $\text{T} = 288\ \text{K} = 15\ °\text{C}$
non è differente dallo scrivere: $l = 1\ \text{km} = 1\ 000\ \text{m}$

3[3] «$\text{T} = 60 + 273 = 333\ \text{K}$»
Invece che: «$T = (60\ °\text{C} + 273\ °\text{C}) = 333\ \text{K}$»

4[2] $M_{NaOH} = [OH^-] = \dfrac{2{,}5 \cdot 10^{-3}}{225} \cdot 1000 = 0{,}011 \rightarrow \text{pOH} = 1{,}95$

5[1] m = 1,087 moli /400 ~~g~~ 1000 ~~g~~/molalità = 2,72 in moli/molalità!!

6[1] M = 0,1 moli · 1000 ml/l / 100 ml = 1

7[1] «Espressione assai utile per trovare la molarità è questa:

$$M = \frac{\text{g}}{\text{g /mole}} \cdot \frac{\text{ml / l}}{\text{ml}} = 1$$

per cui il problema può essere complessivamente così risolto:

$$M = \frac{18{,}5\ \text{g}}{36{,}5\ \text{g /mole}} \cdot \frac{1000\ \text{ml / l}}{500\ \text{ml}} = 1$$

2.7. Formule miste che contengono grandezze e unità di misura

«Il metodo più comunemente utilizzato per esprimere la concentrazione è:
C = g /V»

In questa relazione appaiono uguagliate quantità incommensurabili, quali le grandezze e le unità, si possono costruire relazioni analoghe con le regole dell'algebra, del tipo:
$C = m\ /V$ $\quad \text{N} = \text{kg m /s}^2$ $\quad \text{J} = \text{kg m}^2\ /\text{s}^2$ $\quad c = n\ /V$ $\quad F = ma$ $\quad L = F\ s$
(Notare che le grandezze sono in carattere corsivo, mentre le unità sono in carattere normale)

Quando si devono correlare grandezze ed unità, è necessario usare gli appositi simboli:
[*F*] = N metodo IUPAC
dim (*F*) = N metodo ISO

2.8. I coefficienti stechiometrici definiti come rapporti molari di reazione, al posto dei rapporti fra i coefficienti stechiometrici

I coefficienti stechiometrici sono i numeri che servono per bilanciare una reazione chimica e per definizione sono adimensionali; non sono cioè quantità di sostanza misurabili in moli.
Tanto meno è possibile definire rapporti molari di reazione i c singoli coefficienti stechiometrici.
Anche se è possibile nel calcolo passare rapidamente da questi numeri alle quantità di sostanza coinvolte. Il rapporto fra le quantità di sostanza coinvolte è il rapporto molare di reazione (*Rmr*)

Esempi: $Rmr = \frac{5\ \mathrm{mol_{Na2C2O4}}}{2\ \mathrm{mol_{KMnO4}}}$ $Rmr = \frac{2\ \mathrm{mol_{NaOH}}}{1\ \mathrm{mol_{H3PO4}}}$

2.9. False esperienze di laboratorio: esperienze impossibili come procedura

A volte vengono descritti degli esperimenti descrivendo la procedura come se fosse un rapporto di laboratorio.

2.9.1.

Tipico è il riscaldamento del ghiaccio (tolto dal freezer) fino a vapore (a 120 °C) e viceversa, con la reazione di ritorno alle condizioni iniziali.
Questo, del ritorno alle condizioni iniziali, è uno stereotipo che crea misconoscenze: basta scaldare in modo analogo zolfo o zucchero (saccarosio) per rimanere sconcertati (gli studenti, ovviamente, che nella relazione sull'esperimento dello zolfo affermano sicuri che lo zolfo è tornato nelle condizioni iniziali, anche se sono partiti da una polvere gialla di fiori di zolfo e sono arrivati alla pasta gommosa marrone dello zolfo polimero). **Lo studente medio reagisce al problema pensando di aver combinato qualche guaio e nella relazione scrive di essere tornato allo stato originale, cioè ha imparato a truccare i dati sperimentali quando non concordano con la teoria! Altrimenti il docente si irrita e reagisce con cattivi voti.**

Altri problemi sperimentali dimenticati sono:
1) la difficoltà di misurare la temperatura «dentro» al ghiaccio, ammesso che sia la temperatura sia omogenea, il che è improbabile;
2) la «sosta termica» a 0 °C in cui il ghiaccio si trasforma totalmente in acqua a 0 °C è un'altra ipotesi, perché nelle normali condizioni di lavoro si può leggere la

temperatura di 20 °C per l'acqua ancora in presenza di ghiaccio (se questo non è tritato e se il miscuglio non viene vigorosamente agitato, il trasferimento di calore dalla fiamma al ghiaccio incontra qualche problema di conducibilità termica);

3) a parte i problemi cinetici, le «soste termiche» per la fusione del ghiaccio e per l'ebollizione dell'acqua appaiono visibilmente uguali (il rapporto varia tra circa 1:1 e 1:2 sulla maggior parte dei testi) mentre nella realtà il rapporto tra i due calori latenti è di circa 1:6; inoltre, sopra i 100 °C la tensione di vapore sale abbastanza rapidamente (circa $2\,10^5$ Pa a 120 °C): ottenerla in un recipiente aperto, come da figura, è abbastanza difficile;
4) L'affermazione più sconcertante si trova nel ritorno alle condizioni iniziali, che ovviamente avviene lasciando cedere il calore all'ambiente, probabilmente l'esperienza avviene in zone polari, perché l'acqua ghiaccia ed il ghiaccio torna a -20 °C.

2.10. False esperienze di laboratorio: dati impossibili o errati; figure incongruenti

2.10.1.

In qualche altro caso si descrivono operazioni dell'analisi gravimetrica, però nelle figure il vetrino d'orologio o la capsula su cui avviene la reazione e con cui si va alla bilancia non appaiono in tutte le figure.

Anche se con un po' di buon senso e di esperienza le cose vengono poi aggiustate, è opportuno rammentare che il testo è per l'uso dello studente inesperto, non del docente o dell'esperto.

Bisognerebbe ricordare che «il buon senso nasce dall'esperienza e l'esperienza dalla mancanza di buon senso». Significa che se le esperienze descritte le eseguiamo in laboratorio, la didattica ritorna regolare, se l'esperienza rimane virtuale, nascono le ambiguità, le carenze di calcolo e le lacune nelle rappresentazioni mentali.

2.11. Errori nelle figure

Gli errori nelle figure possono essere di tre tipi:

1) cattiva, fuorviante o errata rappresentazione di dati corretti;
2) cattiva correlazione fra testo e figura;
3) figura illeggibile; o perlomeno non facile da interpretare per facilitare la comprensione del contesto.

2.11.1.

Un caso tipico è la curva di riscaldamento del ghiaccio, dell'acqua e del vapore, che comprende anche la fusione del ghiaccio a 0 °C e l'evaporazione dell'acqua a 100 °C.[3, 4]

Per quanto riguarda le condizioni operative dell'esperimento raccontato, abbiamo già parlato.

Per quanto riguarda i grafici, possiamo dire che:

1) il calore latente di fusione è uguale o poco inferiore a quello dell'ebollizione (non meno di un mezzo, quando nella realtà è circa un sesto; però questo dato è quasi coerente con la rappresentazione grafica degli stati di cui parleremo poco oltre);
2) i calori specifici di riscaldamento, ricavabili dalle pendenze delle curve relative, hanno valori abbastanza incoerenti con la realtà e sono talvolta incoerenti nello stesso testo quando la figura mostra in momenti separati fusione ed ebollizione. Nella realtà il calore specifico per il riscaldamento dell'acqua liquida è di circa 4,18 J /°C g, mentre quelli del vapore e del ghiaccio sono circa la metà. La rappresentazione più comune riporta pendenze uguali (della curva tempo-temperatura), qualche altra volta appaiono valori che sembrano casuali (o legati allo spazio disponibile per la figura)[3]

2.11.2.

Per esempio, una classica rappresentazione dei tre principali stati della materia: è una foto di paesaggio, montuoso, lacustre o marino i cui elementi essenziali, non evidenziati nelle didascalie, sono le montagne (in primo piano o sullo sfondo) per indicare lo stato solido, l'acqua di un lago o del mare per indicare lo stato liquido, una mongolfiera, (di varie dimensioni, a volte persa nell'immagine) per indicare lo stato gassoso.

Aria e nuvole, la neve sulle montagne, vengono di solito ignorati dal contesto.

In almeno un caso l'argomento viene ripreso alla pagina successiva con altre tre foto che mettono in primo piano i tre stati. Curiosamente però lo stato solido è rappresentato da un cristallo, come se tutti i solidi fossero macrocristallini e per lo stato gassoso vengono presentate sette mongolfiere (assenti nella prima foto). Al livello «microscopico» il solido è mostrato come un pacchetto di sfere (probabilmente una distribuzione cubica a corpo centrato, difficilmente presente nel cristallo che mostra un aspetto triclino); il liquido è mostrato con le particelle in movimento ben separate e che occupano un volume circa quadruplo del solido; le particelle del gas sono simili a quelle del liquido ma occupano un volume circa doppio del liquido (esiste un cubo di riferimento, uguale nelle tre figure). Nella realtà i rapporti di volume dovrebbero essere nei rapporti di circa 10:11:10 000.

2.11.3.

Nei disegni di molecole la CO_2 viene rappresentata con l'atomo di carbonio più grosso dei due ossigeni laterali: il raggio atomico del carbonio è r = 77 pm e quello dell'ossigeno è r = 66 pm. La rappresentazione è quella a sfere intersecanti.

Il problema è che l'atomo di ossigeno, oltre a formare il legame col C, possiede altri 4 elettroni in orbitali di non legame, il cui raggio può essere valutato circa r = 150 pm. L'atomo di C non ha elettroni in orbitali di non legame.

Quindi i due atomi di ossigeno dovrebbero presentare delle grosse protuberanze dalle parti opposte al legame col C. Dai dati riportati le distanze C=O dovrebbero essere 143 pm, ma il dato sperimentale è di 112 pm, dato che c'è un legame doppio. L'ossigeno quindi dovrebbe avere una forma sferoidale, col raggio di 150 pm sul lato esterno e di circa 50-60 pm verso il C.

2.11.4.

Gli orbitali π, tra l'altro sono piuttosto ingombranti, non quei salsicciotti tipo «frankfurter wurstel» che si usano di solito.

Nella grafite i piani cristallini sono distanti circa 350 pm, che dovrebbe essere lo «spessore» di un legame π medio.

2.11.5.

Le tabelle dei raggi atomici ionici, covalenti etc. sono abbastanza confusionarie; quando sono intitolate «raggi atomici medi» vi si mescolano le semidistanze di legame in legami covalenti semplici, doppi, raggi ionici, raggi di van der Waals e quasi mai i raggi dell'atomo «nella sua configurazione elettronica di base».

3. Norme di scrittura SI

Dal «Green book» curato dalla IUPAC, assieme alla IUPAP ed alla ISO e pubblicato da Blackwell[2]

3.1.

- Il valore di una grandezza fisica viene espresso dal prodotto di un valore numerico e di una unità che serve come misura (p. 107). Il simbolo separatore normalmente usato è lo spazio, sia per indicare l'operazione di moltiplicazione che per separare le terne di cifre che costituiscono un numero lungo, che per separare i numeri dai simboli delle unità e questi fra loro; in caso di ambiguità, per la moltiplicazione si possono usare anche il puntino · o il classico simbolo ×. Il punto ortografico non viene usato se non per concludere un paragrafo, ma non per concludere un calcolo.
- I nomi di tutte le unità, fondamentali oppure derivate con nomi speciali decisi dalla CGPM, hanno l'iniziale minuscola; i simboli di esse che sono legati al nome di uno scienziato hanno l'iniziale maiuscola; unica eccezione il litro, che può essere indicato con l oppure L per evitare le ambiguità possibili col numero 1.
- Sempre con la lettera minuscola si indica il moltiplicatore «chilo», per cui si scriverà kg e non Kg, kcal e non Kcal, km e kJ e non Km o KJ. Questa è una differenza rispetto al vecchio sistema MKSA.
- *N* è il simbolo di un numero qualsiasi, adimensionale: la sua unità di misura è 1.
- Il numero 1 viene quindi usato anche per indicare l'adimensionalità: è il risultato della divisione tra due unità uguali.

- Una uguaglianza è $G = N$ udm (grandezza = numero × unità di misura).
- Una equivalenza è l'uguaglianza tra due espressioni dello stesso valore di una misura, usando diverse unità di misura $\lambda = 5{,}896\ 10^{-7}$ m = 589,6 nm.
- Una unità di misura viene definita ufficialmente dal CGPM sia come nome, come simbolo che come valore della unità della misura di riferimento.
- Quindi una misura di riferimento non definita ufficialmente dà origine a valori adimensionali, o a valori relativi o ad altri casi più ambigui: bisogna evitare le mescolanze inconsapevoli di sistemi diversi.
  ESEMPIO 1: la massa atomica m_a viene definita come la massa per atomo, ed è una variabile intensiva. Siccome l'atomo non è una grandezza ufficialmente definita, la massa atomica viene misurata in unità di massa atomica (u), ma anche con altre unità di massa, come il kg, negli eserciziari, facendola sembrare una grandezza estensiva.
- Se la definissimo come il rapporto fra la massa di un corpo (una sostanza elementare) ed il numero di atomi che lo compongono, l'ambiguità sparisce: $m_a = m/N$.
  ESEMPIO 2: la costante di Avogadro mette in relazione il numero di un gruppo di molecole con la quantità di quel gruppo (misurata in moli): $N_A = 6{,}022\ 10^{23}$ mol^{-1}. In realtà abbiamo $N_A = 6{,}022\ 10^{23}$ molecole mol^{-1} ma il numero delle molecole è, per definizione, di numero, adimensionale.
- Si può anche definire un numero di Avogadro $N_A = 6{,}022\ 10^{23}$ molecole, quindi adimensionale. È ambiguo però l'uso dello stesso simbolo N_A.
- I simboli delle unità di misura sono definiti in modo piuttosto rigido. I simboli delle grandezze sono definiti in modo più elastico, con molti sinonimi e omonimi; bisogna fare attenzione ad eliminare le ambiguità, quando necessario.
- Per costruire le tabelle si possono tabulare numeri adimensionali, dividendo esplicitamente il valore per l'unità di misura: T/K V/L c_B/M$_B$ C/(g/L).
- L'insieme dei calcoli di questo tipo si chiama *algebra dimensionale*, in quanto segue le leggi dell'algebra e si occupa delle dimensioni delle misure.
- ESEMPI: $\lambda = 5{,}896\ 10^{-7}$ m $m = 102{,}3$ g $c_B V = n_B = 0{,}1023$ M$_B$ 35,43 mL
  $c_B = n_B/V$ M$_B$ = mol$_B$/L $M_B = m\ /n_B$

3.2. Simboli di operatori

$=$	uguaglianza matematica	pag. 84
	equazione chimica bilanciata	
	relazione stechiometrica	pag. 45
$=$	identità	pag. 84
$\stackrel{\text{def}}{=}$	uguale per definizione	pag. 84
	ESEMPIO 1 mL $=^{\text{def}}$ 1 cm^3	
$\triangleq$	equivale a …	pag. 84
$\approx$	circa uguale a …	pag. 84
$\simeq$	asintoticamente uguale a …	pag. 84

→	tende a … si avvicina a …	pag. 84
→	reazione quantitativa	pag. 45
⇄	reazione reversibile, cioè che può essere spostata nelle due direzioni	pag. 45
⇌	equilibrio chimico	pag. 45

4. Bibliografia essenziale

FONTI

1) L. Cerruti Osservazioni sulla quantità di sostanza e sulla mole; CNS, SCI, Roma; n° 4 e 5 /2002; n°1/2003.
2) IUPAC Green Book: «Quantities, units and symbols in Physical Chemistry» Blackwell Science; Oxford; 1993.
3) Gori Traduzione in italiano del Green Book; presente sul sito «minerva.unito.it».

BIBLIOGRAFIA DEI TESTI DA CUI SONO STATI TRATTI GLI ESEMPI

1 testo di analisi chimica per la terza classe periti chimici, 1991;
2 testo di analisi chimica per la terza classe periti chimici, 2001;
3 chimica di base per un biennio della superiore, 2000;
4 chimica di base per un biennio della superiore, 2001;
5 testo di stechiometria.

I titoli di questi testi non sono nominati perché sono solo rappresentativi di tanti altri testi, editi in Italia, che presentano gli stessi problemi. Nelle opere prodotte all'estero queste problematiche sono mediamente tratte in modo professionale.

Riassunto – Esaminando alcuni libri di testo (chimica di base, analisi per periti chimici, stechiometria e chimica generale I) si evidenziano alcuni errori molto diffusi nell'uso delle grandezze e delle unità, che non dovrebbero essere presenti, a 20 anni di distanza dalla legge che ha modificato la definizione legale delle unità, adottando il SI «per tutte le comunicazioni scientifiche, tecniche e commerciali».

È interessante notare che libri pubblicati anche nel 2000-2001 mantengono modi di dire e di fare che sarebbero stati considerati errori anche nel vecchio sistema Giorgi.

Questi problemi sono presenti sulla maggioranza dei testi italiani; quelli prodotti all'estero affrontano l'argomento in maniera più professionale.

INDICE

CIARDI M. e GIUDICE F. – Introduzione . . . . . Pag. 7

Lista dei partecipanti . . . . . » 9

Programma del Convegno . . . . . » 11

CARUSI P. – Il leone desidera il sale. Metafore zoologiche e venatorie della distillazione e dell'Opera . . . . . » 17

GADO WIENER R. – Chimica dell'artigiano, chimica del monaco: i materiali e la loro lavorazione nel manuale di Teofilo (secolo XII) » 27

RIZZARDINI M. – L'ultima utopia: il mosaico delle scienze nella chimica mistica di Robert Fludd . . . . . » 39

PRIORI D. – Le analisi chimiche delle acque termali e minerali del Piceno dal XVI al XIX secolo . . . . . » 51

DI MITRI G.L. – Una querelle sulla qualità delle acque. Niccolò Caputi e la provincia scientifica di Terra d'Otranto alla metà del XVIII secolo . . . . . » 67

PICCARDI G. – Le analisi di acque naturali eseguite da Uberto Francesco Hoefer, speziale granducale . . . . . » 79

ABBRI F. – Théodore Baron e la chimica francese alla metà del Settecento . . . . . » 93

FREGONESE L. – Gli studi recenti sulla chimica di Alessandro Volta . » 103

GIUDICE F. – La *chimie nouvelle* a Pavia: il caso di Carlo Barletti . . . » 145

FERRARESI A. – Valentino Brusati all'Università di Pavia: un caso della politica della scienza asburgica . . . . . » 155

BANDINELLI A. – Spallanzani chimico e la teoria della respirazione. Alle origini di una nuova riflessione 'biologica' . . . . . Pag. 171

GIORMANI V. – Anton Maria Lorgna e la disinfezione delle stalle durante la peste bovina del 1783-84 . . . . . » 181

ARECCO D. – Lavoisier e le macchine aerostatiche: un dibattito chimico tra Francia e Piemonte (1783-1815) . . . . . » 187

CORSI P. – Il prezzo della politica: ascesa e caduta di una nuova lingua per la scienza, 1795-1802 . . . . . » 203

BASSANI A. – Un'iniziativa agroindustriale in età napoleonica: la Euganea Società Glicotecnica . . . . . » 223

TADDIA M. – I *Ragionamenti* di Pellegrino Salvigni, ovvero un contributo bolognese al dibattito su Lavoisier . . . . . » 247

SELIGARDI R. – La nuova chimica e i suoi usi: un confronto tra due manuali universitari contemporanei (1802) nel contesto bolognese » 265

REDONDI P. – Carlo Cattaneo, il «Politecnico» e la chimica industriale » 277

MOSTACCI E. e CERRUTI L. – Chimica e informazione scientifica nel *Politecnico* di Carlo Cattaneo, 1860-1865 . . . . . » 287

CIARDI M. – San Pietroburgo, Karlsruhe, Pisa: Aleksandr Porfirievič Borodin e la chimica italiana nell'età del Risorgimento . . . . . » 305

BENSI P. – La chimica e le tecniche pittoriche del XIX secolo . . . . » 323

DALL'OLIO G. e DALL'OLIO E. – 1879: l'influenza del fegato nella produzione dell'urea dimostrata dalla chimica patologica . . . . . » 335

SAIELLO P. – Un legame tra storia della fisica e storia della chimica: il *Teorema del calore* di Nernst . . . . . » 359

ALBINI A. – Un centenario che onora la scienza italiana. Come e perché agli inizi del Novecento nacque a Bologna la fotochimica » 373

FANTINI B. – L'emoglobina è un organo o una molecola? Le malattie molecolari fra chimica, biologia e medicina . . . . . » 381

TURCO F. – L'introduzione della spettrometria di massa in Italia . . . Pag. 395

FONTANI M., COSTA M. e CINQUANTINI A. – La congiura di Copenaghen: dall'eclissi dell'aldebaranio e del cassiopeio al conflitto di priorità tra celtio e afnio . . . . . » 413

POLIZZI G. – Aspetti dell'epistemologia della chimica di lingua francese: Bachelard, Metzger e la nuova storiografia del «misto» . . » 427

CARDILLO P. – «Chimica no si può manipolare senza la prattica». Esplosioni storiche che hanno avuto per protagonisti alcuni padri della chimica . . . . . » 445

PLASSA M. – Materiali di riferimento per l'analisi chimica: un secolo di storia . . . . . » 465

MIRONE P. – Mezzo secolo di orbitali nell'insegnamento della chimica » 473

PALAZZI S. – L'involuzione (si) fa testo. Un esame dei manuali di chimica lungo il '900 . . . . . » 483

GORI S. – Misconoscenze nell'uso dell'S.I. . . . . » 495

INDICE DEGLI AUTORI

	pag.
Abbri F.	93
Albini A.	373
Arecco D.	187
Bandinelli A.	171
Bassani A.	223
Bensi P.	323
Cardillo P.	445
Carusi P.	17
Cerruti L.	287
Ciardi M.	7, 305
Cinquantini A.	413
Corsi P.	203
Costa M.	413
Dall'Olio E.	335
Dall'Olio G.	335
Di Mitri G.L.	67
Fantini B.	381
Ferraresi A.	155
Fontani M.	413
Fregonese L.	103
Gado Wiener R.	27
Giormani V.	181
Giudice F.	7, 145
Gori S.	495
Mirone P.	473
Mostacci E.	287
Palazzi S.	483
Piccardi G.	79
Plassa M.	465
Polizzi G.	427
Priori D.	51
Redondi P.	277
Rizzardini M.	39
Saiello P.	359
Seligardi R.	265
Svelto O.	15
Taddia M.	247
Turco F.	395

Direttore responsabile: Prof. A. Ballio - Autorizzazione del Tribunale di Roma n. 7269 del 28-12-1959
Finito di stampare nell'aprile 2004 dalla Tipografia della Pace - Via degli Acquasparta, 25 - Roma